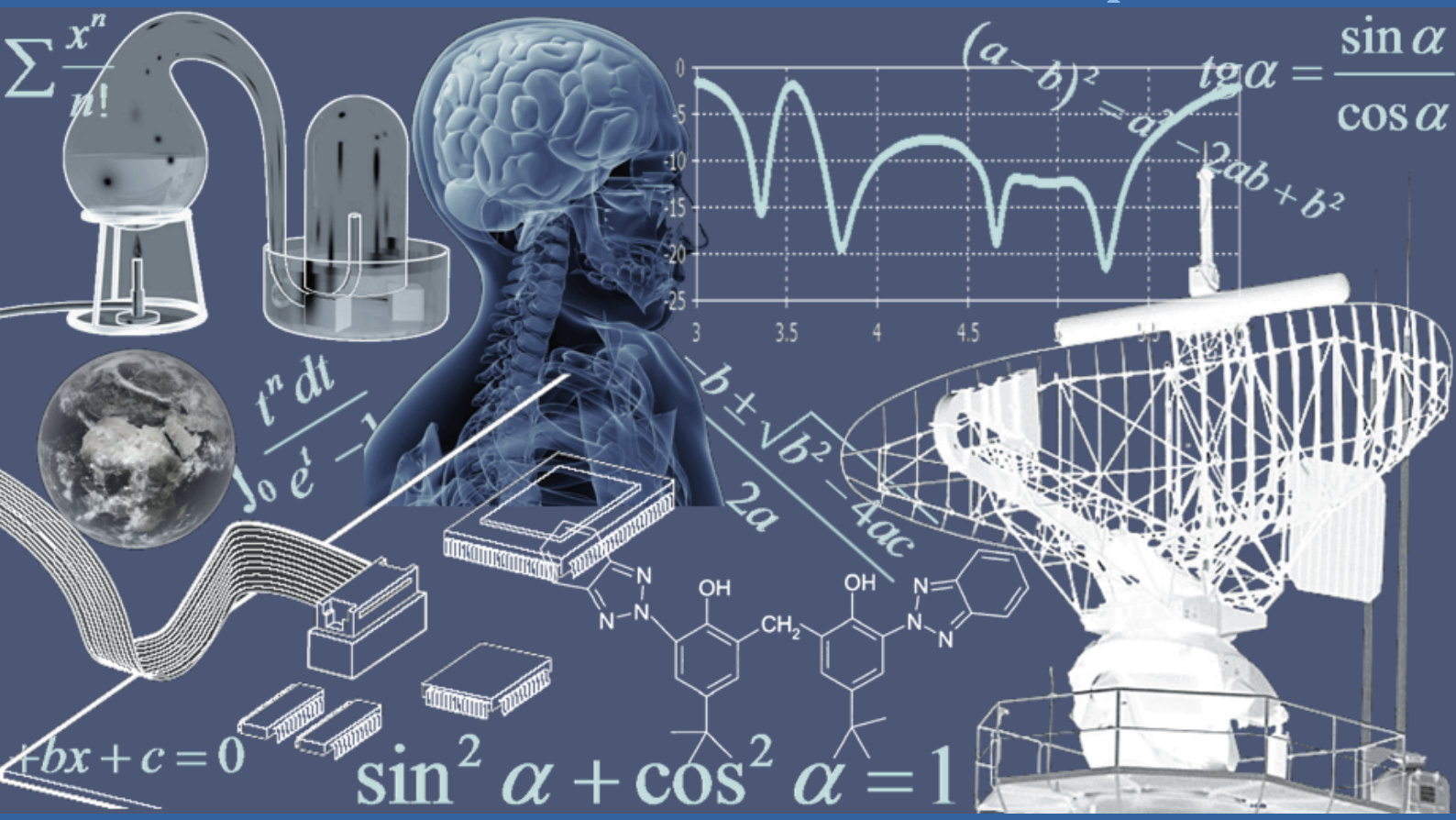
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 4.063

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 24 N. 2 September 2018



International Peer Reviewed Monthly Journal

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

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, 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

VOLTAGE STABILITY OF TRANSMISSION 439-445

Husien Salama and Tamer Youssef

Medición de la misión empresarial usando análisis descriptivo 446-452

Jonathan Delgado Guerrero, Yuliana León Bazan, and Jeniffer Bonilla Bermeo

Prevalence of enterobiasis among urban school children in Sidi-bel-Abbes, Algeria 453-458

Yassine Merad, Amine Merbouh, Khadija Benallal, Soumia Belfodel, and Hajet Adjmi-Hamoudi

Ostéoporose du post partum révélée par une fracture du sacrum chez une femme de 31 ans 459-466

S. Mouffak, S. Berrada, M. Hassani, Jaouad Kouach, and Driss Moussaoui

Thrombopénie et grossesse : A propos d'un cas et revue de la littérature 467-472

S. Mouffak, S. Berrada, A. Babahabib, Jaouad Kouach, and Driss Moussaoui

La société civile : Naissance et émergence 473-479

Rachid Othmani

La politique de la ville et le développement social : Quelle interaction ? 480-488

Rachid Othmani

Qualité relationnelle, Pouvoir et impact sur la création appropriation de valeur : Une étude exploratoire dans le contexte marocain 489-503

Noureddine AMINE and Saâd MDARHRI ALAOUI

LES JUMEAUX CONJOINTS : A PROPOS D'UN CAS ET REVUE DE LA LITTERATURE 504-506

Aida Abida, Dalal KASMI, Anas AHALLAT, Mounia El Youssfi, Anas CHENGUITI ANSARI, and Samir Bargach

Grossesse ectopique ovarienne : A propos d'un cas et revue de littérature 507-510

Aida Abida, Dalal KASMI, Anas AHALLAT, A. Ragala, Mounia El Youssfi, and Samir Bargach

UTILISATION ET APPORT DE LA GEOCHIMIE DES CHAPEAUX DE FER EN PROSPECTION DES AMAS SULFURES : CAS DU GISEMENT DE KOUDIAT AICHA DANS LES JEBILETS CENTRALES - MAROC 511-533

Fouad Lotfi and S. Brunet

Physicochemical analysis of crude waste waters from industrial and domestic sources in the Kossodo market garden site (Ouagadougou) 534-545

Jacques Sawadogo, Dasmané Bambara, Aminata KABORE, Souley Kallo Moutari, Panne Jeanne d'Arc Coulibaly, Moussa BOUGOUMA, and Jean B. LEGMA

Modélisation et simulation Analytique de la ligne électrique 400kV Inga - Cabinda 546-550

Yaba Moke Ngeme Liévin

Transport and business improvement in the province of South-Ubangi (Democratic Republic of the Congo) 551-558

François Xavier LANGI SOGENA, Thomas Maketa Lutete, Patrick Dedetemo Kimilita, and Ntumba Lobo

Contribution de la géochimie des chapeaux de fer à la prospection des amas sulfurés volcanogènes : Cas du gisement polymétallique de Draa Sfar, Jebilets centrales, Maroc 559-573

Fouad Lotfi and S. Brunet

Students evaluation in educational systems 574-585

Hasna Hdi and Said Errachdi

Apport de la géochimie des chapeaux de fer à la prospection des amas sulfurés volcanogènes des Jebilets centrales, Maroc 586-601

Fouad Lotfi, M. Sohassou, Z. E. A. Morjani, A. Saad, S. Brunet, M. Chaïb, and A. El Mimouni

Contribution à l'amélioration de la surveillance de l'usure de l'outils de coupe en tournage par analyse des signaux vibratoires : Analyse de puissance de coupe 602-612

Jean Claude Mukaz Ilunga, Dany Katamba Mpoyi, and Moise Avoci Ugwiri

Cognitive Restructuring in the Group Treatment of Test Anxiety among Learners Studying in Remedial Centres in Ibadan, Oyo State 613-622

Afusat Olanike Busari

Impact de la rupture de la chaîne de froid sur la qualité microbiologique de Scomber scombrus (maquereau commun) et de Trachurus trachurus (chinchard) dans le Sud du Bénin 623-632

Martinien Hospice Mahussi Assogba, Chakirath Folakè Arikè Salifou, Pamphile Tobada, Abdou Karimou Aboudou, Aïssatou Bio Bakary, Mahamadou Dahouda, Antoine CHIKOU, Souaïbou Farougou, and Issaka Youssao Abdou Karim

Promotion de l'Entreprenariat féminin en Côte d'Ivoire : État des lieux et perspectives 633-643

Bassémory KONE

Étude ethnobotanique des plantes à valeur thérapeutique dans la Commune de Glazoué au Bénin (Afrique de l'Ouest) 644-655

Toussaint Olou LOUGBEGNON, François GBESSO, Jhonn LOGBO, Brice TENTE, and Jean Timothée Claude CODJIA

Seasonal variation, quality and typology of waters' abiotic parameters of a tropical lagoon: The hydrosystem Lake Togo-Lagoon of Aného (South-East of Togo) 656-673

Kamilou OURO-SAMA, Gnon TANOUAYI, Hodabalo Dheoulaba SOLITOKE, Tchaa Esso-Essinam BADASSAN, Housséni AHOUDI, Akouètê Yawovi NYAMETSO, and Kissao GNANDI

La radio au service de la paix et du développement dans l'Ouest ivoirien en contexte post-crise 674-683

Alain François Loukou

L'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) par les établissements d'enseignement primaire et secondaire œuvrant dans les groupements de Mudaka et de Miti au Sud-Kivu 684-701

Christian NTACOBASIMA COKOLA

Évaluation et analyse des déterminants du potentiel fiscal au Maroc : Essai de modélisation macro-économétrique (MODELE DE CO-INTEGRATION ENGLE-GRANGER) 702-718

Salah Eddine SALHI and Abdellah Echaoui

Rapid Sand Filtration Technique to reduce Iron in SAU Campus 719-727

A. Singha, T. Akter, and K. Hossain

Caractérisation des techniques de fermentation du cacao (Theobroma cacao L.) dans les principales zones de production en Côte d'Ivoire 728-735

Brou Julien KOUAKOU, Bi Zahouli IRIE, Emmanuel DICK, Kouadio Emmanuel N'GORAN, and Brou KOUAME

Caractérisation physico-chimique et évaluation de la gestion des eaux usées des résidences universitaires du campus d'Abomey-Calavi 736-741

Mickael V. M. Kpessou Saizonou, Loic Adangnitodé, and Henri H. Soclo

Analyse de la diversité des rhizobiums nodulant trois morphotypes Nigériens de Voandzou (Vigna Subterranea (L.) Verdc.) par la technique de PCR-RFLP 742-754

Amadou HAROUNA ISSA, Hadjara AMADOU HASSANE, Agali ALHASSANE, Mansour ABDOU MAMAN, and Zoubeirou ALZOUMA MAYAKI

Variations saisonnières des effectifs de Hypsignathus monstrosus H. Allen, 1861 dans les sites d'appels sexuels (Abidjan, Côte d'Ivoire) 755-763

Niamien Coffi Jean Magloire, Blaise KADJO, Koné Inza, and Eliézer Kouakou N'GORAN

Evaluation de l'influence des populations de vers de terre sur la diversité de la faune de litière de la forêt Miombo du Haut Katanga (RD Congo) 764-772

NKULU FREDDY YUMBA, MALOBA WA KAKOBE, TSHIMETA MWAMBA CARMELLE, MIRHONYI MUGISHO, and JEAN PIERRE KABULU DJIBU

Impact of Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae) on the floristic composition and the physico-chemical properties of the soil of a coastal relict forest 773-788

TIÉBRÉ Marie-Solange and GOULI GNANAZAN Zinsi Roseline

Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans les provinces du Sahara marocain 789-801

Moulay Sidi Brahim ALAOUI, Badr SATRANI, Ekhlil BOUSSOULA, and Mohamed GHANMI

The possibility Applicability of using cloud computing technology in E-learning at University of Kassala - Sudan 802-807

OMER Abdelrahim Mohammed Fadil, Khaldi Mohamed, and Hythem Abdullah

Poids vifs et longueurs coquillières de deux espèces d'escargots comestibles (Achatina achatina et Archachatina ventricosa) du Parc National du Banco (Abidjan-Côte d'Ivoire) des habitats : Proposition de solutions pour une meilleure gestion 808-812

Jean-Didié Memel, Jean-Baptiste Aman, SIKA Nyablé Angèle, KARAMOKO Mamadou, and OTCHOUMOU Atcho

POLITIQUE FISCALE ET ATTRACTIVITE DES INVESTISSEMENTS DIRECTS ETRANGERS EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE 813-823

MARCEL SENGA PESSE

PRESSION FISCALE ET CROISSANCE ECONOMIQUE 824-833

Etienne KITOKO LISOMBO and MARCEL SENGA PESSE

Le système fiscal marocain : Un système perfectible 834-844

Hafid Barka and Mohammed Saber Hassainate

Validation du procédé lit bactérien comme Meilleure Technique Disponible (MTD) 845-858

Samir Baroud, Mouad Sadi, Khadija El Kharrim, and Driss Belghyti

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 439-445
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

VOLTAGE STABILITY OF TRANSMISSION

H. Salama[1] and Tamer Youssef[2]

[1]Department of Electrical and computer Engineering,
University of Bridgeport,
Bridgeport, USA

[2]Department of Computer Science,
University of Bridgeport,
Bridgeport, USA

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper focuses on discussing, the transmission networks need to be browbeaten ever more completely. The transfer capacity of an existing transmission network needs to be increased without main reserves but also without compromising the security of power scheme. The more efficient use of transmission network has already led to a situation in which many power systems are operated more often and longer close to voltage stability limits. A power system stressed.
Methodology: This search was carried on all articles, such as books and some Journals which help me for discussing the voltage stability. Read through the JSTOR website, IEEE have been used to get into this paper.
Findings: Model originally refers to the disturbance of developing an amount archetype that precisely explain the lot of important characteristics and behavior (steady-state or dynamic) to be advised in the ability arrangement abstraction of interest. It as well includes anticipation the lot of acceptable ways to cover the load.
Research Limitations/Implications: The limitation limited and the statistic are that is not easy to get the specific result of these factors. Moreover, the effected crossing the Voltage Stability has been as limited and how the activity could be affected.
For instance, the results of the case analysis will then be analyzed in the proceeding chapter. As a case study, the chapter will look at voltage stability that exists in distribution systems. This is in the presence of a distributed generation. Finally, it is clear that the problem with voltage stability is usually concerned with the entirety of power systems but in essence, it is just one critical area where the problem is involved.
Practical Implications: In this section the implication of In order to investigate the stability of transient voltage, a bolted three phased fault is applied. The clearing time for the fault is set differently for different distributed generation.
The term voltage stability is used in power systems to refer to the ability of a system to maintain voltage under acceptable profiles when subjected to different load changes and system topologies. A system can be unstable because of the transportation of reactive power over long distances.
Originality/value: This value for voltage stability can cause a system to collapse. At any point in time, the condition that operates a power system should be stable. There are various operational criteria that the system has to meet in order to function as required.
Environmental and economic constraints make it possible to for power systems to operate nearer to their stability limits. It is therefore both important and challenging to maintain a system that is secure and stable. In recent years, planners and researchers of power system have concentrated much of their attention on voltage stability of systems.

KEYWORDS: voltage stability; networks; Power system; transformer; Control system.

Corresponding Author: H. Salama

1 INTRODUCTION

The term voltage stability is used in power systems to refer to the ability of a system to maintain voltage under acceptable profiles when subjected to different load changes and system topologies [1]. A system can be unstable because of the transportation of reactive power over long distances. This implies that a power system which has reactive power resources can have little problems relating to voltage stability. A power system is said to be stable if at normal operating condition, the voltage and a disturbance are very close [1]. The opposite condition is when the voltages get out of control and decrease because of weakening of voltage control, increment of load, and outage of equipment. These phenomena usually occur when reactive power is forced to travel over long distances [2]. This causes instability. It is therefore recommended to do regular assessment of power systems for voltage stability as this is paramount for planning and operation of electrical networks [1]. A system is voltage unstable if for at least one bus in the system bus voltage magnitude decreases as the reactive power injection at the same bus is increased. The problem with voltage stability is usually concerned with the entirety of power systems however it is just one critical area where the problem is involved [2].

A power system does not have the ability to transfer electrical power to the loads infinitely [1]. The main reason that leads to voltage instability is the failure of a power system to meet the requirements of a reactive power especially in a case where the power system is heavily stressed [2]. Voltage instability can also be contributed by other factors. They include the action of a voltage control apparatus, the nature and characteristics of the device that compensates reactive power, load characteristics, and generator reactive power limits [2]. The power systems therefore do not have the ability to transfer power over a long distance because there is a large amount of reactive power required at the certain value of distance. At the same time, because there is too much loss of reactive power, it becomes difficult for reactive power to be transferred [1]. The high loss of reactive power is mainly due to the need to produce voltage control at the control area [2].

Managing power systems is increasingly becoming difficult because of various reasons that relates to the current power systems. Firstly, operations of power systems require little or no supervision due to the increase of the need to transfer power over long distances [1]. Secondly, these power systems operate under limits which are close to security while thirdly there are environmental constraints that make it hard for transmission networks to be expanded [2]. From a layman's point of view, the numerous cases of blackouts which are being reported on daily basis are primarily caused by the voltage instability of power systems [1]. For this reason, voltage instability has becomes a major point of concern among engineers and power system researchers [2].

There are reasons which researchers have identified to make it harder for the management of power systems. Different power systems compete for profits and producing services at a lower cost. This competition leads to a long duration that the systems are required to operate close to stability limits and to security. As earlier identified, environmental constraints is also a major reason for preventing further expansion of the transmission networks [2]. They severely limit transmission networks from expanding. Near the load centers, environmental constraints prevent transmission networks from expanding. This is argued to have a negative influence on the stability of the power systems [1].

The underlying reason for this negative influence is the increasing distance between a load and a generator. When the distance increases, the voltage support is reduced. In a market marked with deregulation, there is need to have new power flow control and new type of voltage. However, the currently used power systems are not designed for [2].

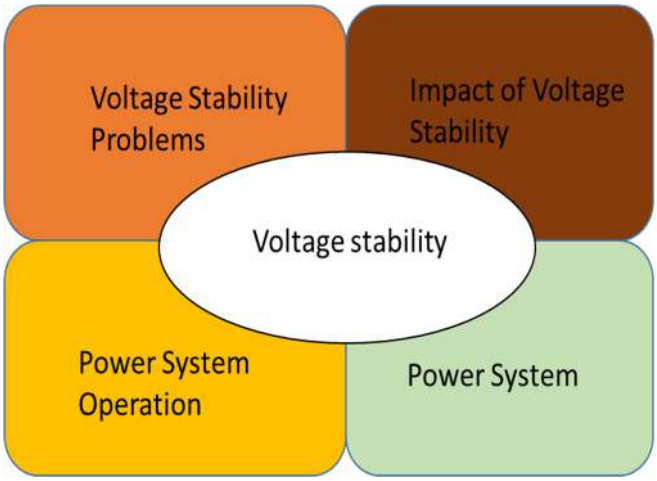
2 RESEARCH METHOD

This chapter seeks to review the different techniques, both traditional and current, which are applied to mitigate the voltage stability issues. The chapter also looks the various types of voltage stability. There are two main classifications of voltage instability: short term instability and long term instability [3]. The corresponding dynamics of these two categories are referred to as short term and long dynamics respectively. Within the transient or short term scale, there are various dynamics that fall under it [2]. They include the governor dynamics, turbines, excitation systems, and automatic voltage regulators. When we talk about transient or short term, it basically implies a few seconds of transmission. Additionally, HDVC interconnections, electronically operated loads, and induction motors are also included in the short term category [1]. When voltage instability occurs during the short term time frame, it is normally as a result of loss synchronism or rotor angle imbalance.

For long term time framers, the main components which operate under this time scale include boilers, limiters, and transformer tap changers. Ideally, the long term time frame usually lasts between a few minutes up to ten minutes [2]. Voltage stability does occur in the long term time frame. And the primary cause for this is the large electrical distance that is created between the load and the generator. However, this depends on the power system's detailed topology [3].

Voltage stability can cause a system to collapse. At any point in time, the condition that operates a power system should be stable. There are various operational criteria that the system has to meet in order to function as required [1]. Environmental and economic constraints make it possible to for power systems to operate nearer to their stability limits. It is therefore both important and challenging to maintain a system that is secure and stable. In recent years, planners and researchers of power system have concentrated much of their attention on voltage stability of systems [1].

3 MAIN MODEL OF MULTICULTURALISM



3.1 GOAL

This chapter presents a case study or a simple model of a specific network analysis. The results of the case analysis will then be analyzed in the proceeding chapter. As a case study, the chapter will look at voltage stability that exists in distribution systems. This is in the presence of a distributed generation. The chapter will investigate both induction machine and synchronized machine distributed generation. As a result there will be a clear presentation of voltage instability that is caused by:

- Long term small disturbance
- Transient voltage instability,
- Long term large disturbance
- Finally, the chapter will present the impact of the distributed generations and their possible modes of operation [2].

From previous chapters it is clear that the when the transmission loading is increased, the power system is brought closer to voltage instability. When power is generated locally from a distributed generation, it increases the load ability of the system of distribution [2]. Using PV curves, one can show how the reactive power support in a system of distribution helps to increase the capabilities of power transfer. Reactive power has to be provided locally because it is difficult to transmit it over long distances [3].

Hence the presence of distributed generation that produces reactive power helps to increase the capability of power transfer from a transmission network to a system of distribution [2]. At the same time, the presence of distributed generation that absorbs reactive power has the capacity to decrease the capabilities of power transfer. The evidence of this has been shown in numerous studies where induction machine distributed generation decreased load ability but the presence of synchronous machine distributed generation increases load ability [2].

The previous chapter also looked at the transient voltage instability and showed that it appears in different forms which are caused by various mechanisms. This therefore implies that investigation of voltage stability is important for one to comprehensively develop an understanding of the impact of induction machine and synchronous machine distributed generation on voltage stability [3]. Similarly, investigating voltage stability is important to further understand the impact on long term large disturbance, long term small disturbance, and transient voltage stabilities. Researchers have also argued for the need to further evaluate the operational impact of induction machine distributed generation and synchronous machine distributed generation on the various mechanisms of voltage instability. Before presenting the small case study, it would be best to first understand the dynamic characteristics of a distributed generation [3].

A distributed generation can either be induction or synchronous. The figure below helps to illustrate how both disturbed generations are structured.



Synchronous distributed generation has the ability to remain stable even when a grid faults [3]. This ability is attributed to the stability of rotor angle. The rotor angle stability is determined using the critical area method or what is commonly known as the equal area criterion [3]. Synchronous distributed generation affects voltage stability thereby making a matter of interest for this paper and particularly this chapter.

Thus, In order to get a glimpse of how synchronous distributed generation has a dynamic performance, one can consider a HV bus which has a three phased fault. The terminal voltage of a generator is significantly reduced due to the fault that occurs in the grid. The generator will keep on supplying reactive power as the faults continues. This keeps the terminal voltage of the distributed generation at a higher level than that at the faulted point as the fault continues [3]. When the terminal voltage of a distributed generation reduces, the capability of the distributed generation to deliver power is decreased [3]. A generator cannot return to its state prior the fault if there is an increase in the rotor angle to the extent that it passes the critical angle. These are the phenomena that explain the dynamic performance of a synchronous distribution generation [3].

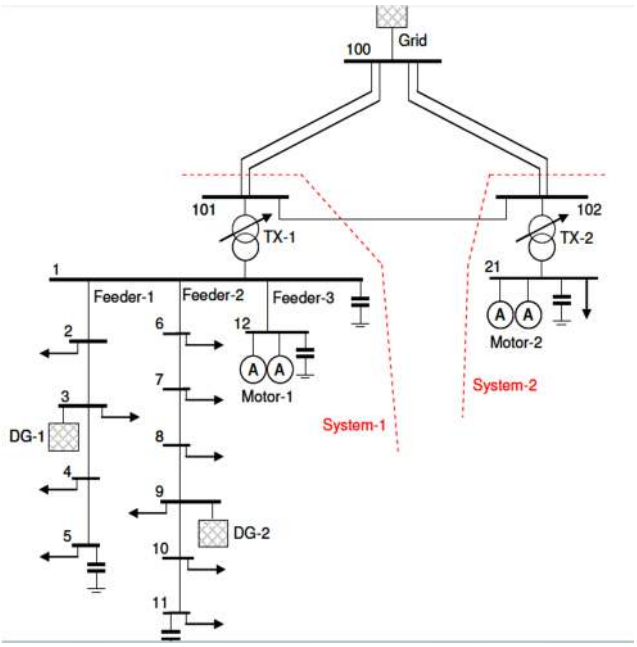
From this analysis, it is clear that the synchronous distribution generation provides support for voltage during a system fault. It does this by supplying reactive power as the fault occurs. From this point of view, it can be argued that synchronous distributed generation helps to reduce problems relating to transient voltage instability.

Induced machine distributed generation has been explained in the previous section of this chapter. It has been discussed that induced distributed generation has the ability to remain stable even when a fault occurs in a grid as a result of voltage stability. In order to further understand and explain the dynamic operation of an induced distribution generation, we will consider the same examples used to describe the dynamic performance of a synchronous distributed generation. In the example, there is a system with a HV bus in which a three phased fault occurs. The first fault last for about 0.4 seconds but the generator still remains stable. The second fault lasts for .65 seconds but the induced generator becomes unstable [2].

To explain the performance of the induced generator, the following points are noticed [2]. The generator terminal voltage will be significantly reduced as a result of the grid fault. The generator unit is caused to accelerate as a result of a reduction in the delivered active power [2]. Even after clearance of the fault, there is a significantly high speed of the generating unit. The speed is very high compared to that prior the occurrence of the fault [2]. Because of the high speed, there is increased consumption of reactive power in the induced generator. Hence, due to the increase in consumption of reactive power, the terminal voltage of the generator is decreased. But if the speed continues to increase thereby passing the critical speed, it will be hard for the generator to go back to its state before the fault occurred [2].

3.2 CASE STUDY

The following diagram represents voltage stability in the presence of a distributed generated system under study. With a synchronous machine, it was possible to operate at a constant voltage [2]. The changes in the demand of load do not affect the output of the reactive power. There is a local supply of reactive power except when the system of distribution has reactive power in excess due to the shunt capacitor [2]. According to these conditions provided, three synchronous machine distributed generation are examined [2]. The first one operates a unity pf case the second one operates at a lagging pf case, while the final one operates at a constant voltage case [2]. In all the three cases, one general assumption is made; that the synchronous distributed generation operates continuously at a power output of 4 MW [2].



The case is also examined using an induced machine distributed generation. In this case we compensate the induced machine with a shunt capacitor. The capacitor is switched off at various steps. The process of switching on and off the shunt capacitor in the induced machine distributed generation is not usually based on the loading that occurs in the distribution system. This therefore implies that the size of the capacitor will be limited because of overvoltage on minimum load. As previously explained, an induction machine distributed generation causes both over and under voltage in the distribution system.

A maximum distributed generation and a maximum load will cause under voltage to occur. In such cases, voltage at feeder ends and the capacitor compensation will suffer under voltage. Based on the conditions provided, there are operations for the distributed generation which are investigated. They include: an induction distributed generation with a normal capacitor (normal c), with a large capacitor (larger c), and with a larger capacitor plus STATCOM (larger c plus STATCOM).

4 RESULTS OF THE CASE STUDY AND PROPOSED SOLUTIONS

In order to investigate the stability of transient voltage, a bolted three phased fault is applied [2].

The clearing time for the fault is set differently for different distributed generation. In order to analyze the stability of long term large disturbance voltage, a single phased fault is applied at both lines. And lastly, in order to examine the voltage stability of long term small disturbance, the load at bus 3 is increased [2].

4.1 IMPACT ON THE STABILITY OF TRANSIENT VOLTAGE

Using the synchronous machine, the response was as expected. The machine managed to improve the stability of transient voltage within the system of distribution. The primary reason for this is because the machine helps to increase voltage within the system of distribution as the fault continued to occur. As a result, this ensures that the voltage recovers quickly after the fault occurs. Transient voltage instability and showed that it appears in different forms which are caused by various mechanisms [2]. This therefore implies that investigation of voltage stability is important for one to comprehensively develop an understanding of the impact of induction machine and synchronous machine distributed generation on voltage stability [2].

The improvement is not only concentrated in the particular system of distribution connected to the distributed generation but it is also evident in the neighboring systems of distribution. This also means that when one distribution system experiences either a voltage collapse or a voltage recovery, the nearby distribution systems will also experience the same [2].

Using an induction machine distributed generation a lot of reactive power is absorbed immediately after clearance of the fault. The generator terminal voltage is seen to significantly reduce as a result of the grid fault [2]. The generator unit is made to accelerate as a result of a reduction in the delivered active power [2]. Even after clearance of the fault, there is a significantly

high speed of the generating unit [2]. The speed is very high compared to that prior the occurrence of the fault. Because of the high speed, there is increased consumption of reactive power in the induced generator. Hence, due to the increase in consumption of reactive power, the terminal voltage of the generator is decreased [4]. But if the speed continues to increase thereby passing the critical speed, it will be hard for the generator to go back to its state before the fault occurred. Managing power systems is increasingly becoming difficult because of various reasons that relates to the current power systems. Firstly, operations of power systems require little or no supervision due to the increase of the need to transfer power over long distances [1]. Secondly, these power systems operate under limits which are close to security while thirdly there are environmental constraints that make it hard for transmission networks to be expanded [2]. From a layman's point of view, the numerous cases of blackouts which are being reported on daily basis are primarily caused by the voltage instability of power systems [1]. For this reason, voltage instability has becomes a major point of concern among engineers and power system researchers [2].

There are reasons which researchers have identified to make it harder for the management of power systems. Different power systems compete for profits and producing services at a lower cost [5]. This competition leads to a long duration that the systems are required to operate close to stability limits and to security. As earlier identified, environmental constraints is also a major reason for preventing further expansion of the transmission networks [2]. They severely limit transmission networks from expanding. Near the load centers, environmental constraints prevent transmission networks from expanding. This is argued to have a negative influence on the stability of the power systems [1]. The underlying reason for this negative influence is the increasing distance between a load and a generator. When the distance increases, the voltage support is reduced. In a market marked with deregulation, there is need to have new power flow control and new type of voltage [2]. However, the currently used power systems are not designed for [2].

4.2 IMPACT ON THE STABILITY OF LONG TERM LARGE DISTURBANCE VOLTAGE

The presence of synchronous distributed generation reduces the number of OLTC. This is due to the disturbance that occurs in the process. The presence of the synchronous distributed generation on various modes of operation is seen to successfully restoring the voltages on the secondary bus substations. It is also clear that this restoration is impossible without the presence of the distributed generation. In addition, the presence of synchronous distributed generation helps to restore the primary voltage to the acceptable range of .94 pu and 1.05 pu.

From this explanation, one can draw that the presence of synchronous distributed generation helps to increase the margin of voltage stability of long term large disturbance. But the optimal improvement is only realized at a constant voltage that the distributed generation will operate on.

Using the induction machine, there will be a collapse of voltage at a time of three seconds if there is no immediate disconnection of the induction distributed generation. There will also be an increase in the speed of the distributed generation because the induction machine normally does not have enough torque to decelerate the speed even after clearance of the fault.

4.3 IMPACT ON VOLTAGE STABILITY OF LONG TERM SMALL DISTURBANCE

With synchronous distributed generation there will always be an increase in the margin of stability. However, the increase in margin becomes higher when the synchronous machine operates under a mode where the voltage is controlled. But for an induction machine distributed generation, the margin of stability is reduced in all the three cases (normal C, larger C, and larger C plus STATCOM) except for the third case of larger C plus STATCOM. In order to explain how these two phenomena occur, the transmission and generation of reactive and active power is used.

With a synchronous distributed generation, there is decrease in transmission of active and reactive power because of the generation of both reactive and active power. For an induction distributed generation, there is also a decrease in transmission of reactive power. But since the machine also absorbs reactive power, there is increase in reactive power.

5 CONCLUSION

In addition, this chapter gives a conclusion based on the analysis of the case study. In addition is summarizes the other chapters within the paper.

From the discussion presented it is clear that the problem with voltage stability is usually concerned with the entirety of power systems but in essence, it is just one critical area where the problem is involved. The term voltage stability is used in

power systems to refer to the ability of a system to maintain voltage under acceptable profiles when subjected to different load changes and system topologies. A system can be unstable because of the transportation of reactive power over long distances.

This implies that a power system which has reactive power resources can have little problems relating to voltage stability. A power system is said to be stable if at normal operating condition, the voltage and a disturbance are very close. The opposite condition is when the voltages get out of control and decrease because of weakening of voltage control, increment of load, and outage of equipment. These phenomena usually occur when reactive power is forced to travel over long distances.

This causes instability. It is therefore recommended to do regular assessment of power systems for voltage stability as this is paramount for planning and operation of electrical networks. A system is voltage unstable if for at least one bus in the system bus voltage magnitude decreases as the reactive power injection at the same bus is increased.

REFERENCES

[1] K. Son, K. Moon, S. K. Lee and J. Park, "Coordination of an SVC with a ULTC Reserving Compensation Margin for Emergency Control," IEEE Transactions on Power Delivery, pp. vol. 15, no. 4, 2000.

[2] A. Hammad, M. E. Sadek, G. Andersson, R. M. Mathur and R. Varma, "Prevention of Transient Voltage Instabilities due to Induction Motor Loads by Static VAR Compensators," IEEE Transactions on Power Systems, pp. vol. 4, no. 3,, 1990.

[3] M. Abdel-Rahman, F. Youssef and A.A. Saber, "New Static Var Compensator Control Strategy and Coordination with Under-Load Tap Changer," IEEE Transactions on Power Delivery, pp. vol. 21, no. 3, 2006.

[4] M. K. Heiman and B. D. Solomon, "Power to the People: Electric Utility Restructuring and the Commitment to Renewable Energy," Annals of the Association of American Geographers, vol. 94, no. 1, pp. 94-116, 2004.

[5] J. A. Casazza and F. Delea, Understanding Electric Power Systems: An Overview of the Technology and the Marketplace, New York: Wiley, 2003.

[6] A. Brown, "SCADA vs the hackers, can freebie and a can of Pringles bring down the U.S. power grid?," Mechanical Engineering, pp. Vol. 124, Iss. 12, December 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 446-452
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Medición de la misión empresarial usando análisis descriptivo

[Measuring the business mission using descriptive analysis]

Jonathan Delgado Guerrero, Yuliana León Bazan, and Jeniffer Bonilla Bermeo

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2018 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 business mission is the most visible, and accessible, part of an entire business strategy. This answers what the company does and where it wants to go in the short term. It is the point of destination to which all the components that participate within a company are oriented. It is usually represented as a readable text; however, it needs to be translated to establish the business strategy. This translation is based on the strategic maps and this in turn with the use of indicators to measure globally the fulfillment of the mission. This opens up the possibility of having incorrect associations between the indicators applied to perform the measurements since it is assumed that the mission is validated and clearly measurable. This article makes a literature review to analyze the ways to validate a mission, how it relates to strategic maps and measurement and control tools, and, mainly, how technology can support this need for automatic translation of a mission into indicators through the application of Big Data, specifically the phase corresponding to the descriptive analysis.

KEYWORDS: business mission validation, business management metrics, descriptive analysis.

RESUMEN: La misión empresarial es la parte más visible, y accesible, de toda una estrategia empresarial. Esta responde el qué hace la empresa y hacia dónde quiere llegar en el corto plazo. Es el punto de destino al cual se orientan todos los componentes que participan dentro de una empresa. Generalmente es representada como un texto legible, sin embargo, necesita ser traducida para establecer la estrategia empresarial. Esta traducción se apoya en los mapas estratégicos y este a su vez con el uso de indicadores para poder medir de manera global el cumplimiento de la misión. Esto abre la posibilidad de tener asociaciones incorrectas entre los indicadores aplicados para realizar las mediciones ya que se asume que la misión se encuentra validada y claramente medible. Este artículo realiza una revisión de literatura para analizar las formas de validar una misión, cómo se relaciona esta con los mapas estratégicos y las herramientas de medición y control, y, principalmente cómo la tecnología puede soportar esta necesidad de traducción automática de una misión en indicadores a través de la aplicación de Big Data, específicamente de la fase correspondiente al análisis descriptivo.

PALABRAS CLAVES: validación de la misión empresarial, métricas empresariales de gestión, análisis descriptivo.

1 INTRODUCCIÓN

La misión empresarial es la única parte, de toda una estrategia empresarial, que es visible para todos los integrantes del ecosistema de los negocios: clientes, empleados, proveedores, gobierno, competencia, entre otros [1]. Generalmente esta es expresada en un párrafo completamente legible y entendible cuyo objetivo principal es dar a conocer la aspiración de la empresa en el corto plazo [2].

Corresponding Author: Jonathan Delgado Guerrero

Se define entonces a la misión empresarial como la aspiración de una empresa a conseguir dentro de un período específico de tiempo. Conduce el manifiesto del qué, y constituye una guía y alineación de todos los procesos del negocio. Precisamente esta característica hace que sea relevante la validación y evaluación ya que una mala expresión de lo que hace la empresa puede ocasionar que sus procesos se alineen para ayudar a cumplir esa "mala" expresión y no por eso se debe considerar que el proceso en si fue el culpable.

El modelo Ashridge (Campbell y Yeung) de reforzamiento de la misión empresarial y el modelo 7S (McKinsey, Peter, y Waterman), usualmente son usados como referencias para validar y evaluar una misión. El primero consiste en utilizar valores para cuatros aspectos relacionados, estos son: propósito, valores, normas y conductas, y, estrategia. El propósito explica el por qué de la organización, los valores en lo que cree, la estrategia enmarca los pasos para lograr el objetivo de la empresa, y las normas y conductas son las políticas y patrones que guían a la organización [2].

El modelo de las 7S en cambio promueve la relación de 7 factores relacionados y colaborativos cuyo eje principal de alineación son los valores compartidos. Las 7S corresponde a los aspectos: estilo(style), habilidades (skills), sistema (systems), estructura (structure), personal(staff), estrategia (strategy) y valores compartidos (shared value). Algunos autores agrupan estos factores en dos grupos: habilidades emocionales (soft skills): valores compartido, habilidades, estilo y personal; habilidades racionales (hard skills): estrategia, estructura y sistema [3].

Con base en los dos modelos propuestos, estos ofrecen preguntas guías que facilitan la formulación de la misión y crean una combinación de todos los integrantes de la empresa. Sin embargo, no proponen una metodología de enlace hacia alguna métrica o no se sugiere la conexión entre el texto de la misión y alguna métrica que permita conocer su progreso.

Esta necesidad fue estudiada por Kaplan y Norton, donde concluyen que la misión es apenas la cumbre de una cadena que describe lo que es el valor y cómo se crea [4]. Proponen la creación de un mapa estratégico que traduzca la misión hacia un mapa, y este a una definición más medible. El autor propone el Cuadro de Mando Integral (CMI), o Balanced Scored Card (BSC), por sus siglas en inglés, para poder medir y centrar la estrategia de la empresa.

El CMI proporciona una estructura para transformar una estrategia en términos operativos a través del uso de métricas para medir y controlar la estrategia con relación a cuatro perspectivas: financiera, clientes, procesos internos, formación y crecimiento [5].

En los últimos años la adopción del CMI en las empresas ha tenido un vertiginoso crecimiento desde su desarrollo. Ha evolucionado en una versión donde los autores sugieren que la estrategia deber ser una función separada de la organización, de manera similar sugieren se brinde mayor énfasis al manejo de la estrategia poniendo en segundo lugar a la medición [6].

Esta puesta en segundo plano de la medición involucra la delegación de la selección, construcción, análisis, de las medidas base, derivadas e indicadores a programas informáticos que apliquen técnicas de extracción, selección y validación de datos enfocados en el procesamiento de datos originados en diversas fuentes.

Este requerimiento pretende ser solventado usando las actuales herramientas y técnicas de procesamiento de datos. Big Data hace sentido cuando se trata de esto. En los últimos años esta tecnología ha marcado la tendencia de su crecimiento basada en la aplicación en las empresas. La aplicación de Big Data enfocada para el mundo de los negocios se conocer como Analítica Empresarial o Business Analytics. La Analítica empresarial permite conseguir los objetivos empresariales con base en el análisis de los datos [7].

Las herramientas de Business Analytics tienen la capacidad de controlar, anticipar y predecir lo que está sucediendo en el negocio, obteniendo en tiempo real los acontecimientos de cada una de las perspectivas (financiera, clientes, procesos internos y personal).

Para el análisis de datos ofrece tres principales fases: análisis descriptivo, análisis predictivo, y, análisis prescriptivo. El análisis descriptivo es la primera fase y realiza un análisis de rendimientos pasadas para responder a las preguntas ¿qué? y ¿por qué? El análisis predictivo es la segunda fase y busca responder ¿qué pasará?, a través de la combinación de datos históricos con reglas, algoritmos, entre otros; busca determina resultados futuros.

Finalmente, la tercera fase, el análisis prescriptivo, suma varias disciplinas como Big data, matemática, ciencias computacionales, estadística y lógica del negocio para crear sistemas que recomiendo acciones y consecuencia de decisiones, busca responder ¿qué pasará?, ¿cuándo pasará?, y, ¿por qué pasará? [8].

En la Sección I se presenta el sustento teórico en mención a la misión empresarial y las tecnologías actuales para su medición. En la Sección II se presenta el método utilizado para establecer una metodología de medición de la misión empresarial. En la Sección III se presentan las conclusiones relacionadas a las secciones anteriores.

2 EVALUACIÓN DE LA MISIÓN EMPRESARIAL

Para realizar la evaluación vamos a considerar el modelo Ashridge. Este modelo hace necesario evaluar de manera cualitativa, bajo los criterios Cumple/No Cumple, la presencia de los temas expuestos en la Tabla 1. Permite conocer de manera previa si una misión cumple con los aspectos básicos para ser analizada con mayor profundidad. En cuando a la escala resultante de la valoración se puede determinar a partir de: 7 en adelante, Aceptable; entre 6 y 5, necesita ajustes, y menor a 4, no aceptable [4].

Tabla 1. Criterios de evaluación de la misión empresarial según el modelo Ashridge

Criterio	Peso propuesto
¿La declaración describe un propósito inspirador que impide satisfacer los intereses egoístas de las partes interesadas?	1 punto
¿La declaración describe la responsabilidad de la empresa con sus partes interesadas?	1 punto
¿La declaración define un dominio empresarial y explica por qué es atractivo?	1 punto
¿La declaración describe el posicionamiento estratégico que la empresa prefiere, de tal manera que la ayude a identificar la clase de ventaja competitiva que tratará de lograr?	1 punto
¿La declaración identifica los valores que se relacionan con el propósito de la organización y actúan como creencias que enorgullecen a los empleados?	1 punto
¿Los valores concuerdan con la estrategia de la organización y la refuerzan?	1 punto
¿La declaración describe normas de conducta importantes que sirvan como guías de la estrategia y los valores?	1 punto
¿Están las normas de conducta descritas de tal manera que permitan a cada empleado juzgar si se comportan correctamente?	1 punto
¿Proporciona la declaración un retrato de la empresa que capte la cultura de la organización?	1 punto
¿Es la declaración fácil de leer?	1 punto

2.1 HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL

En el trabajo [6], a través de la revisión de artículos científicos y otros datos relacionados a la aplicación del CMI, se puede evidenciar que en el mundo existe una adopción del 66% sobre esta herramienta, tomando como referencia a los gerentes de grandes empresas.

Malmi en su trabajo [6] identifica cinco motivos detrás de la adopción del CMI: (1) traduce la estrategia a la acción, (2) administra los cambios organizacionales, (3) facilita la implementación de programas de calidad, (4) facilidad de reportar y comprender, (5) es una mejora a la forma tradicional de control basada en la revisión del presupuesto.

Las perspectivas del CMI dependen de la aplicación de indicadores. Basándose en el libro de Norton y Kaplan, se proponen los siguientes indicadores bases o genéricos: [5]

Tabla 2. Indicadores genéricos para las cuatro perspectivas del CMI

Perspectiva	Indicadores genéricos
Finanzas	Rendimientos sobre las inversiones y valor añadido económico.
Clientes	Satisfacción, retención y cuota de mercado.
Procesos internos	Calidad, tiempo de respuesta, coste e introducción de nuevos productos.
Formación y crecimiento	Satisfacción de los empleados y disponibilidad de sistemas de información.

Los indicadores de la perspectiva financiera definen la cadena lógica por la que los activos intangibles se transformarán en valores tangibles. La perspectiva del cliente aclara las condiciones que crearán valor para el cliente. La perspectiva de los procesos internos definen los procesos que cambian los activos intangibles en resultados financieros y para clientes. Finalmente, la perspectiva de aprendizaje y crecimiento denota los activos intangibles alineados e integrados para crear valor [9].

Para poder lograr una alineación de los objetivos empresariales a la empresa se hace necesario antes de aplicar un CMI, traducir la estrategia a través de un Mapa Estratégico. Un mapa estratégico también se define a partir de las cuatro perspectivas del CMI, sumada a la determinación de los objetivos para cada una de ellas. Estos objetivos son expresados de manera textual y deben estar alineados a la misión [9]. El mapa estratégico completa una hoja de ruta a seguir para poder cumplir con los objetivos empresariales [10].

2.2 BUSINESS ANALYTICS: ANÁLISIS DESCRIPTIVO

La fase de análisis descriptivo es la primera de las fases aplicadas al análisis de datos en Business Analytics. Esta fase busca responder qué debemos hacer para poder cumplir con un objetivo. Al igual que las otras fases, esta sigue un conjunto de pasos necesarios, estos son: (1) Requisitos de datos, (2) Obtención de datos, (3) Procesado de datos, (4) Limpieza de datos, (5) Análisis exploratorio de datos, (6) Modelado y algoritmos, (7) producto de datos, (8) Comunicación y visualización de los datos.

La analítica descriptiva utiliza los datos históricos donde se identifican patrones y se ilustran las acciones actuales, esto permite entender el negocio en una primera instancia como si de tomar una fotografía instantánea fuera. Es en esta fase donde se utilizan indicadores empresariales para obtener una posición o estado situacional con respecto a la misión empresarial.

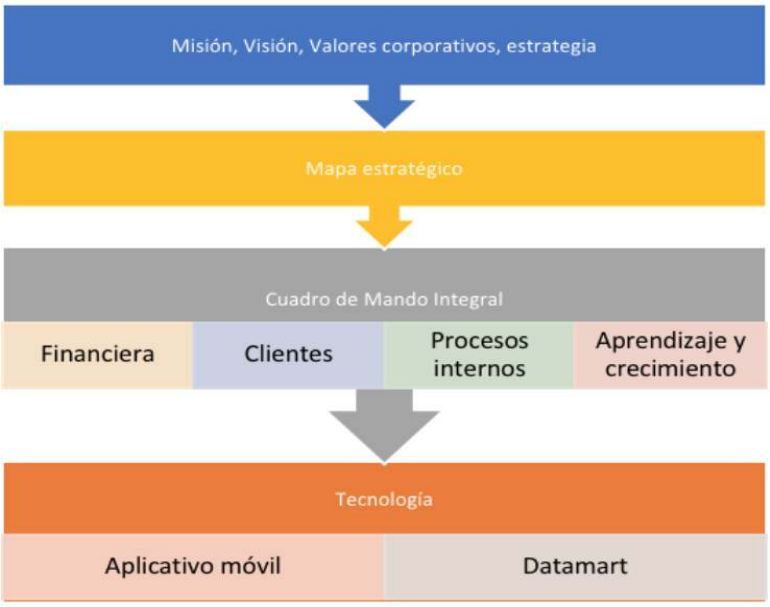


Fig. 1. Ruta a seguir para cumplir los objetivos empresariales

En la actualidad estas tres fases a su vez son agrupadas en dos clasificaciones desde el punto de vista de la obtención de información de valor aplicable a la toma de decisiones en las empresas. Estas son: Inteligencia de Negocios (BI) y Análisis Avanzados (AA). La BI realiza un análisis del pasado para describir y diagnosticar. Comprende la primera fase del análisis de datos (análisis descriptivo) usado en Big Data. Su enfoque principal es hacia la retrospección con base en la información obtenida a través del procesamiento de datos históricos.

El AA en cambio aplica métodos cuantitativos avanzados para la predicción y prescripción del futuro. Involucra las fases de análisis predictivo y prescriptivo usada en Big Data. Su orientación es a la optimización de la información con base en la comprensión y la prospección.

2.3 MÉTODOS COMPUTACIONALES PARA EL ANÁLISIS DE BIG DATA

Cuando se obtiene un insumo de datos de considerable tamaño, estructurados o no, se hace necesario aplicar métodos que hagan uso de la computación y de la estadística para obtener información relevante en un tiempo relativamente corto.

Algunas de las técnicas más representativas utilizadas en el análisis de grandes cantidades de datos textuales son: (1) Análisis automatizado de contenido (ACA), (2) Análisis de sentimiento automatizado (ASA), (3) Minería de datos (DM), (4) Machine learning (ML) [11].

El ACA corresponde a la verificación de contenido de grandes volúmenes de datos con el objetivo de aumentar el valor muestral y reducir así el margen de error al momento de determinar una tendencia o algunas palabras claves que permitan entender o dar significado a un conjunto grande de contenidos. No obstante, la clarificación de los sentimientos o la intensidad con la que las palabras son expresadas se denota a través de este tipo de análisis. Sin embargo es una herramienta básica para realizar un análisis previo de los datos [11]. La ejecución del ACA implica el uso de métodos de clasificación y agrupación de datos. La agrupación es aplicada a la búsqueda de asociaciones notables y que son aproximadamente relevantes para una misma temática. En la agrupación se busca crear un listado de palabras que identifiquen conceptos relevantes así como el de elaborar palabras identificadoras o extractores que permitan dar una connotación general al texto. Para lograrlo, se hace necesario el contar con dominios de conocimiento de donde el método pueda realizar las comparaciones y estimaciones [12].

EL ASA se centra en la ejecución de algoritmos de agrupación y clasificación de datos que correspondan a dar un sentido de sentimiento frente al texto (curado y etiquetado). Su principal uso está en la detección de aprobación o no de determinado conjunto de texto con la finalidad de soportar la toma de decisiones. Las redes sociales se han convertido en el principal insumo de datos para la puesta en práctica de este método [13].

La DM implica la extracción de conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos adicionalmente a las relaciones entre ellos. Con este método se implementó la metodología de las siete fases para completar la fase del descubrimiento del conocimiento: (1) limpieza de datos, (2) integración de los datos, (3) selección de datos, (4) transformación de los datos, (5) minería de datos, (6) evaluación de patrones, (7) presentación del conocimiento [14].

La cúspide de los métodos computacionales de análisis de contenido debe agregar una capa de inteligencia a los datos pero una capa que tenga memoria, que genere relaciones y que construya conocimiento, esta corresponde al método del aprendizaje automático [11].

3 ESQUEMA DE MEDICIÓN PROPUESTO

Con base en la fundamentación teórica planteada en la Sección I se propone la construcción de un esquema que suponga la medición del cumplimiento de una misión empresarial. Este esquema toma como base el mapa estratégico, misión empresarial, indicadores de una empresa del sector publicitario radicada en Guayaquil, Ecuador, Sudamérica, y supone una guía inicial no detallada de las actividades a realizar.

El esquema será divido en tres Fases: la primera corresponde a la extracción y creación del dominio del conocimiento a través de la aplicación de ACA como método de análisis de contenido. La segunda fase es donde se llevará a cabo la asociación de los indicadores con el mapa estratégico. La fase final realiza la recomendación de los indicadores a ser usados con base en una misión empresarial ingresada y en su mapa estratégico.

3.1 FASE I: EXTRACCIÓN DE DATOS Y GENERACIÓN DE CONOCIMIENTOS

Para completar esta fase se propone realizar las siguientes actividades:

1. Levantamiento del texto de la misión empresarial de los últimos 10 años.
2. Se recomienda analizar únicamente las misiones empresariales que cumplan con un valor Aceptable basado en la evaluación usando el modelo Ashridge.
3. Tokenización del texto de las misiones y eliminación de las palabras de parada.
4. Realizar el análisis automatizado de contenido a través de la elaboración de listas de palabras densamente usadas.
5. Ejecutar nuevamente el análisis automatizado en modo clasificación y agrupación para relacionar al listado de palabras extraído con verbos. (Se necesita hacer uso de un diccionario de sinónimos)
6. Realizar un último juicio de experto para poder solventar las soluciones erróneas.
7. Establecer el dominio de conocimiento con base en las misiones empresariales analizadas.

3.2 FASE II: ASOCIACIÓN DE INDICADORES CON EL MAPA ESTRATÉGICO

Esta fase involucra relacionar el texto analizado en la Fase I junto con posibles indicadores a ser usados. Para esto se hace necesario realizar las siguientes actividades.

1. Levantamiento de las medidas base, derivadas e indicadores usados por la empresa dentro de los últimos 10 años. Se necesita que los indicadores estén previamente asociados a las cuatro perspectivas: Financiera, Clientes, Procesos Internos, Aprendizaje y Crecimiento.
2. Etiquetar cada indicador con palabras claves, de manera específica verbos, para una posterior relación.
3. Elaborar una matriz inicial de relación entre el listado de palabras obtenida de la Fase I junto con los indicadores. Esta debe ser elaborada por expertos o por una persona encargada dentro de la empresa.
4. Ejecutar el análisis automático de contenido para poder asociar el listado de palabras con las etiquetas de los indicadores usados.
5. Adicionar el resultado de esta relación al dominio del conocimiento obtenido en la Fase I.

3.3 FASE III: ELABORACIÓN DEL CMI

La última fase es la destinada a la observación del resultado de las fases anteriores. Supone el procesamiento de una misión empresarial y un mapa estratégico elaborado para poder establecer la sugerencia de los indicadores necesarios para medirla. Su representación se la realiza a través del CMI con los indicadores respectivos para cada perspectiva y su validación se la plantea realizarla a través de un juicio de experto, inicialmente.

En la siguiente imagen se representa las herramientas metodológicas usadas en cada fase propuesta.

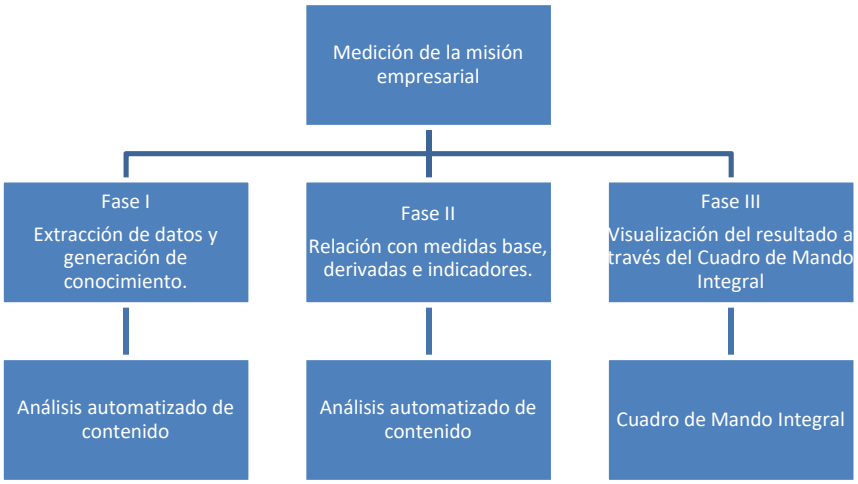


Fig. 2. Herramientas metodológicas usadas en cada fase propuesta

4 CONCLUSIÓN

La elaboración de la misión empresarial debe tener como fundamento la consideración de su posterior medición o traducción para poder conocer el estado del progreso de su cumplimiento. Es necesario entonces que la misión empresarial cumpla con unos requerimientos mínimos para facilitar su medición. Existen modelos no orientados a la evaluación cuantitativa que permiten conocer una puntuación inicial de la misión empresarial y su alineación a los objetivos empresariales o a los requerimientos de las acciones o beneficiarios de la empresa. Se da a conocer que la traducción no necesariamente está desconectada de procesos automáticos soportados bajo la tecnología. Así se propone el uso del análisis automático de contenido sumado a otras herramientas metodológicas para poder establecer los indicadores a partir de una misión basada en texto. La tecnología actual de analítica permite cerrar la brecha entre la representación de la misión empresarial en texto y su traducción en indicadores medibles y visualizados a través de herramientas de presentación como el Cuadro de Mando Integral.

REFERENCIAS

[1] L. Visión, «Mission», Change, vol. 3, 2013.

[2] A. Campbell y K. Tawadey, Mission and business philosophy. Elsevier, 2016.

[3] M. M. Ravanfar, «Analyzing Organizational Structure based on 7s model of McKinsey», Glob. J. Manag. Bus. Res., 2015.

[4] Z. Hoque, «20 years of studies on the balanced scorecard: trends, accomplishments, gaps and opportunities for future research», Br. Account. Rev., vol. 46, n.o 1, pp. 33–59, 2014.

[5] R. S. Kaplan y D. P. Norton, The balanced scorecard: translating strategy into action. Harvard Business Press, 1996.

[6] D. Ø. Madsen y T. Stenheim, «The balanced scorecard: a review of five research areas», 2015.

[7] C. Ragsdale, Spreadsheet modeling and decision analysis: A practical introduction to business analytics. Nelson Education, 2014.

[8] S. John Walker, Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think. Taylor & Francis, 2014.

[9] R. S. Kaplan y D. P. Norton, Mapas estratégicos: cómo convertir los activos intangibles en resultados tangibles. Gestión 2000:, 2004.

[10] J. S. D. Guerrero, L. A. G. Armijos, y J. C. G. Plúa, «Desarrollo e implementación de un sistema de información para directivos basado en la plataforma móvil Android aplicando el control de Cuadro de Mando Integral».

[11] C. Arcila-Calderón, E. Barbosa-Caro, y F. Cabezuelo-Lorenzo, «Técnicas big data: análisis de textos a gran escala para la investigación científica y periodística», El Prof. Inf. EPI, vol. 25, n.o 4, pp. 623–631, 2016.

[12] J. A. M. González, «Aplicaciones al análisis automático del contenido provenientes de la teoría matemática de la información», en Anales de documentación, 2002, vol. 5, pp. 273–286.

[13] L.-F. Hurtado, F. Pla, y D. Buscaldi, «ELiRF-UPV en TASS 2015: Análisis de Sentimientos en Twitter.», en TASS@ SEPLN, 2015, pp. 75–79.

[14] Y.-H. Hu, T. C.-K. Huang, y Y.-H. Kao, «Knowledge discovery of weighted RFM sequential patterns from customer sequence databases», J. Syst. Softw., vol. 86, n.o 3, pp. 779–788, 2013.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 453-458
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Prevalence of enterobiasis among urban school children in *Sidi-bel-Abbes,* Algeria

Yassine Merad[1], Amine Merbouh[2], Khadija Benallal[3], Soumia Belfodel[1], and Haiet Adjmi-Hamoudi[1]

[1]Department of Parasitology-Mycology,
UDL University, Hassani Abdelkader Hospital,
Sidi-Bel-Abbes, Algeria

[2]Department of Epidemiology and Preventive Medicine,
UDL University, Hassani Abdelkader Hospital,
Sidi-Bel-Abbes, Algeria

[3]Department of Pediatrics,
UDL University, Hassani Abdelkader Hospital,
Sidi-Bel-Abbes, Algeria

Copyright © 2018 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: Entrobiasis is a nematode infection caused by *Enterobius vermicularis*, there have been no reports on the infection rates of enterobiasis in *Sidi-Bel-Abbes* city. A cross-sectional study among schools in 10 districts was conducted in order to estimate the prevalence of this infection among preschool and school children less than 8 years of age, between April and June 2017. A total of 300 samples were examined microscopically for the presence of worm eggs collected by touching transparent tape to anal area. The overall prevalence of enterobiasis was 17,67%, and girls (26,5%) showed more infection rate compared to boys (16,92%), the prevalence of infection with age of 5 and 6 years old (23,4% and 25% respectively) was more than 7 years old children (13,43 %), prevalence of sucking thumb or fingers was 41,51%. Prevalence of enterobiasis has decreased by increasing the daily hand-washing frequency, cleaning hands one time (36,84%), two times (23,96%), three times (17,07%). When analyzing the association between the presence of enterobiasis and each variable separately, the only one showing statistically significant association was sucking thumb (p=0,019) and the symptoms of pruritus ani, abdominal pain, enuresis and insomnia (p=0,0001 respectively). Prevalence of *E.vermicularis* is relatively high and should not be underestimated.

KEYWORDS: *Enterobius vermicularis*, *oxyuriasis*, prevalence, children, enterobiasis, pinworm, school, Algeria

1 INTRODUCTION

Enterobiasis is certainly one of the most common human helminth infections in the throughout the world caused by the pinworm, *Enterobius vermicularis*, particularly in temperate climates, with an estimate of 1000 million cases worldwide [1].

The principal mode of transmission is direct contact between infected and uninfected persons, from anus to fingers that normally happens in children. For this reason, this infection is prevalent among primary school children who are easily exposed to overcrowded conditions and inadequate sanitation, and who actively contact each other [2],[1]. Besides, disease is easily transmitted among family members via contaminated hands, fomites and inhalation of eggs is considered another route of infection [3].

The number of young children being cared for at preschool is increasing because their mothers may be employed, or parents want their children to play and be educated in a well-organized educational system. Nevertheless, the majority of *E. vermicularis* infections in children probably occur in overcrowded facilities and reinfection is frequent, so authors suggested that mass screening is effective for eradication of enterobiasis [4],[3]

Corresponding Author: Yassine Merad

However, we have not found any literature about the prevalence of enterobiasis in Algeria, especially there have been no reports on the infection rates of *E. vermicularis* in Sidi-Bel-Abbes city.

This study was designed to not only to determine the current status of enterobiasis among preschool and school children in Sidi-Bel-Abbes but also the associated risk factors with this infection.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY AREA AND POPULATION

Sidi-Bel-Abbes (35° 11' 38" north, 0° 38' 29" south), is a town on the west of Algeria. The total population is composed by 212935 inhabitants (2008). This area has a particular geographical condition, characterized by a semi-arid climate dry and cold.

A total of 10 districts of *Sidi-Bel-Abbes*, were involved in this study during October and December 2017, out of the 10 schools 300 preschool and school children less than 8 years of age, have been assessed for the presence of *E. vermicularis* (Fig. 1; Table 1).

2.2 QUESTIONNAIRE SURVEY

Before collecting samples, a questionnaire was performed among the students that involved in the study and 300 students were contributed, the questionnaire form included 10 questions about socio-economical features of students (low, average, good), behavioural characteristics (sucking thumb, hand-washing frequency), and clinical symptoms (abdominal pain, anal itching, enuresis, insomnia), class teachers had given support for the completion of this questionnaire.

2.3 PARASITOLOGICAL SURVEY

After obtaining informed consent, 300 children in these schools were examined using the cello-tape anal swab technique (one smear per child), for the presence of *E. vermicularis* eggs. Skilled laboratory technicians collected samples. Anal swabs were transported to the Department of Parasitology of "*Hassani Abdelkader*", *Sidi-Bel-Abbes* (Algeria), and were examined immediately using a light microscope at 10X-40X magnifications.

Detection from the perianal region is significant, because egg positivity indicates a high probability of infection in the intestine [5]. The children with enterobiasis were notified to their teacher.

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

Data were managed and analysed using statistical software SPSS 17.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL). Rates were compared by the Chi-square test with respect to locality, age, sex and behavioural characteristics. A p Value<0,05 was considered to be statistically significant.

3 RESULTS

A total of 53 (17,67%) of the 300 samples were positive for *E. vermicularis* eggs. To determine the difference, the localities (schools) were compared individually. The egg positive rate ranged from 3,6% to 34,5% by location (Table 1; Fig. 1).

The prevalence in girls (26.5%) was higher compared to boys (16.92%), but there was not significant relation between eggs presence and gender (P = 0.02) (Table 2). No significant differences in egg positive rates according to age were observed in boys and girls (Table 2).

The only risk factor showing statistically significant association with enterobiasis was sucking thumb (p=0,019) and the symptoms of pruritus ani, abdominal pain, enuresis and insomnia were linked to enterobiasis as depicted in the tables 2 and 3.

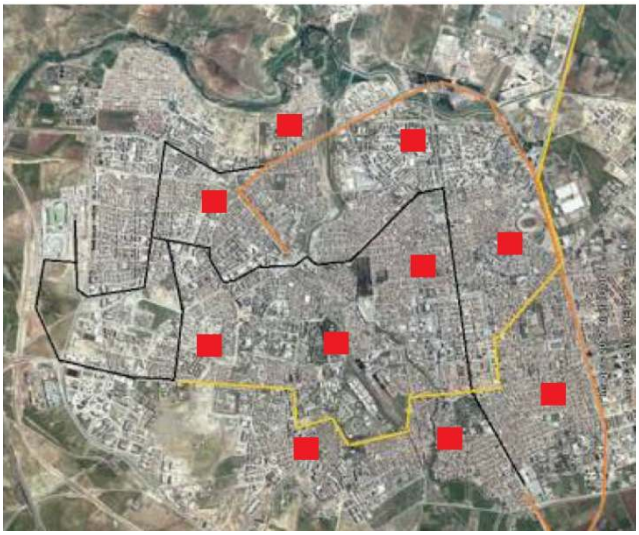


Fig. 1. Map of Sidi-Bel-Abbes city showing the 10 schools surveyed

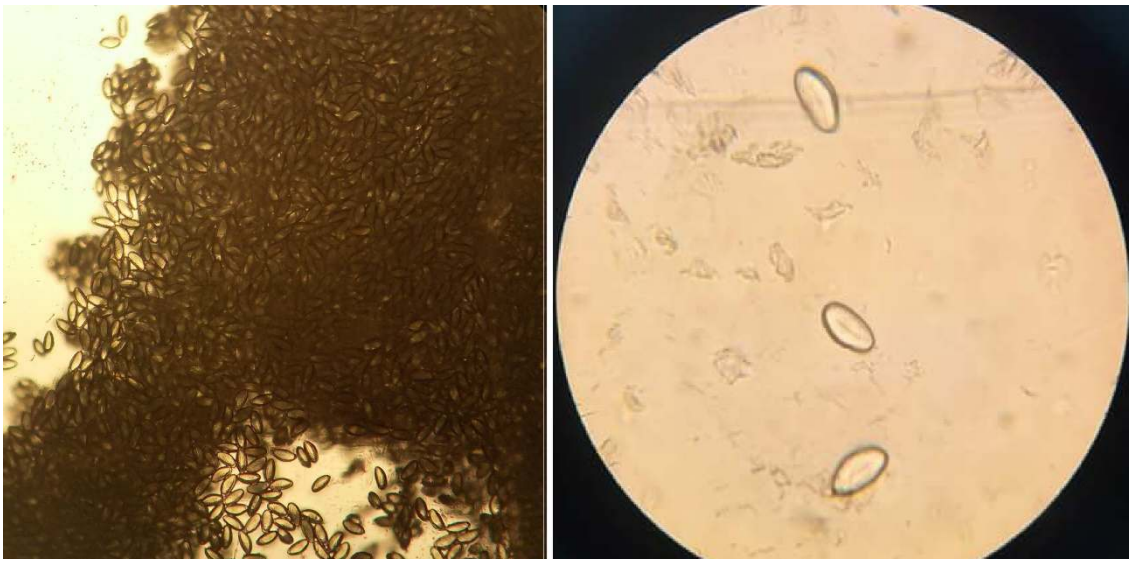


Fig. 2. Enterobius vermicularis eggs microscopy from school children detected by scotch-tape technique (X10 and X40)

Table 1. Prevalence of enterobiasis among preschool and school children in the 10 districts of Sidi-Bel-Abbes

Location	Number of positive cases	Prevalence
rue de Soleil	10	34,5%
Labrimère	9	30,0%
village bira	6	20,0%
Sidi-Djilali	6	19,4%
Adim fatiha	5	16,7%
Lamacta	6	14,6%
Faubourgs thiers	4	13,3%
Sorecor	4	13,3%
Rocher	2	9,5%
Wiam	1	3,6%
Total	53	17,6%

Table 2. Children's socio-economical background and behavioral practices in relation with enterobiasis

Variable		number of positive	number of examined	egg positive rate (%)	P value
Sex	**female**	31	148	20,95%	0,412
	male	22	152	14,47%	
Age	**5**	22	94	23,40%	0,413
	6	21	84	25,00%	
	7	9	67	13,43%	
Hygiene	**poor**	15	57	26,32%	0,055
	average	27	145	18,62%	
	good	11	98	11,22%	
Number of siblings	**0**	3	27	11,11%	0,397
	1	17	75	62,96%	
	2	11	76	40,74%	
	>3	22	121	18,18%	
Number of hand wash/day	**1**	14	52	26,92%	0,135
	2	23	119	19,33%	
	3	14	96	14,58%	
	4	2	31	6,45%	
Sucking thumb	**No**	31	215	14,42%	0,019
	Yes	22	85	25,88%	

Table 3. Clinical symptoms observed in school children and their relation with enterobiasis

Symptoms		number of positive	number of examined	egg positive rate (%)	P value
pruritus ani	No	7	222	3,15%	0,0001
	Yes	46	78	58,97%	
Enuresis	No	18	203	8,87%	0,0001
	Yes	35	97	36,08%	
abdominal pain	No	24	227	10,57%	0,0001
	Yes	29	73	39,73%	
Insomnia	No	21	222	9,46%	0,0001
	Yes	32	78	41,03%	

4 DISCUSSION

The present survey was performed to determine the status of *E. vermicularis* infection among preschool and schoolchildren living in *Sidi-Bel-Abbes*, and the study demonstrates a relatively high prevalence (17,67%) of *E.vermicularis*, in agreement with other reports from Korea (18,5%) and Turkey (22,2%) [3],[6].

Furthermore, researchers from different countries revealed the prevalence of parasite as 5.2% in Greece, 10,5-22,2% in Turkey [7],[6], 12.15% in Poland and 13.4% in Italy [8],[9]. Besides that, the studies from eastern countries revealed the rates were 7,8-17,5% in Korea, 22,2-33.8% in Iran, 35.7% in China and 41.6% in Thailand [10],[11],[12],[13],[14].

Regarding gender of examined individuals, girls (26,5%) showed more infection rate compared to boys (16,92%), in accordance with other studies conducted in Irak and Mongolia [15],[16], the high rate of infection between the female is likely to be connected with their daily housework, contact with bed sheet and cloth for infected persons of family. The infection rate for boys was not statistically different than girls (p>0,05), in agreement with the studies of Chen et *al.* [17] and Amiri et *al.* [12], In contrast, Park et *al.* found that the egg positive rate for boys (21.3%) was significantly higher than that of girls (15.4%) (*P* = 0.02) [3].

The prevalence of infection with age of 5 and 6 years old (23,4 and 25% respectively) was more than 7 years old children (13,43 %), this high percentage of infection in younger children indicates the fact that younger children do not have enough knowledge about preventing infection. Usually, children are considered as the main targets, because of this fact that children's behaviours contribute more to the development of *E. vermicularis* infection compared to adults [3]. Children in this age group

contact each other more frequently in primary schools than children of other ages, and are also exposed to unsatisfactory sanitary environments [14].

However, positive rates were not significantly dependent on age, this result is in accordance with those recorded in schools from Nepal and Turkey [18],[3], suggesting similar risk conditions for all individuals [19], in another hand, Requena et *al.* [20] in Venezuela and Li et *al.* [21] in China reported significant associations between age and enterobiasis.

Remarkable differences in egg positive rates were observed in different localities as shown in the Table 1, generally pinworm infection is the predominant disease in areas and communities where environmental conditions, socio-economic, and hygiene practice levels are low. Such results can be attributed to poor public sanitation in some localities, and the exposure to a contaminated environment, particularly among children playing on the floor [14],[5],[22], [23]. However, our results showed that the prevalence of enterobiasis with hygiene was statistically insignificant, in agreement with Amiri et *al.* [12]. In contrast, Degerlli et *al.* reported a high significant correlation between hygiene and enterobiasis [6], and Chen et *al.* found a significantly higher egg positive rate in children with low educational level [17].

Other risk factors among children include a failure to wash hand correctly before meal or after using toilet facilities, or a lack of hand washing [23],[17],[22], we found that the prevalence of enterobiasis has decreased by increasing the daily frequency of hand-washing but there were no statistically significant association with enterobiasis as shown in Table 2.

Infection may occur in the family through their school-age sibling [17]. However, we didn't found a significant relation between egg positive rates and number of sibling. Furthermore, Afrakhteh et *al.* found that enterobiasis was more important in larger families than small ones, but in the analytic study no relation was seen between infection rates and sibling [23],[12]

When analyzing the association between the presence of enterobiasis and each variable separately, the only one showing statistically significant association was sucking thumb (p=0,019), pinworm eggs have been reported from fingers, bedclothes and briefs [25], nail-biting or sucking thumb or/and fingers is a major risk factor for enterobiasis, these finding indicate that finger-oral route remains the most important avenue for enterobiasis contamination [23],[17].

Usually, the majority of infections are asymptomatic, enterobiasis is a disease with mild symptoms such as, perianal itching and dermatitis; it is asymptomatic in most individuals who have low worm burdens. However, in children, particularly who have heavy worm burdens, neurological symptoms including nervousness, restlessness, and irritability, along with enuresis are reported [2],[1],[3], Very rarely, pinworms will penetrate into the wall of the colon, in the retrocaecal tissues, and on the peritoneum. In the present study anal itching was the most important symptom, followed by insomnia, abdominal pain and enuresis, there were a very significant association between those symptoms and enterobiasis (p=0,0001 respectively). Moreover, enuresis in primary school children was found to be a significant risk factor for enterobiasis in Turkey [6].

5 CONCLUSION

The findings indicated that the prevalence of *E. vermicularis* in preschool and primary school children is relatively high in the surveyed areas of *Sidi-Bel-Abbes*, and may pose an important health problem and should not be underestimated due to being highly contagious infection. Therefore, educational programs should be carried out in order to reduce infection incidence in this area and regular parasitological test and attention to personal hygiene preschool is of great importance.

Thus, school-based mass control activities are likely to be more effective than individual treatment. Moreover, sucking thumb is a real risk factor of enterobiasis in school population and indicates the need for efforts to prevent this highly contagious infection.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank all the staff of all schools and the parents of students for their cooperation in this work.

REFERENCES

[1] Cook GC. "*Enterobius vermicularis* infection". *Gut.* 1994 Sep; 35(9):1159-1162

[2] Beaver PC, Jung RC, Cupp EW (1984) *Clinical Parasitology 9th ed*. pp302-306, Lea & Febiger, Philadelphia, USA

[3] Park JH, Han ET, Kim WH, Shin EH, Guk SM, Kim JL and Chai JY. A survey of *Enterobius vermicularis* infection among children on western and southern coastal islands of the Republic of Korea.*The Korean Journal of Parasitology* Vol. 43, No. 4. 129-134, December 2005

[4] Yang YS, Kim SW, Jung SH, Huh S, Lee JH (1997) Chemotherapeutic trial to control enterobiasis in schoolchildren. *Korean J Parasitol* 35: 259-265

[5] Cho SY, Kang SY. Significance of scotch-tape anal swab technique in diagnosis of Enterobius vermicularis infection. *Kisaengchunghak Chapchi.* 1975 Dec;13(2):102-114

[6] Değerli S, Malatyali E, Ozçelik S, Celiksöz A. Enterobiosis in Sivas, Turkey from past to present, effects on primary school children and potential risk factors. *Turkiye Parazitol Derg* 2009;33:95-100.

[7] Gurses N, Ozkan Y, Peksen Y, Uysal S, Aydin M. Intestinal parasites in primary schools of different socioeconomic status and environmental conditions. *Mikrobiol Bul* 1991;25:57-62

[8] Bitkowska E, Wnukowska N, Wojtyniak B, Dzbeński TH, 2004. Occurrence of intestinal parasites among first grade students in Poland in years 2002/2003. *Przegl Epidemiol,* 58(2):295-302.

[9] Crotti D, D'Annibale ML, 2006. Enterobiosis during 2002 2003 in Perugia Province: Beyond diagnostics. *Infez Med,* 14(2): 92-98.

[10] Heidari A, Rokni M, 2003. Prevalence of intestinal parasites among children in day-care centers in Damghan – Iran. *Iranian J Publ Health,* 32(1):31-34.

[11] Rim HJ, Chai JY, Min DY, Cho SY, Eom KS, Hong SJ, Sohn WM, Yong TS, Deodato G, Standgaard H, Phommasack B, Yun CH, Hoang EH, 2003. Prevalence of intestinal parasite infections on a national scale among primary school children in Laos. *Parasitol Res,* 91(4): 267-272.

[12] Amiri SAN, Rahimi MT, Mahdavi SA, Moosazadeh M, Ramzani O, Koshk AF, Rosbehan R, Siyadatpanah SA. Prevalence of *Enterobius vermicularis* infection among preschool children, Babol, north of Iran. J Parasit Dis (Oct-Dec 2016) 40(4):1558-1562

[13] Wiwanitkit V, Suyaphan A, Thiamtip S, 2004. Very high prevalence of Enterobiosis among the hilltribal children in rural district "Mae Suk," Thailand. *Med Gen Med*, 6(2): 5.

[14] Kim BJ, Lee BY, Chung HK, Lee YS, Lee KH, Chung HJ, Ock MS. Egg positive rate for Enterobius vermicularis of primary school children in Geoje island. *The Korean J of Parasitol,* Vol 41, No. 1, 75-77, March 2003

[15] Ali AA, Almayah QS, Abdul Razak MS, Al-Saadi MAK. Impact of enterobiasis on some physical & hematological indices among children in Irak-Babylone province. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* Volume 3, No.2 (2014) pp.81-87

[16] Lee DS, Chung BH, Lee NS, Nam HW, Kim JH. A survey of helminthic infection in the resident of rural areas near Ulaanbaatar, Mongolia. *Korean J Parasitol.,* 1999, 373:145-147

[17] Chen KY, Yen CM, Hwang KP, Wang LC. Enterobius vermicularis infection and its risk factors among pre-school children in Tapei, Taiwan. *J of Microbiol, Imm and Infect* (2018) 51, 559-564

[18] Khadkha K, Maharjan M. Pinworm (Enterobius vermicularis) infection among primary level government school children of Chhampi, Lalitpur district, Nepal. *National Journal of Health Sciences*, 2018, 3, 46-50

[19] Acosta M, Cazoria D, Garvett M. Enterobiasis among schoolchildren in a rural population from Estado Falcon, Venezuela, and its relation with socioeconomic level. *Invest Clin.* 2002 Sept ;43(3) :173-61

[20] Requena I, Jiménez Y, Rodríguez N, et al. [Enterobius vermicularis in preschool children from a suburban area in San Félix, Bolívar State, Venezuela]. *Invest Clin* 2007;48:277-86. In Spanish.

[21] Li HM, Zhou CH, Li ZS, et al. Risk factors for *Enterobius vermicularis* infection in children in Gaozhou, Guangdong, China. *Infect Dis Poverty* 2015;4:28.

[22] Moosazadeh M, Abedi G, Afshari M, Mahdavi SA, Farshidi F, Kheradmand E. Prevalence of *Enterobius vermicularis* among children in Iran: A Systematic Review and Meta-analysis. *Osong Public Health Res Perspect* 2017;8(2):108–115

[23] Sung JF, Lin RS, Huang KC, Wang SY, Lu YJ (2001) Pinworm control and risk factors of pinworm infection among primary-school children in Taiwan. *Am J Trop Med Hyg* 65:558-567

[24] Afrakhteh N, Marhaba Z, Mahdavi SA, Garoosian S, Mimezhad R, Eshkevar Vakili M, Ahmadi Shahraj H, Javadian B, Rezaei R (2015) Prevalence of *Enterobius vermicularis* among Kindergartens and preschool children in Mazandaran province, north of Iran. *J Parasit Dis* 39(2);1-3

[25] Wu CG, Xie J, Luo XJ, Lei QJ, Liu QR, Xiao BZ, et al. Influence factors of Enterobius vermicularis infection among pupils in Chongqing city. *Chin J Parasitol parasit Dis* 2012 ;30:382-6.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 459-466
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Ostéoporose du post partum révélée par une fracture du sacrum chez une femme de 31 ans

[Postpartum osteoporosis revealed by a sacrum fracture in a 31- year-old woman]

S. MOUFFAK[1], S. BERRADA[2], M. HASSANI[2], J. KOUACH[2], and D. MOUSSAOUI[2]

Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V, Rabat, Maroc

Copyright © 2018 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: Transient osteoporosis of pregnancy (TOP) is a rare and often misdiagnosed disease during pregnancy. The postpartum fatigue or stress fracture is a recognized cause of pain, the diagnosis of postpartum osteoporosis (PPO) should be considered in the differential diagnosis of disabling lumbalgia occurring either during pregnancy (especially in the third trimester) or immediately after delivery. We report here the case of a 31-year-old patient, primiparous with no particular history, who presented disabling radiating pubic pain on the fourth day of postpartum after her caesarean section, that pelvic MRI had shown a fracture of the left sacral fin, associated with osteopenia of the hip. Her phosphocalcic assessment had objectified a vitamin D deficiency.

KEYWORDS: sacroiliac pain; transient osteoporosis; post-partum; densitometry.

RÉSUMÉ: L'ostéoporose transitoire de la grossesse (TOP) est une maladie rare et souvent mal diagnostiquée pendant la grossesse. La fracture de fatigue ou de stress du post-partum est une cause reconnue de la douleur, le diagnostic d'ostéoporose du post-partum (PPO) devrait être considéré dans le diagnostic différentiel de la lombalgie invalidante survenant soit au cours de la grossesse (surtout en troisième trimestre) ou immédiatement après l'accouchement. Nous rapportons ici le cas d'une patiente âgée de 31ans, primipare sans antécédent particuliers, qui a présenté une douleur pubienne irradiante invalidante à j4 du post partum après sa césarienne, dont l'IRM pelvienne avait montré une fracture de l'aileron sacré gauche, associée à une ostéopénie de la hanche, et chez qui le bilan phosphocalcique avait objectivé une carence en vitamine D.

MOTS-CLEFS: douleur sacro-iliaque ; ostéoporose transitoire ; post partum ; ostéodensitométrie.

1 INTRODUCTION

Le déroulement de la grossesse peut être perturbé par la survenue de douleurs sacro-iliaques, de la symphyse pubienne et de lombalgies. Particulièrement au troisième trimestre, les douleurs des hanches ou du bas du dos sont souvent attribuées à la physiologie normale de la grossesse et à l'augmentation des contraintes biomécaniques. Les fractures de stress dues à une anomalie de la densité osseuse mal compensée peuvent révéler une ostéoporose ou une maladie osseuse préexistante jusqu'à-là inconnue. Une ostéoporose transitoire de la grossesse et du post partum nécessite la réalisation d'un bilan étiologique, et d'une mesure de la densité minérale osseuse après l'accouchement. Nous rapportons ici le cas d'une patiente de 31ans ayant présenté des pubalgies irradiantes, chez qui seule l'IRM a révélé une fracture de stress, la densitométrie ayant révélé une ostéopénie.

Corresponding Author: S. MOUFFAK

2 OBSERVATION MEDICALE

Il s'agit d'une patiente de 31ans, médecin de profession, de groupe BRH positif, G2P1, ayant comme antécédant un trouble dépressif mis sous traitement anxiolytique, un trouble de cycle à type de spanioménorrhée et oligo-ménorrhée en rapport avec des OPK ayant été responsable d'une infertilité secondaire de 3ans dont le bilan n'a pas révélé d'autre anomalie.

Après 2 cycles d'induction par le citrate de clomifène, une conception a eu lieu. La grossesse a été menée à terme, avec une prise de poids de 15kg soit un poids de 78Kg à terme. Le bilan prénatal n'avait pas révélé d'anomalie en dehors d'une anémie gravidique modérée ferriprive supplémentée et une croissance fœtale normale.

Au début du troisième trimestre. La patiente a présenté des douleurs pelviennes localisées au niveau du pubis irradiant vers les fesses avec un inconfort au cours de la marche. Cela a été partiellement amélioré par la prise quotidienne de magnésium et du paracétamol. Vers 38SA, les mouvements de marche et de tâches quotidiennes de la patiente sont devenus de plus en plus limités et douloureux, une attitude antalgique en boiterie a été constatée à 39SA toujours mise sur le compte de douleurs ligamentaires de fin de grossesse. La scanno-pelvimétrie réalisée n'a pas révélé d'anomalie au niveau du bassin.

Une césarienne a été réalisée à 40SA pour une dystocie de démarrage ayant permis l'extraction d'un nouveau-né de sexe masculin qui pèse 3500g, les suites opératoires ont été simples.

A J4 du post partum, la patiente avait une douleur profonde insomniante siégeant au niveau de la fesse gauche, plus ou moins brutale, intense qui irradie vers le bord externe du genou, associée à une impotence fonctionnelle à l'appui. Devant cette symptomatologie, une radio standard du bassin n'a pas montré d'anomalie, une IRM du bassin ainsi réalisée ayant objectivé une anomalie de signal de l'aileron sacré gauche sous forme d'une plage hypo intense T1(fig1), hyper intense T2 avec suppression de graisse (fig 2), arrivant au contact d'une strie hypo intense en T2 (fig3). Cet hypersignal s'étend aux parties molles adjacentes sous forme d'un fin liseré de 2mm d'épaisseur concluant à une fracture de stress de l'aileron sacré gauche. Un bilan phosphocalcique a révélé une carence en vitamine D à 10 ng/ml, et une élévation de phosphatase alcaline à 140 UI/L sans autre anomalie du bilan phosphocalcique.

La patiente a été alors immobilisée au lit pendant 4 semaines avec une vitaminothérapie à base de cholécalciférol, une anticoagulation par l' HBPM à dose préventive. Après 3mois, une ostéodensitométrie a été réalisée montrant une ostéopénie de la hanche avec un T-score à -2,1 à gauche, -1,6 à droite avec une moyenne de -1,9, un suivi régulier par un rhumatologue a été de mise.

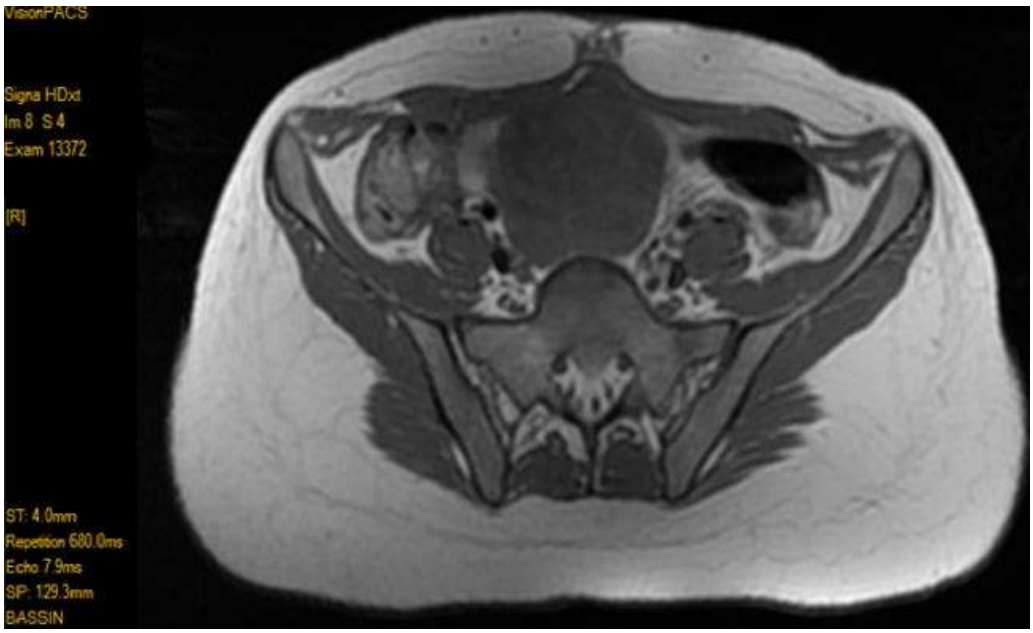


Fig. 1. Image IRM en axial T1 montrant une plage hypo intense au niveau de l'aileron gauche du sacrum

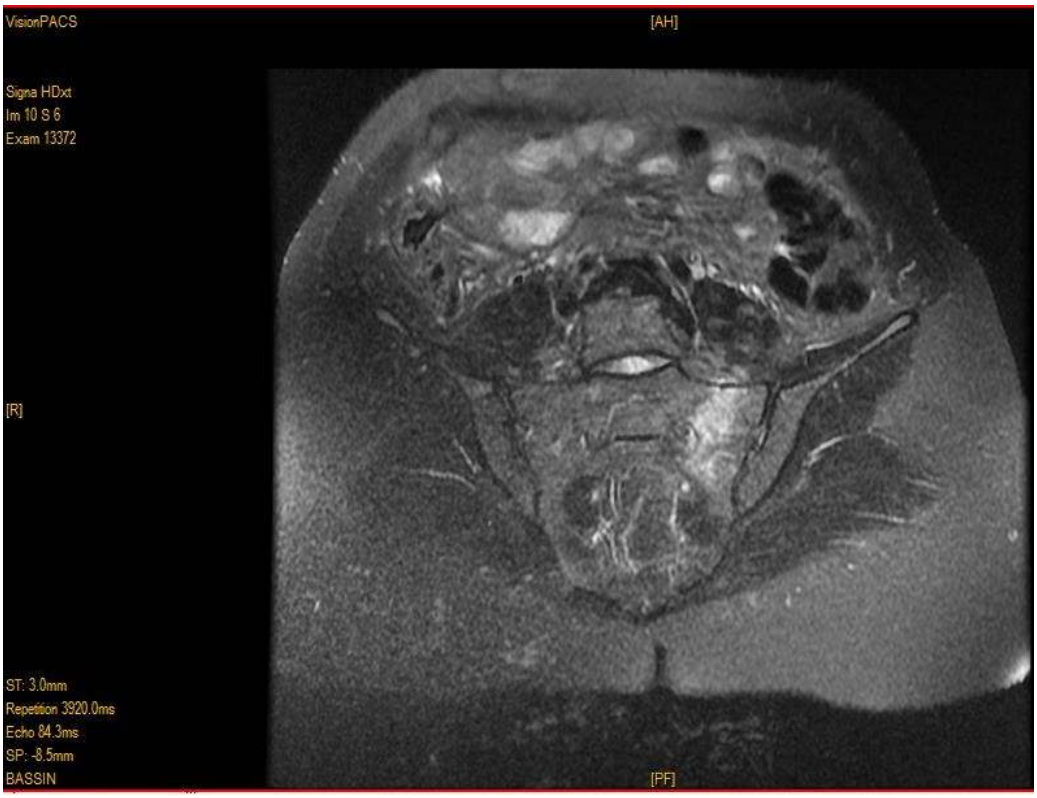


Fig. 2. Image IRM coronale T2 montrant un signal hyper intense T2 de l'aileron sacré gauche avec suppression de graisse

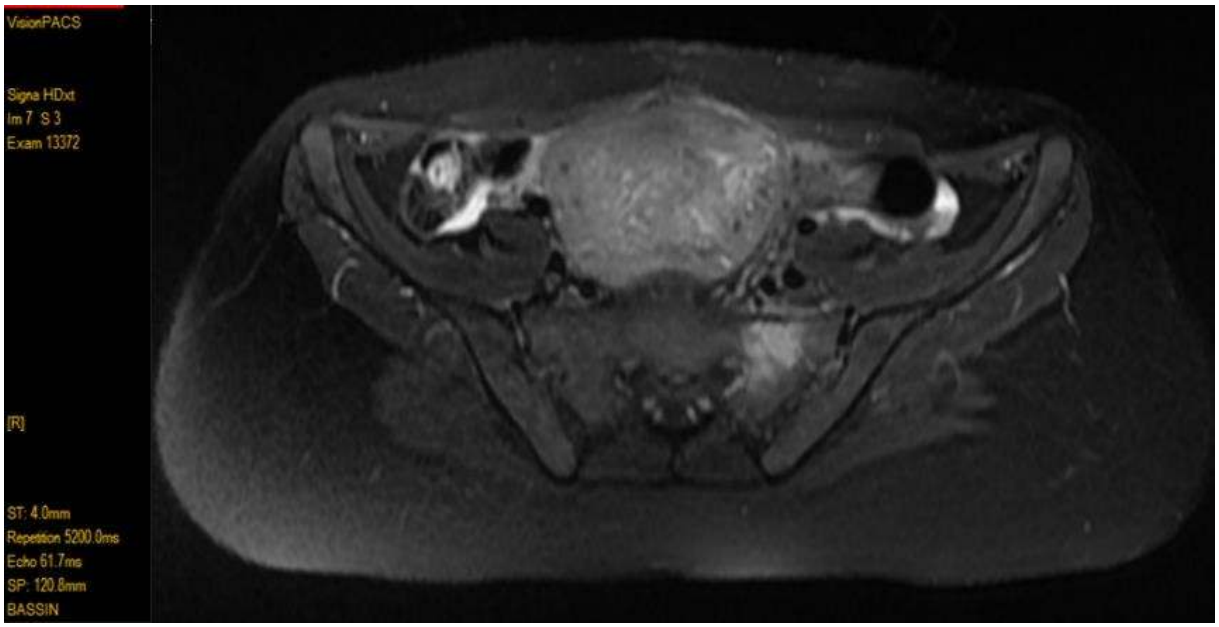


Fig. 3. Image IRM objectivant un signal hyper intense de l'aileron gauche du sacrum arrivant au contact d'une strie hypo intense en T2

3 DISCUSSION

L'ostéoporose transitoire de la grossesse (TOP) est une maladie rare et souvent mal diagnostiquée pendant la grossesse. Ainsi la douleur associée à TOP peut devenir atroce, immobilisant la patiente et rendant l'accouchement normal à risque. [1]

Publiée pour la première fois en 1955 par NORD, la survenue d'événements osseux pathologiques, fractures et algodystrophies, révélant une ostéoporose est rare pendant la grossesse et le post-partum, plusieurs terminologies ont apparu depuis pour déterminer une entité à part entière :

- L'ostéoporose transitoire de la hanche pendant la grossesse (OHP)
- L'ostéoporose transitoire de la grossesse (TOP)
- L'ostéoporose du post-partum (PPO) [2]

La plupart des auteurs rapportent un lien de causalité spécifique et sa relation temporaire à la grossesse, alors que d'autres ne sont pas d'accord et suspectent qu'il n'y a pas d'association entre la grossesse et l'ostéoporose, cependant une ostéopénie sous-jacente peut être intensifiée par le stress de la grossesse. [2]

Les douleurs lombaires vagues sont souvent expliquées par une micro mobilité anormale résultant de l'imprégnation estrogénique des fibrocartilages et des tissus conjonctifs propre à la grossesse [3], ainsi que les carences vitamino calciques révélées par la grossesse entraînent parfois des douleurs et des déformations osseuses [3]. Quant à cette ostéoporose transitoire, elle résulte des modifications physiologiques de la densité minérale osseuse du dernier trimestre de la grossesse et de l'allaitement et qui peuvent décompenser une pathologie osseuse préexistante [3]

SUR LE PLAN PHYSIOLOGIQUE [9] :

- Normalement, pendant la grossesse, et sous l'effet des œstrogènes, on note une augmentation de deux fois plus l'absorption intestinale du calcium, avec augmentation de la 1,25 OHD. Le calcium sérique est plus élevé pendant la grossesse arrivant à 0,3-0,5 mg en moyenne. L'hypercalciurie se développe, mais l'équilibre global du calcium est positif et la DMO reste stable. [2]
- La diminution physiologique de la DMO à la fin de la grossesse et à l'allaitement est sans conséquence pour des patientes ayant une DMO normale. Elle peut, en revanche, décompenser une ostéopénie ou une ostéoporose méconnue. [3]
- Ainsi la perte osseuse au cours de la grossesse et de l'allaitement concerne surtout l'os trabéculaire et peu l'os cortical. Une récupération de la masse osseuse a lieu entre le 6ème et le 12ème mois suivant le sevrage. [3]
- Au cours du troisième trimestre, 80% du squelette fœtal est minéralisé ce qui nécessite
  - ✓ Un transfert massif de calcium maternel.
  - ✓ Une augmentation systémique de la 1-α-hydroxylase placentaire
  - ✓ Une augmentation des taux sériques de PTHrp [4].
- Pendant la lactation, la 1,25 OHD n'est pas aussi élevée, car l'absorption n'est pas augmentée, mais le rein conserve le calcium. La DMO peut diminuer, mais elle se rétablit habituellement après l'arrêt de la lactation. [2]

SUR LE PLAN BIOLOGIQUE :

Les résultats rapportés sont discordants : on peut retrouver une légère diminution du 1,25 OHD, un PTHrP élevé, une hypercalcémie, une augmentation de l'hydroxyproline urinaire et enfin une augmentation de l'interleukine1, cependant ces résultats ne sont pas constants d'une patiente à l'autre vu le retard de diagnostic chez la plupart de ces patientes. [2]

En effet, La physiopathologie de TOP reste incertaine et de diagnostic difficile :

- On suggère que chez les patientes atteintes de PPO, il peut co-exister une perturbation de l'homéostasie du calcium et une accélération de la résorption osseuse. Parmi les théories qui ont été soulevées :
  - ✓ un dysfonctionnement de PTHrP (PTH realising protein) avec perte de son « facteur de protection osseuse » habituel.
  - ✓ une augmentation de l'activité de l'interleukine-1. [2]

Les Facteurs favorisants et étiopathogéniques soulevés dans la littérature sont :

- ✓ l'anomalie du métabolisme phosphocalcique en l'occurrence, la carence en vitamine D et ou l'ostéomalacie qui reste aussi parmi les étiologies des fissures au cours du deuxième et troisième trimestre. [3]
- ✓ la prise de poids rapide et excessive du troisième trimestre. [5]
- ✓ l'hypothèse neurologique : la compression du nerf obturateur par l'utérus gravide (comme ça a été soulevé par Curtiss et Kincaid). [6]

- ✓ la prise de l'héparine non fractionnée : Le mécanisme n'est pas connu, un effet PTH-like, une chélation des ions calciques étant suspectée de même qu'un effet modulateur direct sur les ostéoclastes et sur les ostéoblastes [7] [8].
- ✓ la corticothérapie et l'immobilisation.
- ✓ les causes hématologiques : par l'ischémie osseuse qui pourrait être due à un trouble de fibrinolyse. Des anomalies de taux de protéine C et d'antithrobine ont été retrouvées par certains auteurs. [6] [9]
- ✓ les causes vasculaires et ou neuro-vasculaires : décrites par une vasodilatation associée à un œdème (vraisemblablement secondaire à un taux accru de perfusion) dans les vaisseaux alimentant la tête fémorale. [6]

Trois stades d'évolution de la maladie ont été identifiés :

STADE 1 :

Une gêne progressive pendant plusieurs semaines qui peut se manifester par des douleurs articulaires au cours des mouvements de grandes amplitudes. Le signe de Trendelenburg est présent quand les patientes sont autorisées à se tenir debout, et la plupart marchent avec une attitude antalgique jusqu'à l'immobilisation [8].

Les douleurs de la région sacro-iliaque pourraient également s'expliquer par des microtraumatismes des tissus conjonctifs, conséquence des forces développées par les muscles extenseurs du tronc pour s'opposer à la force de flexion antérieure du tronc exercée par le poids croissant de l'utérus [13]. [4]

STADE 2 :

- ✓ La Déminéralisation significative du calcium.
- ✓ L'ostéodensitométrie peut montrer des signes de l'ostéoporose [14]

STADE 3 :

Les symptômes du TOP disparaissent habituellement après l'accouchement ; cependant, l'allaitement maternel favorise la perte de calcium, ce qui peut prolonger le temps de récupération.

Parmi les sièges de fractures : Le siège de prédilection de ces fractures de stress le plus habituel est celui de la région sacrococcygienne, d'autres sites ont été décrits au niveau de la colonne vertébrale, du col du fémur, du poignet et de la clavicule [10] [11] [12].

Ces fractures surviennent dans 41 % des cas au cours de la grossesse, dans 3% des cas au cours de l'accouchement et dans 56% des cas pendant l'allaitement. Elles surviennent généralement au cours de la première grossesse, révélant une pathologie osseuse préexistante à la grossesse comme c'était le cas pour notre patiente. [3]

DIAGNOSTIC POSITIF CLINIQUEMENT :

SIGNES FONCTIONNELS :

Parmi les manifestations douloureuses de la grossesse et du post partum, on détaillera les douleurs sacro-iliaques qui siègent en regard de l'articulation et irradient à la face postérieure des cuisses, sans radiculalgies vraies comme c'était le cas pour notre patiente. Elles s'y associent des sensations de pesanteur pelvienne siégeant en regard de la symphyse pubienne et de la région sus-pubienne où s'insèrent les muscles grands droits et pyramidaux. Les douleurs apparaissent à la marche et en décubitus lorsque les patientes se retournent dans leur lit. [3]

EXAMEN CLINIQUE :

À l'examen clinique, les douleurs sacro-iliaques sont reproduites par la pression de la partie supéro- interne de la fesse et par la flexion–abduction de la hanche, genou légèrement fléchi. Ce mouvement produit un écartement de l'articulation sacro-iliaque. [3]

Des douleurs pubiennes sont également provoquées par la pression dans la région de la symphyse pubienne et lors de l'examen gynécologique par la pression à la face postérieure de la symphyse pubienne. [3]

Le diagnostic peut être évoqué devant des douleurs lombaires brutales, une impotence fonctionnelle douloureuse, une diminution de taille. Les douleurs sont parfois moins aiguës. [3]

ECHOGRAPHIE ARTICULAIRE

L'échographie peut être utilisée en toute sécurité pour aider au diagnostic d'épanchement articulaire, mais ce signe peut être associé à des circonstances autres que TOP.

TDM VERSUS IRM

Au scanner, l'os trabéculaire étant raréfié, le trait de fracture sera difficile à voir. Il faudra s'attacher à rechercher le décroché de la corticale antéro supérieure et la perte de la densité graisseuse du côté fracturé. À un stade plus tardif, la condensation des berges de la fracture ou la pseudarthrose rend le diagnostic plus évident. [5]

L'IRM est considérée comme l'examen le plus sensible pour déterminer la fracture de stress quand la radiographie standard est négative ; L'IRM a l'avantage supplémentaire d'évaluer les tissus mous, cependant, la TDM est meilleure pour évaluer une ligne de fracture. [12]

L'intensité du signal de la tête fémorale à l'IRM est diminuée sur les images pondérées en T1 mais est augmentée sur T2 des images pondérées, indiquant un œdème. [12]

OSTÉODENSITOMÉTRIE :

Bien qu'elle soit peu irradiante, la mesure de la densité minérale osseuse (DMO) par absorptiomètre biphotonique n'est pas indiquée au cours de la grossesse.

LA SCINTIGRAPHIE OSSEUSE : peut également être sensible pour détecter les fissures, mais cela n'a pas été signalé dans la littérature vu la contre-indication de l'utiliser au cours de la grossesse et au cours de l'allaitement.

LES MARQUEURS BIOLOGIQUES DU REMODELAGE OSSEUX qui peuvent être utiles sont : [6]

- ✓ l'hydroxyproline, marqueur de la dégradation du collagène qui peut être associée à remodelage osseux, a été signalé comme élevé chez quelques patientes.
- ✓ La phosphatase alcaline : son élévation est difficile à interpréter puisqu'elle se trouve déjà élevée pendant la grossesse mais une autre élévation au cours de TOP n'a pas été signalée de façon régulière.
- ✓ La vitamine D, bien que généralement associée à l'absorption du calcium dans l'intestin, ne fournit pas une précision d'un marqueur.

4 TRAITEMENT

Le traitement repose sur :

- ✓ une mise en décharge.
- ✓ Des antalgiques
  - Le dextropropoxyphène est alors le plus souvent prescrit.
  - Les dérivés de la codéine auraient un risque tératogène non prouvé.
  - Les opiacés peuvent être employés avec précautions. Ils n'ont pas d'effet tératogène, mais ils sont responsables d'un retard de croissance et de prématurité. [15] [3].
- ✓ Des AINS, mis à part la phénylbutazone, ne semblent pas tératogènes. Cependant, il est recommandé de ne pas utiliser la plupart d'entre eux pendant le premier trimestre et formellement contre-indiqués dès le 6e mois de grossesse vue leur toxicité cardiopulmonaire avec fermeture prématurée du canal artériel, hypertension pulmonaire, insuffisance tricuspide et dysfonctionnement rénal [3].
- ✓ La supplémentation en calcium / vitamine D en cas de déficit à raison de : [18]
  - Vitamine D 4000 à 8000 unités/jour soit 10 à 20 gouttes par jour de Stérogyl (vitamine D2).
  - Calcium 1 g/j.
  - le traitement est poursuivi à dose d'entretien de l'ordre de 2000 unités/j de vitamine D ;
  - Dans les cas de malabsorption sévère, on peut utiliser la vitamine D injectable

- ✓ Les stéroïdes ont parfois prescrits pour accélérer la récupération, en particulier après une intervention chirurgicale. La prednisolone a été largement utilisée dans ce contexte ainsi que le deflazacort aux Etats Unis.
- ✓ L'allaitement déconseillé vu l'accélération de la perte osseuse.
- ✓ Les bisphosphonates : un traitement qui reste encore mal connu du point de vue effets indésirables fœto-maternels. En revanche, il a été utilisé en post partum avec une mise en garde au cas par cas devant l'éventualité de complications à long terme vu la demie-vie longue qui caractérise cette classe thérapeutique. [6]
- ✓ La calcitonine peut être utilisée mais les résultats en matière d'efficacité sont encore controverse. [6]. [3]
- ✓ L'extraction fœtale : une seule étude effectuée au Japon a démontré l'efficacité de l'interruption de la grossesse dans l'amélioration des signes osseux.
- ✓ La physiothérapie et l'éducation des patientes permettent de diminuer les arrêts de travail pour les douleurs sacro-iliaques au cours de la grossesse [6].
- ✓ Le port d'une contention élastique lombaire et abdominale semble pouvoir aider à diminuer les douleurs lors de la marche, sans comporter d'effet hémodynamique nocif pour le fœtus ou pour la mère [16,17]. [4]

PRÉVENTION :

Dépister les facteurs de risques de carence vitamino calcique ou d'ostéomalacie.

La prise du poids en postpartum doit être limitée afin de réduire les fractures secondaires. La prévention est essentielle, augmenter les apports vitamino-calciques : [3]

- ✓ 2000 à 4000 UI par semaine de vitamine D2 ou D3 en hiver ou dans les régions peu ensoleillées ;
- ✓ 1000 UI par jour de vitamine D2 ou D3 pour les patientes ayant des antécédents de carence vitamino-calcique ou restant alitées ;
- ✓ Un apport quotidien alimentaire ou médicamenteux de 1500 à 2000 mg de calcium pour les adolescentes enceintes ou allaitantes. [3]

5 CONCLUSION

La fracture de stress du sacrum doit être incluse dans le diagnostic différentiel des douleurs lombaires et ou des fessalgies persistantes à la fin de la grossesse ou dans le post-partum. La radiographie standard demeure la première étape dans l'évaluation de la douleur du sacrum en post- partum mais insuffisante pour objectiver la fracture du sacrum, L'IRM (supérieure au scanner) est la plus sensible pour repérer les anomalies du signal de la trame osseuse, plus particulièrement celle du sacrum, siège de prédilection de fractures de stress de l'ostéoporose transitoire de la grossesse. Le traitement passe avant tout par l'identification des femmes à risque et leur encouragement à une supplémentation vitamino calcique adaptée.

REFERENCES

[1] Helen Vester, Vanadin Seifert-Klauss. Fractures due to transient osteoporosis of pregnancy. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgo.2013.09.023

[2] Ann M. Babbitt, Post-Pregnancy Osteoporosis (PPO) *A Case Study. Journal of Clinical Densitometry, vol.1, no. 3, 269–273, Fall 1998*

[3] M.-A. Timsit ; Grossesse et douleurs rhumatologiques lombaires basses et de la ceinture pelvienne ; Gynécologie Obstétrique & Fertilité 32 (2004) 420–426

[4] M. Bonnin a, F. Bolandard Douleur pelvienne par disjonction pubienne après accouchement par voie basse. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 25 (2006) 644–647.

[5] V. Bousson, M. Wybier Les fractures de contrainte. Journal de radiologie (2011) 92, 188—207

[6] George Maliha, Jordan Morgan, transient osteoporosis of pregnancy; Injury, Int. J. Care Injured 43 (2012)1237–1241.

[7] Pettilä V, Leinonen P, Markkola A, HiilesmaaV, Kaaja R. Postpartum bone mineral density in women treated for thromboprophylaxis with unfractionated heparin or LMW heparin. Thromb Haemost 2002;87:182–6.

[8] Marie-Agnès Timsit. Déminéralisation osseuse et ostéoporose de la grossesse. Revue du Rhumatisme 72 (2005) 725–732.

[9] Stevens RJ, Hall ML, Hughes RA. Imaging in transient regional osteoporosis. Br J Rheumatol 1997;36:705–6.

[10] Khovidhunkit W, Epstein S. Osteoporosis in pregnancy. Osteoporosis Int. 1996; 6(5):345-54. [PubMed]

[11] Fingeroth RJ. Successful operative treatment of a displacedsubcapital fracture of the hip in transient osteoporosisof pregnancy. A case report and review of the literature. J Bone Joint Surg Am. 1995 Jan;77(1):127 31. [PubMed]

[12] Rebecca L. Roller, MD; Eric A. Walker; Postpartum sacral fracture in a 30-year-old female; Radiology Case Reports; Volume 4, Issue 3, 2009

[13] Mc Gill SM.A biomechanical perspective of sacro-iliac pain. Clinical Biomechanics 1987;2:145–51 [14] Ismail Serifoglu, Ibrahim Ilker Oz. Postpartum sacral insufficiency Fracture. The Spine Journal (2016)
[14] Dreiser RL, DeBandt. Traitements rhumatologiques autorisés chez la femme enceinte « Primum non nocere». In: de Sèze S, Ryckwaert A, Kahn MF, Kuntz D, Meyer O, Bardin T, Guérin Cl, editors. L'actualité rhumatologique 1998. Expansion Scientifique Française; 1998. p. 381–94.
[15] Östgaard HC, Zetherström G, Roos-Hanson E, Svanberg B. Reduction of back and posterior pelvis pain in pregnancy. Spine 1994;8: 894–900.
[16] Beaty CM, Bhaktaram VJ, Rayburn WF, Parker MJ, Christensen HD, Chandrasekaran K. Low backache during pregnancy. Acute hemodynamic effects of a lumbago support. J Reprod Med 1999;44:1007–11.
[17] Pr LEFKIR TAFIANI. S ; OSTEOMALACIE ; http://univ.ency-education.com

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 467-472
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Thrombopénie et grossesse : A propos d'un cas et revue de la littérature

S. MOUFFAK, S. BERRADA, A. BABAHABIB, J. KOUACH, and D. MOUSSAOUI

Hopital Militaire d'Instruction Mohamed V, Rabat, Maroc

Copyright © 2018 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: Thrombocytopenia occurs in about 10% of pregnant women. This could be due to a normal variant of pregnancy (gestational thrombocytopenia), a pregnancy-specific condition (preeclampsia and HELLP syndrome) or a condition exacerbated by pregnancy (ITP, vasculitis, PTT). The prognosis and treatment vary enormously, based on the underlying cause. Gestational thrombocytopenia (accidental thrombocytopenia of pregnancy) is a mild, asymptomatic thrombocytopenia that usually occurs late in pregnancy. There is no association with fetal thrombocytopenia, and maternal thrombocytopenia disappears spontaneously after delivery.

KEYWORDS: thrombocytopenia, pregnancy, treatment.

RÉSUMÉ: La thrombocytopénie survient chez environ 10% des femmes enceintes. Cela pourrait être due à une variante normale de la grossesse (thrombocytopénie gestationnelle), à un état spécifique à la grossesse (prééclampsie et HELLP syndrome) ou une maladie exacerbée par la grossesse (PTI, vascularite, PTT). Le pronostic et le traitement varient énormément, basés sur la cause sous-jacente. La thrombocytopénie gestationnelle (thrombocytopénie accidentelle de la grossesse) est une thrombocytopénie légère et asymptomatique qui survient généralement tard pendant la grossesse. Il n'y a pas d'association avec la thrombocytopénie fœtale, et la thrombocytopénie maternelle disparaît spontanément après l'accouchement.

MOTS-CLEFS: thrombopénie, grossesse, traitement.

OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente de 25ans, 2ème geste primipare, de groupe A Rhésus positif, ayant un antécédent de thrombopénie à la 1ère grossesse à 58000 éléments/mm^3, traitée par corticothérapie, césarisée pour oligoamnios sur un dépassement de terme, donnant naissance à un nouveau-né eutrophe. Le chiffre de plaquettes était normal en post-partum à 185000. Au cours de cette 2ème grossesse, le suivi prénatal était correct avec plusieurs consultations et échographies et un bilan prénatal normal, notamment des sérologies négatives, la scannopelvimétrie qui a décelé un bassin favorable. La patiente a présenté une thrombopénie à 61000 éléments/mm3 à 24SA SA, suivi parallèlement par un hématologue [1].

Le bilan immunologique était négatif, notamment : les anticorps anti-nucléaires, le facteur rhumatoïde et les anti-antigènes nucléaires solubles : anti SSA et anti SSB, anti RNP, anti Scl /70. L'électrophorèse des protéines a montré une hypoalbuminémie modérée.

Le test respiratoire à l'urée a objectivé une infection à l'HP.

Elle n'a pas été mise sous corticothérapie, vu le contrôle mensuel puis bi mensuel revenu toujours au-delà de 70000élements/mm^3.

La patiente a consulté aux urgences à 38SA+3J pour des contractions utérines, sans signes hémorragiques.

L'examen clinique a trouvé une patiente en bon état général, TA= 11/06 cmHg, HU = 29 cm, BCF présents et réguliers, contractant à 4 CU/10 min. Le col était effacé à 60%, dilaté à 1cm, sans hydrorrhée ni saignement.

Le bilan biologique a trouvé un taux de plaquettes sur tube citraté à 56000/mm3, Hb=13g/dl, un bilan de crase normal et un bilan hépatique correcte.

L'échographie obstétricale a montré une grossesse mono-foetale évolutive en présentation céphalique, une biométrie qui correspond à l'âge gestationnel, l'estimation du poids fœtal était à 2900g, le liquide amniotique en quantité normale et l'index de résistance de l'artère ombilicale correct à 0,57.

La conduite à tenir a été d'hospitaliser la patiente, la mettre sous corticothérapie à base de prédnisone 1mg/kg, la déxamétasone 40mg/j en IV à J1 et J4, les immunoglobulines en IV 60g/j à J1 et J3, avec une demande des culots plaquettaires à la réserve.

L'évolution a été marqué par une mise en travail spontané au bout de 3 jours, avec un taux de plaquettes à 70000éléments en début de travail qui a été contrôlé chaque 4H, la perfusion de la 2ème cure d'immunoglobuline a été administré au cours du travail qui a duré 5h, l'accouchement par voie basse avec épisiotomie (suturé immédiatement après la délivrance), a permis l'extraction céphalique d'un nouveau-né de sexe masculin, Apgar 10/10, poids de naissance à 3100g , une NFS sur sang de cordon a objectivé un taux à 160000élément/mm3.

Le contrôle maternel a objectivé un taux à 77000 éléments/mm^3 à 24h du post partum, avec une surveillance hémodynamique rigoureuse qui n'a pas décelé d'anomalie.

DISCUSSION

Une thrombopénie est observée chez 5 à 10 % des femmes pendant la grossesse ou le post- partum [2]. La majorité (70 %) sont des thrombopénies gestationnelles survenant à partir de la fin du deuxième trimestre. Bien qu'il n'y ait pas une valeur claire pour définir la thrombocytopénie pendant la grossesse, une numération plaquettaire inférieure à 100 000 est généralement considérée comme un seuil pour la définir.

La thrombocytopénie gestationnelle (GT) est la cause la plus fréquente de thrombocytopénie pendant la grossesse, suivie d'une prééclampsie et d'une thrombocytopénie immunitaire. Les causes les plus rares comprennent la coagulation intravasculaire disséminée (CIVD), le purpura thrombocytopénique thrombotique (PTT) et le syndrome hémolytique et urémique (SHU), ainsi que les médicaments induits.

ETIOLOGIES

Les principales étiologies des thrombopénies au cours de la grossesse sont : Les microangiopathies thrombotiques spécifiques de la grossesse s'accompagnant d'une thrombopénie et qui sont la stéatose hépatique aiguë gravidique, la prééclampsie/éclampsie et le HELLP syndrome. Les microangiopathies thrombotiques non spécifiques de la grossesse sont le purpura thrombotique thrombocytopénique (PTT), également appelé syndrome de Moschowitz, et le syndrome hémolytique et urémique (SHU). Le purpura thrombopénique immunologique également appelé « thrombopénie immunologique » est un diagnostic d'élimination (PTI), il représente moins de 5 % des causes de thrombopénie au cours de la grossesse.

THROMBOCYTOPÉNIE GESTATIONNELLE [3]

La TG est assez courante pendant la grossesse. La numération plaquettaire n'est généralement pas inférieure à 70 000 / µL. Cela se produit principalement au troisième trimestre. Les patientes sont asymptomatiques et n'ont aucun antécédent de thrombocytopénie. La numération plaquettaire se normalise dans les 3 mois suivant l'accouchement mais se normalise souvent en 1 semaine. L'étiologie de TG reste incertaine, mais on pense en partie qu'elle est de nature auto-immune et démontre un chevauchement évident avec le purpura thrombocytopénique idiopathique léger (PTI).

La prise en charge des patientes atteintes de TG est simple. En règle générale, ils peuvent recevoir une anesthésie péridurale. Cependant, la pratique varie selon chaque établissement en termes de seuil plaquettaire pour l'anesthésie péridurale. Une numération plaquettaire supérieure à 100 000 / µL est considérée comme sûre pour l'anesthésie péridurale. Il existe des études démontrant l'administration sans danger d'anesthésie péridurale chez des patientes enceintes présentant une numération plaquettaire aussi basse que 70 000 / µL. [4]

Elle est de bon pronostic, souvent modérée (> 70000 éléments/mm3) et n'entraîne de risque ni pour la mère ni pour le foetus. Elle ne nécessite pas de traitement, sauf si elle est sévère, et se normalise quelques semaines après l'accouchement. Elle peut récidiver à chaque grossesse. [2]

LA PRÉÉCLAMPSIE/ÉCLAMPSIE ET LE HELLP SYNDROME

La prééclampsie représente la première cause de microangiopathies thrombotiques à la fin des deuxième à troisième trimestres. Le traitement repose sur l'extraction foetale.

L'accouchement est également indiqué si le fœtus a au moins 32 à 34 semaines de gestation au moment où les signes et symptômes de prééclampsie ou de HELLP se développent. [3] Chez une femme cliniquement stable, l'accouchement par voie vaginale peut être tenté. Lorsque la césarienne est nécessaire, une transfusion de globules rouges, de plaquettes et de plasma frais congelé est effectuée si nécessaire avant et pendant la chirurgie. Une hypofibrinogénémie sévère doit être traitée par cryoprécipité.

Les patients sont étroitement surveillés pendant la période du post-partum. Le magnésium doit être poursuivi pendant 12 à 48 heures après l'accouchement et la pression artérielle doit être contrôlée de manière appropriée. Bien que l'hypertension disparaisse généralement dans les 6 semaines suivant l'accouchement, certaines femmes nécessitent un traitement antihypertenseur à long terme. [5] La coagulation et les anomalies plaquettaires ont tendance à disparaître dans les 24 à 48 heures suivant l'accouchement. Certaines patientes, cependant, connaissent un déclin continu de la numération plaquettaire et doivent être suivies jusqu'à ce que les numérations se normalisent. L'éclampsie post-partum peut survenir jusqu'à 48 heures après l'accouchement; ainsi, les patientes et les prestataires de soins de santé doivent rester vigilants dans la surveillance des signes et symptômes évocateurs. [6] Les options de traitement dans le contexte de prééclampsie sévère du post- partum et de HELLP comprennent les corticostéroïdes et la plasmaphérèse. [7],[8]

LES MICROANGIOPATHIES THROMBOTIQUES NON SPÉCIFIQUES DE LA GROSSESSE :

Sont le PTT et le SHU. Elles surviennent principalement pendant la deuxième moitié de la grossesse, voire en post-partum. L'extraction foetale ne permet pas la correction des symptômes. [2]

PURPURA THROMBOCYTOPÉNIQUE THROMBOTIQUE (PTT)

Le **purpura thrombotique thrombocytopénique** (PTT) est une microangiopathie thrombotique causée par l'adhésion plaquettaire et l'agrégation médiée par les multimères du facteur de Von Willebrand (ULvWF) attachés aux cellules endothéliales. Ceci est causé par une déficience congénitale ou acquise (auto-immune) de la protéase de clivage du facteur

de Von Willebrand ADAMTS-139. Le PTT est plus fréquent chez les jeunes femmes adultes que chez les hommes ou personnes âgées. La plupart des présentations de la maladie sont idiopathiques, bien que le PTT familial et secondaire a été décrit. Le PTT s'accompagne d'une thrombocytopénie profonde, d'une hémolyse et augmentation des taux sériques de lactate déshydrogénase (LDH) . [9] L'obstruction des capillaires par les thrombi plaquettaires peut entraîner une ischémie des organes. Cliniquement, le PTT se manifeste par une fièvre, une insuffisance rénale, des symptômes neurologiques, un purpura et des signes d'anémie hémolytique. Il y a souvent une phase de prodromes qui peut comprendre des maux de tête, des vertiges, des nausées, et douleurs abdominales, probablement causées par un micro- infarctus des viscères. Bien qu'il y ait des formes cliniques chroniques de la maladie, la forme aigüe et fulminante n'est pas rare et, si elle n'est pas traitée, peut être mortelle. Dans certains cas, les manifestations oculaires peuvent présenter les premiers signes de la maladie; ainsi, une référence rapide à un hématologue peut sauver la vie. [10] La plasmaphérèse est le traitement principal pour cette condition et peut être complété par un traitement immunosuppresseur (corticostéroïdes et rituximab), bien que les rechutes sont généralement la règle. [11]

SYNDROME HÉMOLYTIQUE ATYPIQUE URÉMIQUE

Le PTT et le SHU / SHU atypique sont également des facteurs importants dans l'évaluation des femmes enceintes atteintes de thrombocytopénie. À l'instar de la prééclampsie et du syndrome HELLP, il s'agit de troubles multisystémiques associés à des taux élevés de morbidité et de mortalité en l'absence de traitement approprié. Une atteinte microvasculaire et une agglutination plaquettaire entraînant une thrombocytopénie et une anémie hémolytique microangiopathique sont les caractéristiques pathologiques du PTT et du SHU. Ce sont des conditions rares dans l'ensemble, mais l'incidence de ces deux

augmentent pendant la grossesse. [12] En fait, dans le cas du PTT, les estimations suggèrent qu'environ 10% des cas surviennent chez les femmes enceintes ou en post-partum. [13]

THROMBOCYTOPÉNIE IMMUNITAIRE PRIMAIRE (PTI)

Bien que la **thrombocytopénie immunitaire primaire** (également connue sous le nom de purpura thrombocytopénique idiopathique PTI) se manifeste par une thrombocytopénie et un purpura, la physiopathologie sous-jacente est distinctement différente du PTT. Le PTI est une mamadie auto-immune acquise caractérisée par une thrombocytopénie isolée et se produit souvent en l'absence de tout précipitant identifiable. [14], [15] Les concepts actuels dans la pathogenèse de la thrombocytopénie dans le PTI comprennent la destruction immunologique des plaquettes et avec une production faible de plaquettes. [14] Heureusement, le PTI est auto-limitant dans la plupart des cas et répond bien au traitement par les corticoïdes, les immunoglobulines intraveineuses (IgIV), les immunoglobulines anti-D (anti-D), le rituximab ou les agonistes des récepteurs de la thrombopoïétine (TPO-RAs). [16]

Le PTI peut se révéler ou s'aggraver à l'occasion d'une grossesse. [2] Il n'y a pas de risque de thrombopénie foetale et le risque hémorragique chez la mère est identique à celui observé en dehors de la grossesse. Un traitement est nécessaire uniquement en cas de syndrome hémorragique ou en cas de thrombopénie inférieure à 20–30 G/L, surtout à l'approche du terme. En l'absence de complication obstétricale, l'accouchement a lieu par voie basse. Un taux de plaquettes supérieur à 75 G/L est nécessaire pour la réalisation d'une anesthésie péridurale. Il existe un risque de thrombopénie néonatale transitoire qui doit toujours être dépistée et qui justifie une transfusion de plaquettes et l'administration d'immunoglobulines chez le nouveau-né dans les formes les plus sévères.

Les options de traitement [3] sont généralement similaires à celles des patientes non enceintes atteintes de PTI : si < 10,000 / µ, la transfusion plaquettaire pour éviter une hémorragie menaçant le pronostic vital, si 10 000-30 000 / µ, une surveillance au premier trimestre; un traitement dans le deuxième ou troisième trimestre, si > 30 000 / µL une surveillance clinique et biologique.

Les transfusions de plaquettes sont réservées aux saignements potentiellement mortels car la durée de vie des plaquettes transfusées est généralement courte dans le PTI. Les glucocorticoïdes sont considérés comme un traitement de première intention. La prédnisone est généralement initiée à 1 mg / kg en fonction du poids de base de la patiente. Les effets secondaires de la prednisone doivent être discutés avec la patiente et comprennent la prise de poids, la perte osseuse, l'hypertension et le diabète gestationnel. Les IgIV peuvent également être utilisés. C'est un moyen d'augmenter rapidement la numération plaquettaire. Il est particulièrement utilisé pour aider à augmenter la numération plaquettaire quelques jours avant l'accouchement. 61 Il est généralement administré à une dose de 2 g / kg sur 2 jours. Cependant, l'amélioration de la numération plaquettaire est assez transitoire. La splénectomie est également une option indiquée pour la thrombocytopénie réfractaire; il est préférable de l'effectuer pendant le deuxième trimestre.

D'autres agents, tels que le danazol, le cyclophosphamide et le vinca-alcaloïde, bien que utilisés dans le traitement du PTI chez les femmes non enceintes, sont tératogènes et doivent être évités pendant la grossesse. [17]62 L'utilisation du cyclophosphamide a été associée à des anomalies congénitales. Le danazol peut provoquer une hypertrophie du clitoris et une fusion labiale chez le fœtus de sexe féminin lors de son premier trimestre. [18], [19] L'utilisation de rituximab n'a jamais été systématiquement étudiée dans ce contexte et est considérée comme un médicament de classe C pour la grossesse. Bien qu'il existe des rapports de cas d'utilisation, cela n'est généralement pas recommandé dans ce cas. Les données animales indiquent que les agents mimétiques de la thrombopoïétine peuvent nuire au fœtus et que leur utilisation chez les femmes enceintes est peu connue. Un registre a été mis au point pour les patientes enceintes traitées par des agents mimétiques de la thrombopoïétine.

Les IgG antiplaquettaires maternelles peuvent traverser le placenta et provoquer une thrombocytopénie chez les fœtus. Le prélèvement de sang ombilical percutané est le moyen le plus précis pour obtenir la numération plaquettaire fœtale. Cependant, la procédure est associée à un taux de complications élevé et à une mortalité foetale de 1%. [20] L'échantillonnage intrapartum du cuir chevelu fœtal représente une alternative, mais la précision de cette technique n'est que de 50% à 70%. La numération plaquettaire et les anticorps antiplaquettaires chez la mère ne permettent pas de prédire avec précision la numération plaquettaire chez le fœtus. Dans l'ensemble, 10% des bébés nés de mères atteintes de PTI ont une numération plaquettaire inférieure à 50 000 / µL, mais moins de 5% ont une numération plaquettaire inférieure à 20 000 / µL. [21] Le traitement des femmes enceintes avec des IgIV ou des stéroïdes ne semble pas affecter le nombre de plaquettes chez le fœtus. [21], [22] La thrombocytopénie expose les nouveau-nés à des risques de saignement, y compris une hémorragie intracrânienne, bien que cette complication soit rare. [23]

En ce qui concerne l'accouchement, à l'heure actuelle, les lignes directrices disponibles sur le sujet suggèrent que les facteurs obstétricaux, plutôt que hématologiques, devraient guider le mode d'accouchement. Après la naissance de l'enfant, la numération plaquettaire du sang du cordon ombilical est vérifiée et la numération plaquettaire du nouveau-né est suivie car la thrombocytopénie est souvent plus sévère 4 à 6 jours après l'accouchement et disparaît lorsque les IgG antiplaquettaires maternelles sont éliminées.

COAGULATION INTRAVASCULAIRE DISSÉMINÉE

La CIVD chez les femmes enceintes peut se produire dans divers contextes cliniques, y compris le syndrome HELLP, TTP-HUS, décollement placentaire, embolie amniotique, rupture utérine, mort foetale intra-utérine, septicémie, avortement électif et la stéatose hépatique aigüe gravidique.

CONCLUSION

Bien que la thrombopénie n'est pas une situation rare pendant la grossesse, son évaluation est essentielle pour écarter tout trouble systémique susceptible d'affecter la prise en charge de la grossesse, à moins que d'autres anomalies hématologiques ne soient présentes.

REFERENCES

[1] LIVRE : Goldman-Cecil Medicine, Charles S. Abrams, Thrombocytopenia, chapter 172, 1159-1167.e2

[2] Deshayes S, Godeau B. Thrombopénies. EMC - Traité de Médecine Akos 2018;13(2):1-11 [Article 4-0080].

[3] LIVRE : Hematology: Basic Principles and Practice, Hematologic Changes in Pregnancy , Caroline Cromwell et Michael Paidas Chapter 151, 2203-2214.e5, Seventh Edition Copyright © 2018 by Elsevier

[4] Belien Y: Safe epidural analgesia in thirty parturients with platelet counts between 69,000 and 98,000 mm. Anesth Analg 1997; 85: pp. 385

[5] Belfort MA, Anthony J, Saade GR, et al: A comparison of magnesium sulfate and nimodipine for the prevention of eclampsia. N Engl J Med 2003; 348: pp. 304

[6] 105. Chames MC, Livingston JC, Ivester TS, et al: Late postpartum eclampsia: a preventable disease? Am J Obstet Gynecol 2002; 186: pp. 1174

[7] Varol F, Aydin T, and Gucer F: HELLP syndrome and postpartum corticosteroids. Int J Gynaecol Obstet 2001; 73: pp. 157

[8] Forster JG, Peltonen S, Kaaja R, et al: Plasma exchange in severe postpartum HELLP syndrome. Acta Anaesthesiol Scand 2002; 46: pp. 955

[9] Moake JL. Thrombotic microangiopathies. N Engl J Med 2002; 347:589–600

[10] Hay-Smith G, Sagoo MS, Raina J. Fatal thrombotic thrombocytopenic pupura presenting with choroidal vasculopathy and serous retinal detachment. Eye (Lond) 2006;20:982–4

[11] Blombery P, Scully M. Management of thrombotic thrombocytopenic purpura: current perspectives. J Blood Med 2014;5:15–23. Review.

[12] Proia A, Paesano R, Torcia F, et al: Thrombotic thrombocytopenic purpura and pregnancy: a case report and a review of the literature. Ann Hematol 2002; 81: pp. 210

[13] Elliott MA, and Nichols WL: Thrombotic thrombocytopenic purpura and hemolytic uremic syndrome. Mayo Clin Proc 2001; 76: pp. 1154

[14] Neunert C, Lim W, Crowther M, et al. American Society of Hematology. The American Society of Hematology 2011 evidence-based practice guideline for immune thrombocytopenia. Blood 2011; 117:4190–207. Review.

[15] Neunert CE. Current management of immune thrombocytopenia. Hematology Am Soc Hematol Educ Program 2013;2013:276– 82. Review.

[16] Sandra Liakopoulos, Florian M.A. Heussen, SriniVas R. Sadda, Coagulopathies, Retinal Vascular Disease, LIVRE Ryan's Retina, Sixth Edition, chapter 63, 1240-1245, © 2018, Elsevier Inc.

[17] Clines DB, and McMillan R: Management of adult idiopathic thrombocytopenia purpura. Annu Rev Med 2005; 56: pp. 425

[18] Temprano R: Antirheumatic drugs in pregnancy and lactation. Semin Arthritis Rheum 2005; 35: pp. 112

[19] Duck SC, and Katayama KP: Danazol may cause female pseudohermaphroditism. Fertil Steril 1981; 35: pp. 230

[20] Stamilio DM, and Macones GA: Selection of delivery methods in pregnancies complicated by autoimmune thrombocytopenia: a decision analysis. Obstet Gynecol 1999; 94: pp. 41

[21] Bessho T, Ida A, Minagawa K, et al: Effects of maternally administered immunoglobulin on platelet counts of neonates born to mothers with autoimmune thrombocytopenia: re- evaluation. Clin Exp Obstet Gynecol 1987; 70: pp. 334

[22] Karpatkin M, Porges RF, and Karpatkin S: Platelet counts in infants of women with autoimmune thrombocytopenia: effect of steroid administration to the mother. N Engl J Med 1981; 305: pp. 936

[23] Payne SD, Resnik R, Moore TR, et al: Maternal characteristics and risk of severe neonatal thrombocytopenia and intracranial hemorrhage in pregnancies complicated by autoimmune thrombocytopenia. Am J Obstet Gynecol 1997; 177: pp. 149.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 473-479
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La société civile : Naissance et émergence

Rachid Othmani

Professeur vacataire, Faculté des sciences juridiques économiques et sociales, Meknès, Maroc

Copyright © 2018 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 concept of civil society does not have an official definition. It is a fuzzy and controversial concept which, like that of an NGO to which it is often associated, has nevertheless succeeded in becoming generalized, this forming an integral part of the vocabulary of politicians and social actors both in the North and South. is not new nor its meaning has undergone some evolution over time, recently the concept taken on a new dimension with what is commonly called "the emergence of global civil society" as well nowadays when we talk about society civil society refers mainly to NGO and formal or informal popular movements that act as counter-powers to the government. We often speak (civil society organizations) showing the heterogeneity that characterizes it, the evolution of this concept shows the rise of the role of civil society as an actor of international governance.

KEYWORDS: Civil society, emergence, evolution, public opinion, political issues, associations, NGO.

RÉSUMÉ: Le concept de société civile ne dispose pas de définition officielle. C'est un concept flou et controversé qui, comme celui d'ONG auquel il est souvent associé, a toutefois réussie à se généraliser, faisant ainsi partie intégrante de vocabulaire des politiciens et des acteurs sociaux tant en nord que sud. Le terme n'est pas nouveau ni son sens a subi une certaine évolution au fil du temps, récemment le concept pris un nouvelle dimension avec ce qu'on appelle communément « l'émergence de la société civile mondiale » ainsi de nos jours quand on parle de société civile on fait référence principalement aux ONG et aux mouvements populaires formels ou informels qui s'érigent comme des contre-pouvoirs face au gouvernement.
On parle souvent (des organisations de la société civile) montrant par l'hétérogénéité qui la caractérise, l'évolution de ce concept montre la montée en puissance du rôle de la société civile en tant qu'acteur de gouvernance internationale.

MOTS-CLEFS: Société civile, émergence, évolution, opinion public, enjeux politiques, associations, ONG.

1 INTRODUCTION

La société civile est un concept controversé attendu qu'il regroupe les organisations, les associations, et les groupes qui ne dépendent ni de l'état ni de l'activité économique. Ce concept a réussi à se généraliser faisant aussi partie intégrante du vocabulaire des politiciens et des acteurs sociaux. Andrew Arato et Jean Cohen la définissent comme : « un espace d'interaction sociale entre l'économie et l'état », c'est pourquoi on emploie parfois l'expression de'' tiers secteur''.

Le sens du terme « société civile » a évolué durant son histoire, ainsi pour Aristote il y a une confusion entre l'Etat et la société civile, vu que pour lui, le terme de polis (la cité) et celui de Koinonia politiké, expression qui peut être traduite par « communauté politique » ou « Société civile » Saint augustin de sa part, a opposé la cité de Dieu à la cité des hommes, mais il n'a pas fait, de distinction entre la société et l'Etat. Pour les philosophes contractualistes, à l'instar de jean Lock et thomas Hobbes la société civile se définit par rapport à l'état de nature et pas en opposition avec l'organisation politique.

C'est avec le philosophe allemand Hegel Friedrich que la notion de société civile et pour la 1er fois, commence à être perçue comme une réalité distincte de l'état et c'est au cours du 19eme siècle qu'elle sera détachée de la sphère économique.

Dans les anneés70, le terme a subi une renaissance et apparaît dès lors à un ''instrument'' d'analyse du développement politique des pays du sud. Une décennie plus tard, il s'impose véritablement sur la scène internationale.

Plus récemment, le concept a pris une nouvelle dimension avec ce qu'on appelle communément : ''l'émergence'' de la société civile mondiale ''le forum social mondial crée à porto Allègre au Brésil dès 2001 illustre bien ce phénomène. L'intérêt donc est de dire que cette société civile se développe alors aux quatre coins du monde constituant de manière générale un élément de contestation face à la mondialisation néolibérale et/ou pouvoir dominant. C'est le cas du printemps arabe qui atteste du pouvoir et du rôle joue par la Sté civile, en particulier par les mouvements pacifistes de citoyens.

Plusieurs texte relatifs au droit in international comme la convention d' Aarhus, la charte d'Alborg ou encore l'Agenda21 ont contribués à enrichir le débat démocratique une rôle de la société civil an tant qu'acteur da la gouvernance internationale.

Comment ce concept à émerger depuis Hegel à nos jours ?et quels sont les enjeux et les acteurs favorisant l'émergence ?

2 ÉMERGENCE DU CONCEPT SOCIÉTÉ CIVILE

Friedrich Hegel, est le premier à penser la société civile comme un ensemble de relations distincts de l'organisation politique de l'Etat proprement dite cette conception de la société civile reste encore largement confondue avec l'économie, de laquelle elle mettra encore un certain temps à s'autonomiser.

2.1 LE CONCEPT DE SOCIÉTÉ CIVILE CHEZ HEGEL

Le philosophe Allemand Hegel a développé, sa conception de la société civile et de ses rapports avec l'Etat, dans les principes de la philosophie du droit (1821).

Ainsi et pour ce qui est de **la société civile**, Hegel commence sa réflexion à partir de l'individu et de sa liberté, cette dernière ne peut être résumé totalement parce qu'il appelle ''la liberté négative''- qui veut dire la volonté de satisfaire immédiatement ses désirs égoïstes – qui n'est qu'arbitraire et soumission à la nature, et est donc le contraire de'' la liberté concrète''.

Celle-ci ne peut être comprise que comme libre arbitre, c'est à dire comme volonté exerçant une réflexion libre basée sur la raison. Or, la raison étant universelle, la liberté du sujet est en conséquence constituée par la réunion de 2 éléments contradictoires : la recherche de la **réalisation des intérêts prives** d'une part, et **l'usage de la raison** d'autre part, qui, permet au sujet de reconnaître que ses intérêts privés ne peuvent s'accomplir pleinement sans la réalisation de l'intérêt universelle, pour surmener cette contradiction, l'individu doit sortir de lui-même et chercher une médiation entre sa subjectivité particulière et l'objectivité universelle. cette médiation se réalise à travers trois éléments logiquement articulés dans (le vocabulaire Hégélien: la famille, la société civile et l'Etat,).

La société civile ainsi est placée à un moment donné, entre la famille et l'Etat. Il comprend elle-même trois moments : un « système des besoins », qui correspond à l'activité économique ; une institution chargée de faire respecter de droit de propriété nécessaire à l'activité économique, la justice ; des organisations chargées de canaliser les intérêts privés et de réguler leurs oppositions, les corporations et l'administration.

Ainsi dans l'activité économique, l'individu cherche la réalisation de ses intérêts particuliers, et pour cela il doit entrer en relation avec ses semblables. si la sphère économique est dominée par le besoin, est elle aussi le lien d'une progression de l'individu vers l'universel, puisque la division du travail et l'organisation de la production se font en fonction de principes abstraites. Mais elle est également le lieu des conflits d'intérêts et des contradictions des classes. la division du travail entraine en effet une spécialisation des différents groupes sociaux participants ou processus de production. Cette division est source de désordre, d'où la nécessité de l'institution judicaire vouée à sanctionner toute violation de la personne ou da la propriété.

Il est certain que la droit de l'individu (à subsister et aussi ou bien être) doit être garantit dans la temps et l'espace, c'est pourquoi la présence d'une administration s'avère nécessaire pour faire régner les règlementations qui sont supérieures aux intérêt des parties, et ce pour faire respecter le droit. Enfin, la corporation qui est une institution relative à un corps de métier, pour s'autoréguler, sous la surveillance de l'administration. Pour ce qui est des rapports de la société civile avec l'Etat, cette dernière selon la philosophie hégélienne, est l'incarnation de la raison universelle et le lieu d'épanouissement de la liberté des citoyens. il édicte les lois conformes à l'intérêt universel et qui permettent de réguler la société et d'arbitrer les conflits. L'Etat est ainsi la condition, à l'existence de la société civile, qu'il précède historiquement et logiquement.

Historiquement, l'Etat et la famille ont existé avant la société civile, dans la république Roumaine, logiquement, l'Etat est nécessaire à la société civile, car sans lui elle sombrerait, victime des conflits que font naitre ces propres contradictions Hegel ne croit pas en la théorie da la main invisible formulé par Adam Smith ;pour lui l'économie est incapable de s'autoréguler. Sa

tendance naturelle est de creuser les écarts de richesse, jusqu'à un point où il devient impossible à supporter par la société qui s'effondre sous la violence des antagonismes entre classe. Grâce à l'Etat, ces conflits sociaux trouvent une solution politique.

Mais la philosophie hégélienne est un idéalisme, son objet n'est pas le monde réel mais celui des idées dont Hegel pense que le destin est de s'incarner dans le réel. L'objet de sa réflexion n'est donc pas l'Etat tel qu'il est, dans **l'idée d'Etat**, est donc ce qui revient au même pour lui-l 'Etat tel qu'il va devenir. Pour lui cet Etat doit être une monarchie constitutionnelle, dans laquelle les fonctionnaires recrutés exclusivement en fonction de leurs compétences, sont garants de l'universel et de la marche rationnelle des affaires publiques. Ces fonctionnaires prennent connaissance des intérêts des sociétés civiles en consultant les représentants des corporations réunies dans les assemblées consultatives appelées « les Etats » (stand). ce système consultatif leur permet de tenir compte des intérêts privés dans leurs décisions et de concilier ainsi le particulier et l'universel. Enfin, le souverain héréditaire est chargé d'incarner la continuité de l'Etat et de prendre la décision définitive après que les fonctionnaires ont consulté les intérêts organisés et élaborer des projets de loi. la plupart des commentateurs de Hegel on fait remarquer de cette Etat idéal à venir présentait bien des similarités avec l'Etat prussien dans lequel le philosophe vivait.

Du faite de l'idéalisme et du caractère dialectique de sa méthode, la séparation que Hegel institue entre l'Etat, la société est une séparation logique : l'Etat ne peut avoir pour but de protéger la vie et la propriété des individus, car ce serait le maitre au service des intérêts individuels. Il ne saurait avoir d'autre objectif que la réalisation de l'intérêt universel, et c'est donc à la société civile qu'incombe la tache de veiller à la sécurité des personnes et des bien, à travers les corporations, la justice et l'administration.

Si Hegel détache ces deux dernières institutions, ce n'est donc pas en raison d'une quelconque autonomie légale ou organisationnelle, mais parce qu'elle ne réponde pas à la même nécessité logique que l'Etat. Celui-ci est nécessaire au citoyen, non pas parce qu'il en assurait la protection, mais parce qu'il lui permet d'accéder à l'universelle.

2.2 LA CONCEPTION CONTEMPORAINE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

La naissance de la conception de la société civile comme espace spécifique doit être mise en relation avec le processus de construction de l'Etat. A mesure que celui-ci se détache de la société, il faut bien trouver un nom à ce qui reste en dehors de cette nouvelle entité. De la même manière, l'autonomisation du champ des activités économiques par rapport a l'ensemble des activités sociales va progressivement amener une conception de la société civile se définissant par opposition non seulement à l'Etat, mais également à l'économie.

2.2.1 LA SOCIÉTÉ CIVILE COMME LIEU DE L'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE

La critique de la philosophie hégélienne entreprise par Karl Marx repose un renversement du terme. En effet, pour Marx, l'Etat ne précède pas la société civile, et n'en est pas une condition nécessaire. Il est au contraire le produit des contradictions à l'œuvre dans une société civile. Cette dernière est en effet divisée en deux classes antagonistes aux intérêts absolument inconciliables : la bourgeoisie et le prolétariat bien loin de garantir l'intérêt universel, l'Etat est un instrument au service des intérêts de la bourgeoisie : son rôle est de concilier les intérêts divergents non pas des différentes classes, mais uniquement des diverses fractions da la classe dominante. Par Ailleurs, l'Etat exerce une fonction de répression contre le prolétariat, à travers l'armée et la police qui défendent les intérêts collectifs des exploiteurs contre les exploités.

Pour MARX, l'Etat s'est détaché de la société civile à mesure que celle-ci se divisant en classes. Dans cette vision du monde, la politique est dépendante des rapports de force qui divisent la société civile entièrement avec le monde des activités économiques.

Cette conception Hégeliano-Marxiste d'une société civile, correspond grosso modo à la sphère économique est en fait tributaire des conceptions Economiques de débuts de XIX^{e} siècle marquées par l'utilitarisme anglais et les théories développées par l'économiste écossais Adam Smith pour ce dernier, le développement des échanges marchands a en effet modifié l'ensemble des relations humaines, en permettant aux hommes de nouer entre eux des associations volontaires et non exclusives, contrairement aux communautés du moyen Age, fondées sur les liens du sang, la profession aux (bien souvent héréditaire) ou les rapports de suzeraineté.

L'essor du commerce a ainsi rendu possible l'émergence d'un ordre économique et social d'une société nouvelle créée par et autour de l'activité Economique : la société commerçante.

2.2.2 LA SÉPARATION AVEC L'ÉCONOMIE

La conception contemporaine de la société civile, comme lien séparé à la fois de l'Etat et de l'économie a commencé à émerger sous la plume d'Alexis de Tocqueville en effet, et bien qu'il n'utilise jamais le terme, celui-ci a produit une description et une théorisation de la démocratie qui correspond en bien des points à la conception que nous nous faisons de la société civile.

(Dans la démocratie en Amérique, il décrit la démocratie tel qu'il l'a vue fonctionner aux Etat Unis, lors d'un séjour d'un an qu'il y avait effectuer en 1831, il observe notamment que la conception dominante de l'individu y est celle d'atomes isolés les uns des autres, qui ne serait s'associes que volontairement. dès lors, la forme associative est appelée a joué un grand rôle dans cette démocratie, les associations ayant vocation à maintenir le lien social que l'activité économique tend à défaire de par les inégalités qu'elle engendre. par ailleurs, aux Etats-Unis, **l'opinion publique** constitue selon Tocqueville un « pouvoir social » que la société exerce sur elle-même. on voit ainsi apparaitre dans la littérature politique deux des éléments que l'on retrouvera plus tard sous la plume des théoriciens de la société civile : le rôle du secteur associatif – distinct de l'activité économique, et obéissant même le plus souvent à une logique opposée -et le poids de l'opinion publique dans la vie démocratique.

Mais c'est seulement au début de XX^{e} siècle avec le philosophe italien Antonio Gramsci (1891-1937), que l'expression de société civile est utilisée pour la 1^{ere} fois dans son sens actuel. Pour ce théoricien du marxisme, la Ste civil est en effet le lieu dans lequel les institutions culturelles (Eglises, écoles, universités, médias) diffusent l'idiologie d'Etat. De son point de vu, la fonction de la société civile est donc d'obtenir le consentement des dominés à un ordre social injuste (c'est ce qu'il appelle (**Hégémonie** idéologique). son rôle est donc complémentaire de celui, répressif, de (la Ste politique) (armée, police, tribunaux) ; une société civile forte permet ainsi de diminuer la nécessite pour l'Etat de recourir à la force physique contre les dominés.

3 LA SOCIÉTÉ CIVILE : CONCEPT A GÉOMÉTRIE VARIABLE

Devenue très importante dans les discours politiques et médiatiques depuis la fin des années 1980, la notion de société civile est devenue un **enjeu politique** important engageant notamment de puissants intérêts financiers.

Ainsi au cours des années 1990 l'idée selon laquelle l'existence d'une société civile serait une condition indispensable à la transition démocratique s'impose très rapidement. Ainsi liée à la démocratie, cette notion devient un instrument de légitimation dans les discours de nombreux acteurs, a commencé par les bailleurs de fonds internationaux qui commence à conditionner les aides au développement à la situation de la société civile dans les pays qui ont bénéficient.

3.1 SOCIÉTÉ CIVILE :TRANSITION DÉMOCRATIQUE ET LÉGITIMATION

La « résurgence » du concept du société civile à partir de la fin des années 1980 intervient dans un contexte de crise des grands modèles politico-économique qui dominaient la vie des Etats depuis la fin de la Seconde guerre mondiale : le Keynésianisme en occident, le socialisme soviétique à l'Est et le développe mentalisme dans le reste du monde.

Au cours des années 1960 et 1970, suite à la décolonisation des pays du sud, les Etats nouvellement crées se lancent dans d'ambitieuse politiques de développement autocentré. A cette époque, le développement économique est très largement perçu comme un processus linaire qui se répèterait partout à l'identique. Cette vision est exprimé et développé par l'économiste américain Walt Whitman ROSTOW, qui publie en 1960 *les étapes de la croissance economique*. il y décrit 5 étapes à travers lesquelles passeraient toutes les sociétés depuis leurs forme traditionnelles, avant de devenir des sociétés industrielles. A cette époque, dans le sillage de **Seymour Martin Lipset,** les politistes tachent d'identifier les **prérequis** essentiellement économiques nécessaires à une société pour qu'elles deviennent une démocratie. l'autoritarisme est alors souvent perçu comme un mal nécessaire capable de faire sortir les sociétés de sous-développement économique, ce qui leur permettra dans un stade ultérieur de ce démocratiser.

Au cours des années 1980, la crise de surendettement que connaissent la plupart des Etat de tiers- monde achève de discréditer ce modèle, déjà largement critiqué par les théoriciens de la dépendances.

Parallèlement, le rôle joué par les Eglises, les intellectuels dissidents et le puissant syndicat polonais Solidarnosc dans **la chute des régimes communistes** en Europe de l'est met la notion de la société civile sur le devant de la scène dès le début des années 1990. l'idée commence alors à se répandre, parmi les **transitologues,** que le développement de la société civile passant notamment par le développement d'un tissu associatif et l'action des ONG serait la clef du passage à la démocratie. Enfin, en Occident, **la crise des partis** et la baisse du taux de syndicalisation attirent l'attention des chercheurs et des journalistes sur les nouvelles formes d'engagement souvent moins exigeantes et passant par des mouvements organises en réseaux. La révolution des moyens de communication et la prise de conscience croissante qu'il existe désormais des enjeux sociaux dépassant les

frontières des Etats (environnement, migrations, etc.) ont conduit à une transnationalisation des organisations de la société civile qui a achevé de conférer à ces dernières l'image de forme d'action en prise avec leur époque.

Il découle de cette image de la société civile comme vecteur de la démocratisation un fort potentiel de légitimation associé à ce terme. Depuis la fin des années 1970, les associations et ONG sont par ailleurs amenés à jouer un rôle croissant dans le développement économique des pays du Sud.

En effet, dans un contexte ou l'Etat se replie sur ses activités régaliennes et où le marché –limité par la nécessité de réaliser des bénéfices – ne peut prendre en charge toutes les missions qui incombaient autrefois à ce dernier, la société civile, de par sa position intermédiaire entre ces deux entités, est appelée à **jouer un rôle dans les services à la population.** Si cette situation renforce évidemment la légitimité attachée au label « société civile », elle entraine néanmoins un certain nombre d'**effet pervers**.

Les bailleurs de fonds internationaux cherchent en effet de plus en plus à contourner les Etats en finançant directement des organisations de la société civile, afin qu'elles assurent auprès des populations des missions de service public abandonnés par l'Etat du fait des politiques de libéralisation et de privatisation entreprises depuis les années 1970 sous l'égide des institutions financières internationales.

Dans ce contexte, les organisations de la société civile sont instrumentalisées pour achever de faire reculer l'Etat hors des sphères sociales et économiques. Inversement, cette manne financière suscite la création d'associations diverses et variées sous l'égide d'agents de l'Etat reconvertis ou d'hommes d'affaires proches des pouvoirs, afin que ces structures puissent bénéficier du label de la « société civile », et profiter ainsi des bénéfices financiers qui y sont associées il découle de cette situation que le contenu de l'expression société civile, floue par nature varie fortement d'un acteur à un autre, en raison des intérêts qui y sont associées.

3.2 LA SOCIÉTÉ CIVILE CONCEPT CONCURRENTIELLE

Si la notion de Sté civile a des frontières mouvantes, il est néanmoins possible d'en dégager un noyau dur dont la définition est largement consensus ; il s'agit de l'espace associatif. Les autres composantes de la société civile –communautés religieuse, syndicat, groupe d'intérêt –font de leur côté toujours débat.

3.2.1 LES ONG ET ASSOCIATIONS

La sphère associative constitue le cœur même de la Sté civile, ou elle occupe une place quasiment paradigmatique. Les associations sont en effet par nature des organisations aux quelles **l'adhésion est à la fois volontaire et non exclusive.** Leur caractère non lucratif les met par ailleurs en retrait de la sphère économique, explique pourquoi ils sont exemptés d'impôts par la législation de nombreux pays. si la forme associative ne parait familière aujourd'hui la plupart des législations encadrant les associations –comme la fameuse loi de 1901 en France-datent seulement du 20eme siècle, ce qui n'est pas surprenant si l'on songe que le siècle précèdent la société civile ne s'était pas encore vraiment détache de la sphère économique.

3.2.2 LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES (ONG)

S'apparente à des associations, dans la mesure ou leur but est non lucratif. Mais alors que les association peuvent recevoir des fonds publics, voire être créées par les pouvoirs publics, et qu'ils peuvent poursuivre n'importe qu'il objectif-à l'exception de celui de faire de bénéfices -, le terme d'ONG est en revanche réservé par l'usage à des organisations financé par des **fonds privé** et interviennent soit dans le domaine **humanitaire** ONG de développement ou organisation caritatives, soit dans le domaine du plaidoyer (action en faveur des droit de l'Homme, de l'entérinement, etc…).

Les associations et les ONG peuvent avoir des objectifs ou des **intérêts contradictoires** avec ceux d'autres associations ou ONG : les association féministes peuvent se trouver opposées à des ONG a base religieuse, les associations pacifistes être confrontés des associations de chasseurs ou de tire sportifs, ONG de développement et organisations de défense des droits de l'Homme être en désaccord quant à l'attitude à adopter vis-à-vis de tel ou tel régime, etc…on se retrouve ainsi un nouveau dans un schéma Hégélien ou l'Etat doit jouer un rôle dans les tentatives de faire émerger un intérêt général depuis cette profusion d'intérêt particulier parfois contradictoire et conflictuels.

3.2.3 LES AUTRES COMPOSANTES DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

Quant aux autres formes d'organisations peuvent prétendre au label « Sté civile », la question de leur éventuelle inclusion à cet ensemble flou et même **conflictuel**. Selon leurs position respective, les acteurs vont avoir tendance à adopter une définition de la société civile qui inclue les organisations les plus proches de leur propre domaine d'intervention, et exclut celles qui en sont le plus éloignées. Ainsi, les acteurs étatiques ont pour habitude de considérer les partis politiques et les collectivités territoriales comme les organisations de la société civile. Les acteurs économiques y incluent plus volontiers les organisations patronales, les chambres de commerce et les entreprises engagées dans le d développement, et acceptent plus difficilement d'y inclure les syndicats.

De leur côté les institutions les plus traditionnelles englobent les familles, les Eglises et les différentes communautés religieuses à leur définition de la société civile. Si personne ne conteste l'appartenance des associations et des ONG à l'univers de la société civile, les militants de ces organisations ont plutôt intérêt à en défendre une définition restrictive ' afin d'en préserver l'indépendance par rapport au monde politique de l'économie et de la religion.

Face à ces enjeux de classement, les sciences sociales peinent à fournir une classification qui ne serait ni trop restrictive (ce qui reviendrait à prendre parti), ni trop large (au risque de dissolution de la pertinence du concept), et qui tiendrait compte des contextes locaux. Les différents types d'organisations évoquées ici n'ont en effet pas la même place ni la même histoire d'une société à l'autre, ce qui influe bien entendu sur leur légitimité à revendiquer leur appartenance à la société civile. Cette diversité des expériences nationales expliquent par exemple pourquoi les chercheurs anglo-saxons définissent avant tout la société civile par l'absence de but lucratif- ce qui les amène dans certains cas à en exclure coopératives, mutuelles et syndicats- Alors que les chercheurs continentaux mettent en avant le « critère de solidarité » et ont tendance à définir les organisations de la société civile par rapport à leurs objectifs plutôt que par la spécificité de leur modèle économique.

4 CONCLUSION

L'évolution de l'idée de société civile et la manière dont celle-ci défit les concepts classiques des relations internationale, ces dernières étant entendu comme centré sur les relations entre les États, les interprétations courantes de la société civile la considèrent avant tout une catégorie de l'espace public intérieur. Elles privilégient certaines institutions – marchés, mouvements sociaux, cultures – qui de fait ont largement déterminés par les conditions locales.

Pourtant tout espace politique intérieur, tout Etat-Nation, est aujourd'hui exposé à des facteurs extérieurs qui peuvent remettre en question sa capacité à fournir un cadre de relations humaines civiles. L'idée de société civile ne peut guère se suffire à elle-même dans la tache de développer une politique démocratique viable et durable dans le Sud, ni même en être une « clé » fondamentale. Il vaut mieux y voir quelque chose qui complique le débat politique qui intègre toute une série d'idômes historiques visant à établir un ordre politique légitime. Retrouver ses formes multiples et baroques dans l'histoire de la pensée politique occidentale peut aider à comprendre pourquoi le projet de construire et de maintenir la démocratie se heurte à tant d'obstacles pourquoi il ne saurait simplement consister à introduire la compétition électorale ou la concurrence marchande.

En étant plus attentif à la trajectoire historique de ce concept, on peut identifier un certain nombre de conditions (pas toujours exprimables en termes institutionnels et qui, lorsqu'elles existent ne sont réunies que de manière précaire) nécessaire pour crier et entretenir les relations humaines civiles tant dans les sociétés en développement que dans les sociétés développées.

La société civile constitue un espoir pour les citoyens d'influencer les décisions qui affectent leurs vies.

REFERENCES

[1] ARATO Andrew and Jean COHEN, Civil Society and Political Theory, MIT Press, 1992.
[2] COLAS Dominique, Sociologie politique, Quadrige /PUF, 2006.
[3] GRAMSCI Antonio, Ecrits politiques, 3 vol, Gallimard 1974-1980
[4] HEGEL George W. F Phénoménologie de l'esprit Vrin 2006
[5] HEGEL George W. F. , Principes de la philosophie du droit, Gallimard, 1997.
[6] HYPPOLITE Jean introduction à la philosophie de l'histoire de Hegel, Seuil 198
[7] JARCZYK Gwendoline, Science de la logique Hegel Ellipses 1998
[8] KESLASSY Eric, Lire Alexis de Tocqueville. De la démocratie en Amérique. Pour une sociologie de la démocratie, Ellipses, 2012.

[9] KHILNANI Sunil, « La société civile, une résurgence », Critique internationale, n) 10, 2001.
[10] KOJEVE Alexandre, Introduction à la lecture de Hegel, Gallimard 1997
[11] LIPSET Seymour M, Political Man : The social Bases of politics, Doubleday 1960
[12] MARX KARL, Contribution à la critique de la philosophie du droit de HEGEL, ALLIA, 1998.
[13] PICHET Eric, Adam Smith, Le père de l'économie, Le Siècle 2003
[14] PLANCHE Jeanne, Société civile : un acteur historique de la gouvernance, Editions Charles
[15] Léopold Mayer, 2007WEIL Eric, Hegel et l'Etat, Vrin 1974.
[16] ROSTOV Walt W, Les étapes de la croissance économique, Seuil 1962
[17] TOCQUEVILLE Alexis de, De la Démocratie en Amérique, 2 vol, Flammarion, 1993-1999.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 480-488
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La politique de la ville et le développement social : Quelle interaction ?

Rachid OTHMANI

Département droit public, centre des études doctorales, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Copyright © 2018 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: Les problèmes urbains sont une excellente porte d'accès aux problèmes sociaux. Toute action sur la ville est aussi, inévitablement une action sur le social, sur le politique et sur l'économique, du fait qu'elle nécessite la mobilisation de tous ces secteurs et qu'elle modifie la situation existante.
Au fil des années, diverses idéologies se sont greffées sur la question urbaine pour expliquer les causes des dysfonctionnements sociaux, politiques et économiques. Il faut se souvenir que la « recette » conseillé dans les années 60 aux pays du Sud pour sortir de la crise politique était « croissance d'abord, démocratie après », tandis qu'actuellement on parle de « démocratie d'abord, croissance après », cela correspond, en fait très exactement aux objectifs des grandes puissances occidentales.
Cette politique est présentée de façon abusive comme la « one best way » et comme la condition incontournable de la démocratie. La situation urbaine actuelle nous permet de constater ses limites, mais, la construction d'une alternative économiquement crédible et socialement responsable se heurte à des difficultés idéologiques importantes et, reste, souvent prisonnière des vieilles recettes imposées.

KEYWORDS: Politique de la ville, exclusion sociale, évaluation, gouvernance, stratification, ségrégation, intégration, développement sociale.

1 INTRODUCTION

« Les grandes choses de l'Etat sont tombées les petites seules sont debout, triste spectacle public, on ne songe plus qu'a soi, chacun se fait sans pitié pour le pays, une petite fortune particulière dans un coin de la grande infortune publique ». **Victor Hugo, Ruy Blass 1838.**

Triste constat qu'établit Victor Hugo, dans cette formule, triste et pourtant inscrit dans le temps, triste mais malgré tout réaliste, triste mais démontrant l'ambition de l'Homme public à agir comme un dénonciateur des maux affectant la société ensemble.

Le manque de prise en considération par les pouvoirs publics se voit proclamé comme l'étendard d'une fraction de la population, déconsidérée oubliée. La constitution des grands ensembles à la marge de la ville entame la phase d'isolement de nombreuses populations.

Cette population de seconde zone gronde, elle s'ennuie, elle s'influence dans les étiquettes pesantes, luttant contre une société qui l'oubli. Elle cherche à se faire entendre, d'où les conflits politiques, les fractures sociales, la crise de l'Etat providence, tous débauches sur l'affaiblissement des structures de sociabilité. L'Etat est impuissant pour imposer ses choix, on assiste à une crise de gouvernabilité.

Les politiques publiques au Maroc, ont marqués leurs insuccès dans la maîtrise des problèmes sociaux. Les expériences en matière de politique urbaine n'ont engendré que des inégalités et des exclusions, de même la politique urbaine n'est pas perçue comme un catalyseur à renforcer surtout dans une société segmentaire et différenciée.

Les quartiers défavorisés sont stigmatisés et sont entrés dans les stéréotypes du « triste spectacle public » quand on veut décrire ces zones isolées, délaissées.

Corresponding Author: Rachid OTHMANI

A ce constat tragique, fruit d'une situation initialement inégalitaire, de conditions. d'intégrations inappropriées, d'erreurs politiques certainement, on semble répondre aujourd'hui par des politiques publiques tels que : l'initiative national de développement humain, la politique de la ville.

Ces politiques veulent être par leurs fins, une thérapie non seulement pour freiner les maux urbains mais aussi à cautionner l'homogénéité d'une multi-culturalité disparate.

Les pouvoirs publics ne sont plus en mesure de faire face à cet urbain oppressant et pollué. Ils ne sont plus capables de saisir les enjeux de la complexité de situations inscrites dans le milieu et le contexte non prometteur.

La confusion des rôles, le manque de coordination entre les acteurs : (Etat- collectivités territoriales- société civile), la multiplicité des centres de décisions, la faiblesse de la capacité de contestation des partis politiques et leur auto-marginalisation dans les sphères du pouvoir, l'absence de l'approche participative dans la prise de décision, ses obstacles parmi d'autres constituent des conséquences incalculables en termes de décision, de gestion et de gouvernance.

Ainsi la machine décisionnelle se trouve grippé d'autant plus que l'autorité chargée de piloter le travail gouvernementale utilise faiblement son pouvoir d'arbitrage et de coordination au profit d'une obsession d'équilibre dans une coalition artificiellement rassemblée.

Les expériences en matière de politique publique urbain au Maroc, été conteuses, désordonnées, trop hasardeuses et finalement peu efficaces on en revient à l'idée « du triste spectacle public » : les politiques de logement sociaux sont là, le ministère de l'habitat et la politique de la ville est là, l'initiative national de développement humain est là,….. Les inégalités également, tout comme le délinquance et l'exclusion sociale.

Les politiques urbaines au sens moderne ont connu leur départ avec le fait colonial. Après 1912 une sorte de discrimination à été exercée contre la population indigène.

L'état critique des quartiers défavorisés de la population en situation d'exclusion nous pousse à nous interroger sur la manière par laquelle l'Etat avait essayé de régler les maux urbains à travers les politique publiques depuis 1912 jusqu'à nos jours, ainsi que les diverses solutions et remèdes que l'Etat a mis en place pour des politiques publiques urbaine efficiente et voir enfin, comment l'évaluation des politique publiques peut être un issu pour un demain meilleur.

Pour cela je vais essayer de répondre à ces questions en mettant l'accent dans une première partie sur les politiques publiques urbaines et la naissance de la stratification sociale et spatiale au Maroc.

Pour voir dans une deuxième partie les politiques publiques misent en place par l'Etat pour assainir la situation désastreuse de la ville et de l'urbain et voir également que les modes d'évaluation des politiques publiques est une condition sine-qua-non à leur réussites.

2 LES POLITIQUES PUBLIQUES URBAINES AU MAROC FACTEURS DE LA STRATIFICATION SOCIALE ET SPATIALE

L'étude des politiques publiques urbains au Maroc, nécessitent d'abord de dire un mot sur ses politiques sous le protectorat. En effet, l'étude de l'action urbaine de la période coloniale se caractérise par sa particularité de reconversion des territoires marocains. C'est une période clé dans la recomposition de l'espace au Maroc. L'industrialisation de ce dernier par le colonisateur a provoqué une émigration massive des ruraux vers la ville en donnant naissance à une nouvelle couche sociale citadine.

La ville qui était marqué pendant plusieurs siècles par son modèle urbain de la médina, a connu la naissance de cités ouvrières et de bidonvilles. Cette situation a engendré une ségrégation spatiale reflétant la nouvelle stratification sociale qui marque le nouveau Maroc.

La négligence à l'égard des attentes de la population va durer jusqu'aux dernières années de la colonisation avant qu'**Ecochard** ne déclare que **« pendant 35ans, on a oublié les marocains »**.

Après le départ de la France, l'Etat marocain n'a pas manifesté une réelle volonté politique pour changer la situation héritée de la période coloniale. Le développement économique et social n'était pas à cette époque une priorité dans son agenda, car le souci principal était l'édification d'un Etat nation Fort.

2.1 LES POLITIQUES PUBLIQUES URBAINES ET LE NAISSANCE DE LA VILLE À PLUSIEURS VITESSES

La politique du protectorat a créé au Maroc une ville à plusieurs vitesses ; une ville européenne pour les nouveaux arrivants au Maroc et des villes à caractère local (ancienne) pour les indigènes sans oublier les habitations anarchiques. Cet éloignement entre les deux populations a engendré un urbanisme racial.

Une politique sélective a été adoptée selon les intérêts du colonisateur. Elle a accordé une importance aux villes littorales notamment l'axe de Casablanca Kenitra en passant par Rabat. Cette partie sera connue par le Maroc utile contre la majorité des autres villes classées inutiles. Portant certaines villes, qui sont à l'extérieur de l'axe Casablanca, Kenitra, ont réussi plus tard à tracer un chemin remarquable pour leur développement local telles que : Marrakech, Agadir et Tanger.

D'autres en revanche, ont perdu leur rayonnement et leur importance qui les marquait à l'époque précoloniale, c'est le cas de Fès et Meknès en particulier.

Après le départ de la France, la ville marocaine n'a pas connu des changements radicaux dans ses structures, les décideurs marocains ont insisté pour conserver ce modèle avec quelque transmutation temporaire, imposés par les agitations sociales. On parle toujours du Maroc utile et Maroc inutile. Et même dans le Maroc utile les écarts entre les catégories sociales et par la suite entre les quartiers sont trop énormes, la structure coloniale des quartiers résidentiels, contre les quartiers ouvriers, les bidonvilles et l'ancienne médina n'est pas supprimée. A l'inverse, ce modèle a été bien confirmée et bien développé.

Jusqu'au début des années quatre-vingt, le développement économique et social des villes n'était pas une priorité dans l'agenda de l'Etat.

Ce dernier avait d'autres préoccupations qui l'empêchaient d'articuler le développement local avec ses préoccupations nationales. L'empêchement résultait de l'édification des grandes institutions politiques dans un contexte marqué par des conflits entre le mouvement national et la monarchie. En deuxième lieu, la décentralisation limitée, instaurée après l'indépendance n'avait pas offert les possibilités aux acteurs locaux de construire leurs villes selon la spécificité de chaque région.

En fait, l'Etat a essayé de garantir la dépendance et la neutralité des villes dominées par la classe citadine du mouvement national, en mobilisant les élites rurales comme un contre poids dans le but de freiner l'expansion de la bourgeoisie urbaine. Le makhzen a essayé d'affaiblir l'omniprésence de cette bourgeoisie notamment dans les villes clés. C'est à dire dans les villes du Maroc utile qui présentent une vitalité au système politique à l'époque au lieu de laisser « les cellules de l'Istiqlal assurer le lien entre les autorité et la population ». Le développement de la ville s'est donc égaré dans ce contexte politique et les problèmes sociaux ne cessaient pas d'augmenter depuis le milieu des années soixante.

Ajoutons à cela les contraintes naturelles (la sécheresse) qui ont obligés la population rurale à fuir la compagne vers la ville dans l'intérêt de chercher une vie meilleure.

Parallèlement à ceux-ci, la politique d'ajustement structurel va obliger l'Etat à abandonner le domaine social en réduisant son rôle entant que régulateur et protecteur des couches fragilisées socialement.

Ce contexte a provoqué des réactions populaires violentes dès les débuts des années quatre-vingt, accueillis par des réponses brutales de la part de l'Etat. L'émeute de 1981 à Casablanca et Tanger 1984 avaient pour effet immédiat d'accélérer le processus de repenser la politique publique de l'Etat à l'égard des villes marocaines.

On peut dire que le Décennie 80, été l'âge d'or du développement de construction des quartiers non réglementaires et de bidonvilles, malgré les efforts déployés par l'Etat par la création du ministère de l'habitat et de l'aménagement du territoire, et le mise en place de certains programmes tel que le projet du développement urbain (PDU) et le programme des petits et moyens bidonvilles, aussi la mise en place de plusieurs établissement pour l'habitat insalubre : **ANHI- ERAC- SNEC.**

C'est dans ce contexte que les politiques urbaines ont échoué malgré les efforts de l'Etat à éradiquer toute les formes d'habitat anarchique. De l'autre côté la catégorie sociale précarisée qui voyaient dans ce système étatique un obstacle devant toute possibilité d'acquérir un « toit » et par la suite de vivre une vie urbaine digne entant que droit de citoyenneté. D'où la naissance de la stratification spatiale et sociale.

2.2 LES POLITIQUES PUBLIQUES URBAINES ET LA NAISSANCE DE LA STARIFICATION SPATIALE ET SOCIALE

Les politiques urbaines, qui ont été adoptés à l'époque coloniale et confirmés implicitement après l'indépendance, ont provoqué un changement remarquable dans les structures sociales et spatiales de la société et du territoire marocain.

En fait la différence entre les couches sociales est devenue trop claire et trop nette et donc cette différence a donné naissance à des frontières visibles entre les quartiers et entre les couches sociales. Il est devenu facile de tracer un schéma spatial de chacune à partir de ses quartiers.

Ces changements dans l'évolution urbaine du Maroc ont pour effet la naissance de plusieurs formes de quartiers qui ne remplissent pas les conditions d'une vie humaine, ni au niveau de l'habitat ni au niveau socio-économique.

Ces quartiers s'identifient en trois catégorie : les médians, les bidonvilles et les quartiers clandestins. Leurs problèmes ne sont pas identiques, pourtant ils partagent une situation d'exclusion urbaine et sociale avec des degrés variables. Il en résulte que la diversité de leurs problèmes établit des rapports avec l'Etat qui oscille entre la force et le dialogue.

D'abord pour ce qui est de la médina il faut signaler que cette dernière est la première forme des quartiers défavorisés qui plongent dans tous les maux citadins. Après plusieurs siècles de gloire constituant un « centre et un symbole du pouvoir de l'Etat : dynastique, princier, impérial, sultanine » la médina retourne vers l'ombre.

La médina a subi un changement socioprofessionnel énorme au niveau de ses structures, car une partie de sa population l'avait quitté pour d'autres espaces plus sophistiqués. Ultérieurement la médina a été envahi par les ruraux qui transportaient un mode de vie rural incompatible avec la spécificité de la médina.

La médina se caractérise aussi par les activités liées à la drogue, la prostitution, et récemment le tourisme sexuel qui est développé notamment à Marrakech. Ces phénomènes parmi d'autres illustrent l'état de pauvreté d'une partie de la population de la médina.

Ensuite, il y a les bidonvilles, qui reflètent une réalité sociale illustré par le niveau de revenus de leurs habitants, ainsi que par les conditions indigènes de leur quotidien. Cette réalité s'aggrave avec la double exclusion dont souffre cette population de la part de l'Etat et de la société.

Une visite à l'intérieur de ces bidonvilles illustre une situation sociale catastrophique. Si les quartiers clandestins sont classés de « sous intégration », les bidonvilles prennent une dimension « sous humaine ». Les demeures sont des baraques qui ne résistent pas aux conditions climatiques de l'été et de l'hiver et aussi elles ne bénéficient ni d'eau potable, ni d'électricité. La réalité désastreuse des bidonvilles a été exploitée par les parties politiques pendant plusieurs années législatives et municipales.

Les mouvements islamistes ont trouvé aussi dans ces espaces un souffle pour leur action politique à travers les services quotidiens qu'ils présentent à la population marginalisée de ces quartiers.

La précarité socio-économique des quartiers marginalisés détruit l'espoir de leurs habitants notamment des jeunes, de rêver d'une vie digne. Cette situation s'est aggravée par l'incapacité de l'Etat à trouver une solution définitive et durable à cette question urbaine.

Les attentats du 16 mai 2003 à Casablanca illustrant bien cette réalité de désespoir et de haine qui marque les quartiers marginalisés.

Enfin il y a les quartiers non réglementaires, connus comme quartiers clandestins ou spontanés.

En effet, l'habitat clandestin occupe une place particulière dans la hiérarchie des espaces urbains qui diffère des autres formes d'habitat précaire. Il constitue un véritable système de production du logement qui se démarque par son dynamisme, par sa souplesse et sa capacité d'adaptation. Ce type d'habitat a mis sur le marché une offre du logement dépassant celle de tous les autres systèmes de logements officiels réunis.

Devant ce constat, les pouvoirs publics ont réagi par la mise en place des politiques urbaines pour sortir de cet impasse.

3 LES ACTIONS ÉTATIQUES ET NON ÉTATIQUES EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT SOCIAL, URBAIN

Depuis l'indépendance et jusqu'à la fin des années quatre-vingt, la gestion de la crise des espaces dégradés n'aboutissait qu'au renforcement d'un triangle de misère urbaine résumé par les bidonvilles – les quartiers clandestins et les médinas.

En effet, les agitations sociales déclenchées dans plusieurs villes au début des années quatre-vingt-dix ont fortement poussées l'Etat à réviser ses méthodes du traitement de la crise urbaine.

A partir de là, l'Etat se trouvait dans l'obligation d'adopter une autre stratégie mettant fin à la spontanéité qui avait marqué longtemps son action urbaine. En fait, ces politiques urbaines seront orientées vers des démarches contractuelles en prenant

une dimension sociale. L'Etat voulait impliquait d'autres partenaires dans le processus de résolution des problèmes des espaces défavorisés.

L'importance de ce dynamique étatique se caractérisait ainsi par l'engagement de l'institution Royale dans ce processus d'intégration sociale et spatiale. L'engagement qui a commencé depuis le milieu des années 1990. Or il fallait attendre la fin de cette décennie pour qu'il soit visible, clair et bien structuré à travers la fondation Mohamed V pour la solidarité. Cette donne a permis de garantir une mobilisation effective de toutes les institutions de l'Etat au service des projets d'insertion de la population longtemps abandonnée.

En revanche il n'y a pas que les acteurs étatiques qui s'occupaient de la question sociale et urbaine, bien plus des acteurs non étatiques ont marqué le champ social durant plusieurs années avant que l'Etat ne s'engage sérieusement dans ce processus, sous la contrainte de l'instabilité sociétale et politique émanant des quartiers en difficulté.

3.1 LES ACTEURS ÉTATIQUES ET LA QUESTION URBAINE

Les décideurs ont compris après les émeutes de 1991, que la crise urbaine n'est plus une crise du logement, elle devient une crise sociale générale qui a touché profondément le quotidien du citoyen. Bien évidemment, cette crise est la conséquence de la politique d'ajustement structurel imposé au début des années 80.

Il a fallu attendre la fin des années de 1990 pour que les autorités publiques manifestent une volonté de donner à ses actions urbaines un caractère durable en intégrant la dimension sociale dans le traitement de cette action.

Le gouvernement confirme son implication dans l'action sociale par la création en 1999 de l'agence de développement sociale (ADS).

Au-delà de l'action gouvernementale, la question sociale et urbaine sera marquée par un engagement remarquable de l'institution Royale, la crise urbaine est devenue un dossier prioritaire dans l'agenda du sommet de l'Etat.

Cela a été constaté par l'importance qu'a accordé feu le roi Hassan II, à plusieurs programmes urbaines juste quelques années avant sa mort, choix confirmé par son successeur Mohammed 6 qui a fait du dossier urbain un axe crucial dans ces actions et ses stratégies à travers notamment la fondation Mohammed 5 pour la solidarité.

3.1.1 LES GRANDES IMPULSIONS DONNÉES PAR LE ROI

Depuis son intronisation, le Roi Mohammed 6 a donné un nouvel élan à la question sociale. Il insiste beaucoup sur l'orientation des politiques publiques urbaines et sociales vers à priori, l'amélioration des conditions de vies de la population qui vit dans les quartiers défavorisées.

L'action Royale se manifeste par trois éléments : tout d'abord les messages Royaux qui précèdent l'élaboration d'une loi ou d'une charte en la matière ensuite, les discours Royaux qui consacrent des espaces aux problèmes de l'exclusion sociale et urbaine enfin les visites du terrain, effectué dans la quasi-totalité des villes marocaines. A travers ces visites le Roi qui cherche en principe à faire avancer la mise à niveau urbaine de chaque ville visitée et accorde une importance particulière aux quartiers pauvres.

3.1.2 LA FONDATION MOHAMED V POUR LA SOLIDARITÉ

La fondation Mohamed V pour la solidarité est liée directement au Roi, le lancement et l'inauguration de la majorité de ses projets se fait par lui.

Cette fondation intervient dans plusieurs domaines. En fait, ses actions prennent deux formes : d'un côté, elles touchent des opérations d'équipement de l'autre côté, ses actes s'orientent vers des aides à plusieurs catégories sociales frappées toutes par la précarité et l'exclusion sociale avec des degrés différents.

En effet, la lutte contre la pauvreté et la marginalité sociale constitue l'axe principal de l'action de la fondation, selon ses statuts : « la fondation a essentiellement pour objet de lutter contre toutes formes de pauvreté et de marginalisation sociale et d'œuvrer par tous les moyens, particulièrement par une action de solidarité pour venir en aide aux personnes démunies ou dans une situation sociale précaire.

En ce qui concerne les actions sociales, elles s'articulent sur quatre domaines : l'éducation – La santé – L'insertion économique et la réintégration sociale.

3.1.3 LES MESURES PRISES PAR LE GOUVERNEMENT

Les politiques publiques urbaines seront marquées par l'intégration de la dimension sociale dans le traitement de la crise, pourtant il faut attendre la fin de la décennie 1990 pour que cette dimension sociale soit très claires dans les actions publiques d'intégration spatiales, plus tard le souci principal pour les pouvoirs publics devient la garantie de la pérennité de cette action, raison qui le pousse vers son institutionnalisation à travers la création de plusieurs établissement dans ce sens, en particulier l'agence de développement social.

Ainsi la décennie quatre-vingt-dix a été marqué principalement par le programme de 200.000 logements qui a touché la quasi-totalité des villes marocaines.

Les efforts de l'Etat en matière de promotion de l'habitat social étaient fondées sur une politique de partenariat avec d'autres acteurs (collectivité locales et secteur privé).

Ensuite, plusieurs quartiers spontanés sont arrivés à décrocher des infrastructures d'équipement grâce à leur militantisme.

Le dynamisme de l'action urbaine s'est manifesté ainsi à travers la construction d'une nouvelle ville satellite « sala El Jadida » autour de la capitale politique Rabat.

La création de la ville de « sala Al Jadida » dans les banlieues de salé avait l'intérêt d'absorber la masse exaspérée à cause de leurs conditions sociales liées principalement aux problèmes de l'habitat.

Sur un autre plan, en 2001 le gouvernement de l'alternance a mis en place la charte nationale de l'aménagement du territoire sachant que cette époque a été marquée par l'élargissement de l'espace d'exercice des libertés démocratiques et l'accomplissement de l'édification des institutions constitutionnelles.

Cette charte, a été le point de départ d'une question cruciale, elle a considéré que l'avenir du développement au Maroc sera en partie déterminée dans et par la ville.

De même que le projet du code de l'urbanisme (04-04) estime que les quartiers sont l'expression tacite de ségrégation socio spatiale, d'exclusion, de sous-emploi, de chômage, de délinquance urbaine et de tous les aspects de la sous intégration. Ce projet parle aussi de l'approche participative dans la réalisation du projet du logement social et aussi de la rénovation et le renouvellement urbain.

Ceci d'une part, d'autre part, l'Etat a mis en place l'agence du développement social qui est une institution qui dépend du gouvernement. C'est un établissement public sous la tutelle du ministère du développement social, de la famille et de la solidarité créé à l'époque du gouvernement de l'alternance 1999. Sa mission principale est de participer aux efforts de la lutte contre la pauvreté et la précarité notamment dans le monde rural.

3.2 LES ACTIONS NON ÉTATIQUES DANS LE TRAITEMENT DES QUESTIONS URBAINES

A ce stade, on peut faire la distinction entre deux acteurs : les acteurs sociaux montrant une dynamique vers la bataille de lutte contre la pauvreté et la marginalisation, ce qui marque cette catégorie c'est le volontarisme et le militantisme de son action et ensuite il y a les acteurs économiques.

Pour les acteurs sociaux on peut citer l'association Bayti crée en 1994, dont les actions se focalisent sur les enfants de la rue.

D'autres associations luttent contre les multiples formes de pauvreté et d'exclusion socio-économique.

Pour ce qui est des acteurs économiques, on peut citer les banques avec leur système de FOGARIM.

En effet, l'Etat essaie d'impliquer le secteur bancaire dans la bataille de lutte contre la pauvreté urbaine à travers l'instauration d'un système de crédit de logement connu par le FOGARIM (fond de garantie en faveur de la population à revenu irrégulier), lui permettant l'accès à la propriété d'un logement malgré l'instabilité financière.

En 2009, le FOGARIM fusionnait auparavant avec un fond intitulé : le FOGALOGE (fond de garantie destiné aux salariés du secteur public) donnant naissance à un seul et unique fonds « Damane Sakane » a connu l'élargissement de la base de ses bénéficiaires.

A ces acteurs internes, on peut citer des acteurs externes (ce qui rentre dans la coopération international) tels que le programme des nations unis pour le développement(PNUD), l'agence française de développement (AFD), environnement développement et actions (ENDA).

Ces organisations non gouvernementales parmi d'autres se sont engagés dans des activités génératrices de revenus et également pour lutter contre la pauvreté en réalisant un développement humain respectueux de l'environnement.

3.3 LES NOUVELLES POLITIQUES URBAINE DEPUIS L'ANNÉE 2005

Les attentats de 16 mai 2003, ont brouillés les cartes de l'Etat marocain en le poussant vers un changement radical de ces politiques urbaines. Ils ont provoqués un tournant notable dans sa pensée vis-à-vis de la crise sociale et humaine d'où la mise en place de l'initiative nationale de développement humain en 2005 et de la politique de la ville 2011.

3.3.1 L'INITIATIVE NATIONALE DE DÉVELOPPEMENT HUMAIN

L'INDH a été lancée dans un contexte politique tendu, les effets des attentats du 16 mai 2003, étaient encore omniprésents.

Il semble que l'Etat a pris le temps de 2 ans (16 mai 2003/ 18 mai 2005) pour forger une vision globale à la crise socio-urbaine effectivement, il a déjà lancé en 2004 son projet stratégique « villes sans bidonvilles » qui va été intégrée plus tard dans cette initiative.

En effet, l'INDH est un projet ambitieux par lequel le Roi essaye de tracer le début d'un cadre institutionnel de la question urbaine et sociale.

L'importance de l'initiative Royale se manifeste par sa capacité à mobilier tous les départements du gouvernement, chaque ministère intervient selon ses compétences.

L'INDH se compose de quatre programmes :

Il y a le programme de lutte contre la pauvreté en milieu rural, le programme de lutte contre la précarité, le programme transversal et le programme de lutte contre l'exclusion sociale en milieu urbain.

A partir de là, on peut dire que l'INDH signifie la lutte contre la pauvreté, la précarité et l'exclusion sociale.

Ainsi parmi les programmes nationaux de l'INDH on peut citer : ville sans bidonvilles, le programme du ministère de développement social (aménagement et valorisation des quartiers) le programme vacance pour tous…

Et attendu, l'insuffisance de l'INDH par rapport aux exigences de la politique de la ville, l'Etat en 2011 a changé la dénomination du ministère de l'habitat et de l'urbanisme en ajoutant à cela : la politique de la ville.

3.3.2 LA POLITIQUE DE LA VILLE DANS LE CONTEXTE MAROCAIN

La politique de la ville est une politique de cohésion urbaine et de solidarité nationale, locale, en vers les quartiers défavorisés et leurs habitants.

C'est avec le gouvernement BENKIRANE, que le ministère de la politique de la ville a vu le jour en intégrant cette notion de politique de la ville au ministère de l'habitat et de l'urbanisme.

Le projet de référentiel National de la politique de la ville qui date de juin 2012 a stipulé dans son préambule, que la politique de la ville trouve son fondement dans la nouvelle constitution du Royaume qui consacre les principes de participation de pluralisme et de liberté de l'égalité des chances et de la justice sociale (Articles 12-13-31-33-136-142-154) de la constitution marocaine de 2011.

Elle trouve également son essence dans la charte national de l'aménagement de territoire de 2001,et aussi dans le rapport de 50 ans de développement humain et perspectives 2025/commencé depuis 2003/aussi dans les orientations de sa majesté le Roi Mohamed 6 rappelées dans ces discours, notamment celui du 12 décembre 2006 à l'occasion de la rencontre nationale des collectivités locales à Agadir : « Nos villes ont connu un essor démographique et une expansion urbanistique tels qu'il en a résulté un empiètement de leurs périphéries sur le milieu rural, ainsi qu'un accroissement des besoins des populations en termes d'infrastructures et de services de base. Cet état de choses requiert, donc, l'adoption d'une vision globale, permettant d'anticiper et de maîtriser les implications de cette expansion. Il s'agit aussi d'aménager de nouvelles zones d'urbanisation et d'instaurer un équilibre entre la ville et les agglomérations rurales adjacentes. Ce que nous visons, en définitive, ce n'est pas uniquement d'avoir des villes sans bidonvilles, ni d'y substituer des blocs de béton sans âme, réfractaires à toute sociabilité. Nous entendons, plutôt, ériger nos cités en espaces propices à la vie en bonne intelligence, dans la convivialité et la dignité, et en faire des pôles d'investissement et de production, et des agglomérations attachées à leur spécificité et à l'originalité de leur cachet. » S.M le roi Mohammed 6.

De son côté le ministre de l'Habitat du l'urbanisme et de la politique de la ville a effectué plusieurs concertation avec les départements ministériels, la société civile, les professionnels du secteur immobilier, la chambre des parlementaire et la chambre des conseillers, avec les organismes internationaux, ainsi qu'au niveau régional avec les représentants de l'administration et des collectivités territoriales.

C'était des concertations nationales sur la politique de la ville pour une mise en œuvre durable.

Ensuite le ministère a mis en place en date du 26 Avril 2014 la direction de la politique de la ville au sein de son organigramme qui a pour mission la mise en place des outils juridiques, technique et financiers pour que soit garantie l'application des stratégies concernées.

L'objectif et les perspective de cette politique sont la réduction des inégalités socio-spatiales et l'amélioration des services urbaines et leurs proximité à l'instar : du transport urbain, la santé, la question éducative et aussi le violence urbaine et la territorialisation de l'action sécuritaire.

3.3.3 L'ÉVALUATION : CLÉS DE RÉUSSITES DES POLITIQUES PUBLIQUES URBAINES

L'évaluation vise à produire des connaissances sur les actions publiques et leurs effets dans le double but de permettre aux citoyens d'en apprécier la valeur et d'aider les décideurs à en améliorer la pertinence, l'efficacité, l'efficience, la cohérence et les impacts.

L'évaluation contribue ainsi à rationaliser la prise de décision publique, à moderniser la gestion de l'administration et des services publics et à rendre plus efficace le dépense publique.

Elle concerne l'ensemble des citoyens. Elle doit être décidée, organisée et conduite en vue de l'intérêt général.

Elle constitue un moyen pour la collectivité de rendre des comptes aux responsables politiques et aux citoyens sur la manière dont une politique a été mise en œuvre et sur les résultats qu'elle a obtenu. L'évaluation permet également d'améliorer l'efficacité de l'action publique, c'est un outil de production de connaissance, d'analyses et de recommandation.

L'évaluation contribue enfin à rationaliser la prise de décision publique, c'est une aide à l'adaptation ou à la réorientation des stratégies publiques.

4 CONCLUSION

La réalisation et la mise en œuvre d'une politique publique de développement social et urbain est effectivement problématique sur la question de l'institutionnalisation, l'évaluation, et la gouvernance, et du rôle de tout un chacun dans l'armature globale de l'Etat et du pouvoir qui en découle.

Certes les dispositions normatives de répartition de compétence entre institution de développement urbain et social sont entachées de flou et de déséquilibre, surtout avec la paralysie de l'évaluation des politiques publiques en la matière, ce qui rend le processus de développement plus compliqué et incohérent.

De temps plus que le contexte de développement urbain et social est miné par les foyers d'inertie, de résistance (exemple : blocage du projet de loi 04-04 relatif au code de l'urbanisme au parlement) et de performance qui empêchent l'action publique d'atteindre les niveaux de performance recherchées, on peut alors parler sans risque de se tromper d'une crise de l'évaluation des politiques publiques de développement urbain et social.

Ainsi comme toute technique d'appréciation des politiques publiques, l'évaluation pèche par manque d'efficacité opérationnelle dans la mesure où ses retombées les plus durables ne sont pas commodément observables.

Du reste des difficultés se dressent face à une évaluation objective et effective des politiques publiques. En effet la plupart de ses politiques ne peuvent révéler leurs résultats qu'à moyen et long terme, à supposer qu'ils soient déjà entrés en application.

En clair, les analystes n'hésitent guère à affirmer qu'au-delà des déclarations d'intentions, de promulgation de textes et d'initiation de certains projets de développement, le bilan en termes d'actions concrètes est plutôt modeste.

L'évaluation peut être critiqué pour la non objectivité des données utilisées ou encore la partialité des évaluateurs.

Les détenteurs du pouvoir cherchent à légitimer leurs actions, renforcer la crédibilité de leurs discours en supprimant les contestations politiquement sensibles ou menaçantes et en utilisant les résultats de manière sélective, surtout au Maroc connu

pas sa tradition étatique, la puissance de la forteresse administrative est telle qu'elle détient un pouvoir exorbitant sur les citoyens. D'où la nécessité d'une institution de l'évaluation qui permettrait d'en faire un bon usage, d'en assurer la diffusion.

Donc il faut fonder un ensemble institutionnel nouveau qui ne soit pas trop menaçant pour aucun pouvoir déjà établit.

Nous vivons un temps ou des concepts nouveaux et des formules magiques « émergent de partout » : Démocratie participative, évaluation des politique publiques, contrôle, Gouvernance, régulation……

L'investissement institutionnel est capital, d'où la nécessité de mettre en place une profession d'évaluateur issu de discipline de science économique, sociale, d'audit, management…. dirigé de façon ferme par des responsables très peu nombreux, de très haut niveau, et que leur travail soit constamment repris, contrôlé, discuté, jusqu'à ce que petit à petit, une doctrine et méthode émergent.

Enfin, il faut dire que l'action administrative peut tuer l'action politique à cause des mauvaises pratiques administratives et aussi à cause des ressources humaines à bien assimiler la philosophie de ces nouvelles politiques sociales de l'Etat. Ce contexte me pousse à dire que la gouvernance urbaine souffre des problèmes techniques et moraux, et c'est dans ce sens que le débat sur la gouvernance territoriale mérite de s'orienter et s'approfondir.

L'avenir ne se prévoit pas, il se prépare « Français M Blondel ». Il ne se fait dans l'attentisme tout en étant inactif, mais dans la capacité des décideurs publics à définir des repères collectifs et à projeter les fondements d'un « mieux vivre » collectif selon une démarche prospective et durable.

RÉFÉRENCES

[1] Abderrahmane RACHIK : Casablanca, l'urbanisme de l'urgence, Casablanca, 2002.
[2] Ali SEDJARI : décentralisation et pouvoir locale « revenue semestrielle édité par la faculté des sciences juridiques, économiques et sociales », Rabat N° 23, 1990.
[3] Claude CHALINE, les politiques de la ville, presse universitaire de France, que sais-je, Paris, 1997.
[4] Discours royal d'inauguration de la rencontre des collectivités locales à Agadir en décembre 2006, sous le thème : développement des villes, citoyenneté et responsabilité.
[5] Erich TILKORN, « les collectivité locales dans le mise en œuvres des politiques urbaines : le cas de l'Allemagne » in les politiques de la ville, intégration urbaine et cohésion sociale, S/D Ali Sedjari, l'harmattan, GRET, Rabat 2006.
[6] Françoise NAVEZ Bouchanine, habiter la ville marocaine, l'harmattan, Paris, 1997.
[7] Jacque DANZELOT, philipe estebe, l'état animateur, essai sur la politique de la ville, Editions Esprit, 1994.
[8] Jean Pierre Gaudin, Gouverner par contrat, presses de sciences politiques, Paris, 2007.
[9] Mohamed BARDOUZI : « ville, pouvoir et contre-pouvoir, réflexions sur le potentiel urbain de changement socio-éconiomique, in le devenir de la ville, ouvrage collectif, rabat, l'harmattan, GRET, 2000.
[10] Mohammed NACIRI : « politique urbaine et politique de l'habitat au Maroc : incertitudes d'une stratégie » in politiques urbaines dans le monde arabe, maison de l'orient, Sindbad, Paris, 1984.
[11] Rapport de 50ans sur le développement humain et perspective 2025, le Maroc possible, une offre de débat pour une ambition collective rapport de cinquantenaire, Casablanca 2006.
[12] Remy levau : le Fellah marocain défenseur du trône, presse de la fondation des sciences politiques, Paris, 1985.
[13] Thierry OBLET : Gouverner la ville, les voies urbaines de la démocratie moderne presse universitaire de France, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 489-503
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Qualité relationnelle, Pouvoir et impact sur la création appropriation de valeur : Une étude exploratoire dans le contexte marocain

[Relationship quality, power and impact on value creation and appropriation : An exploratory study in the Moroccan context]

Noureddine AMINE[1] and Saâd MDARHRI ALAOUI[2]

[1]Enseignant Chercheur, ENCG-Tanger, UAE, Maroc

[2]Doctorant, ENCG-Tanger, UAE, Maroc

Copyright © 2018 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: Despite the proliferation of work on value creation in business relationships, many issues are still little addressed. Our article proposes to study jointly the influence of relational quality and power bases on the creation-appropriation of value in the customer-supplier relationship. An exploratory qualitative study of sixteen companies (ten suppliers and six customers) found that the quality of the relationship promotes greater value creation and appropriation in ongoing business relationships. As for power, its influence differs depending on how it is exercised within the relationship. Moreover, the appropriation of value remains the main driver of partner satisfaction, a sine qua non condition for the continuity of the relationship

KEYWORDS: relationship quality, power, value creation, value appropriation, relationship continuity.

RESUME: Malgré la prolifération des travaux sur la création de la valeur dans les relations d'affaires, de nombreuses questions sont encore peu abordées. Notre article propose d'étudier conjointement l'influence de la qualité relationnelle et des bases de pouvoir sur la création-appropriation de valeur dans la relation client-fournisseur. À l'issue d'une étude qualitative exploratoire menée auprès de seize entreprises (dix fournisseurs et six clients), il est constaté que la qualité de la relation favorise une plus grande création-appropriation de valeur dans les relations commerciales continues. Pour ce qui est du pouvoir, son influence diffère selon la manière avec laquelle, il exercé au sein de la relation. Par ailleurs, l'appropriation de la valeur demeure le principal moteur de la satisfaction des partenaires, condition sine qua non pour la continuité de la relation.

MOTS-CLEFS: qualité relationnelle, Pouvoir, création de valeur, appropriation de valeur, continuité de la relation.

1 INTRODUCTION

Dans les relations d'affaires, il y a un discours académique considérable concernant le concept de valeur, (Lindgreen et Wynstra, 2005 ; Ulaga et Eggert, 2005 ; Lindgreen et al., 2012). Cependant, malgré son rôle central dans la recherche académique, le concept de valeur souffre encore d'une multitude de perspectives et de bases théoriques concurrentes, créant une certaine ambigüité et rendant sa compréhension encore plus difficile pour les praticiens et chercheurs (Sandberg et al., 2018 ; Francis et al., 2014)

En effet, les définitions de la valeur sont nombreuses et souvent vagues, avec une " variété déconcertante de significations disparates " (Ramsay, 2005). De plus, la valeur dans cette documentation est généralement associée à la valeur pour le client, alors que l'idée de la valeur pour le fournisseur demeure largement inexploitée (Ramsay, 2005). En outre, il y a une multitude

de termes connexes comme la création de valeur, la co-création de valeur et l'appropriation de valeur, pour lesquels peu de consensus existe parmi les chercheurs sur leur définition (Lepak et al., 2007, Francis et al., 2014)

Puisque, la valeur constitue un élément critique dans le sucées de toute entreprise, et elle est au cœur des relations d'affaires, ce manque de compréhension claire de sa signification à la fois pour le client et le fournisseur, ainsi que la manière avec laquelle elle est créée et appropriée, peut causer d'importantes difficultés relationnelles et pourrait bien être l'une des raisons pour lesquelles de nombreuses relations échouent.

Les recherches antérieures en marketing relationnel ont porté presque exclusivement sur la valeur après sa création et son partage entre les partenaires d'échange (Lindgreen et Wynstra, 2005; Ulaga et Eggert, 2006, Wagner et al., 2010). Par conséquent, l'interaction entre la création de valeur et l'appropriation de la valeur reste relativement inconnue dans les relations d'affaires (Mizik et Jacobson, 2003).

Parce que «la création de valeur et son appropriation représentent la raison d'être des relations commerciales entre clients et fournisseurs» (Anderson, 1995), cette omission représente un vide majeur dans le programme de recherche sur le marketing relationnel.

Au cours des deux dernières décennies, le marketing relationnel est devenu la perspective dominante dans la littérature académique sur le marketing (Palmatier, 2008). En particulier, de nombreuses recherches se concentrent sur la qualité de la relation comme variable médiatrice clé (Morgan et Hunt, 1994 ; Palmatier et al., 2006). En tant que concept composite, la qualité de la relation résume les diverses caractéristiques d'interaction requises pour créer un lien relationnel fort (Palmatier, 2008) en englobant des variables telles que la confiance, l'engagement et la communication.

En tant que variable médiatrice, la qualité de la relation est un moyen d'atteindre une fin (Wagner et al., 2010) . En effet, les entreprises n'entretiennent pas des relations étroites et solides avec leurs partenaires, principalement pour le bien de ses derniers. Ils adoptent plutôt des modèles d'échange qui leur assurent la meilleure performance (Wagner et al., 2010).

Ainsi, les entreprises préfèrent les échanges relationnels aux échanges transactionnels lorsque ces échanges aident à créer et s'approprier plus de valeur sur les marchés (Ghosh et John, 1999).

Pour Kasabov (2007), la recherche précédente sur le marketing relationnel est biaisée " vers la discussion des aspects positifs des relations tout en négligeant les traits et processus relationnels négatifs et chargés de pouvoir ". Selon cet auteur, afin de développer un cadre de marketing relationnel plus cohérent, il nécessaire de tester et de développer des dimensions relationnelles qui se rapportent non seulement à des relations positive et de haute qualité, mais aussi à des relations marquées par la négativité, le conflit, et le désagrément (Mysen et al., 2012). En fait, les relations, sont négociées, chargées de pouvoir et pleines de contestations (Kasabov ,2007).

L'asymétrie de pouvoir dans les relations d'affaires est un domaine important pour la recherche, car les différences de pouvoir entre les partenaires sont généralement inévitables. Comme le soulignent Belaya, Gagalyuk et Hanf (2009), la nature du pouvoir dans les relations de la chaîne d'approvisionnement présuppose une distribution asymétrique du pouvoir entre les partenaires en raison des différences d'expertise, de taille, de coûts de changement, de dépendance, de structure contractuelle, etc. (Nyaga et al., 2013)

Bien qu'il existe d'autres perspectives, nous supposons que la compréhension de la dynamique du pouvoir entre clients et fournisseurs est essentielle pour expliquer comment la valeur totale est partagée dans la chaîne d'approvisionnement (Chiksand, 2018).

Pourtant, à ce jour, peu d'études ont étudié comment la valeur totale créée est appropriée par les entreprises dans les relations d'affaires (Crook et Combs, 2007 ; Brito et Miguel, 2016).

De même très peu d'attention a été accordée à l'influence de la structure du pouvoir sur la création de valeur et son partage entre les membres de l'échange compte tenu de la qualité de la relation qui prévaut dans la relation.

Comme la qualité relationnelle ainsi que le pouvoir ont une incidence sur l'expérience relationnelle et que la distribution de la valeur créée influe sur la perception de satisfaction, il est important d'étudier l'interaction de ces concepts.

Notre étude s'inscrit dans ce cadre. Elle se propose d'examiner les relations dyadiques entre client et fournisseur afin de déterminer comment la structure du pouvoir et la qualité de la relation sous-jacente influencent la création de valeur, l'appropriation de valeur et, en bout de ligne, la satisfaction relationnelle et la continuité de la relation.

A cette fin, nous avons mené une étude exploratoire auprès de seize entreprises opérant dans divers secteurs d'activité.

La section suivante est une revue de la littérature des concepts clés mobilisés dans cette étude. Ensuite, la méthodologie de recherche adoptée est présentée, suivie d'une discussion des résultats.

2 REVUE DE LA LITTERATURE

2.1 RELATION CLIENT FOURNISSEUR

Nous définissons la relation client-fournisseur comme un processus dynamique appréhendé au travers d'un ensemble d'interactions multiples s'inscrivant dans la durée (Guibert, 1999). Nous partons de l'idée selon laquelle la relation se construit et évolue dans le temps. Elle commence généralement par des transactions économiques limitées, provisoires et donc fragiles. Au fil du temps et en parallèle des échanges transactionnels s'installe une dynamique relationnelle qui peut conduire à une collaboration plus stable et intense. Nous plaçons donc les relations sociales au cœur des échanges entre le client et le fournisseur. (Cherni et Leroux, 2015).

Selon Brito et Miguel (2017), Les relations clients-fournisseurs représentent une forme unique d'alliance. Ces alliances sont complexes et présentent trois caractéristiques principales : les relations verticales, l'asymétrie de pouvoir et les liens avec des partenaires directs (premier niveau) ou indirects (niveau supérieur) (McCarter et Northcraft, 2007). Dans ses relations, les entreprises peuvent adopter différentes formes de mécanismes de gouvernance qui se situent entre deux extrêmes : contractuel et relationnel (Cao & Lumineau, 2015 ; Dyer & Singh, 1998).

La gouvernance contractuelle repose sur l'exécution du pouvoir, l'utilisation des contrats (Liu et al., 2010) et des gains à court terme (Brito et Miguel, 2017).

Par contre, la gouvernance relationnelle, implique des accords à long terme basés sur des relations personnelles et des normes sociales (Liu et al., 2010 ; Brito et Miguel, 2017).

Entre ces deux extrêmes, il y a l'interaction et la complémentarité entre les deux mécanismes de gouvernance (Cao & Lumineau, 2015). En effet, la gouvernance contractuelle et la gouvernance relationnelle peuvent être adoptés mutuellement pour créer de la valeur et améliorer la satisfaction et la performance de la relation (Cao et Lumineau, 2015, Liu et al., 2010).

2.2 QUALITÉ DE LA RELATION

La nature de la relation entre les membres de la chaîne d'approvisionnement joue un rôle important dans leur comportement coopératif (Nyaga et al., 2013). En effet, la qualité de la relation reflète l'atmosphère présente, dans une relation client-fournisseur et constitue une condition préalable importante pour le succès d'une relation d'échange à long terme (Liu et al., 2010).

En particulier, il a été démontré que la qualité de la relation a une incidence positive sur le rendement et les avantages relationnels qui en découlent (Athanasopoulou, 2009), ainsi que la probabilité que les transactions entre partenaires se poursuivent (Liu et al., 2010). Selon Nyaga et ses collaborateurs (2013), La qualité de la relation représente la relation globale d'une manière abstraite, plutôt qu'en tant que dimensions spécifiques de la relation (p. ex., la confiance), étant donné qu'il peut être difficile de distinguer entre les dimensions relationnelles spécifiques et/ou d'en isoler l'impact (Nyaga & Whipple, 2011).

Selon Palmatier (2008), la qualité de la relation traduit " le calibre global des liens relationnels avec un partenaire d'échange " (Palmatier, 2008). En tant que telle, elle reflète l'évaluation globale de la force de la relation ainsi que le degré de satisfaction des besoins et désirs des deux partenaires commerciaux (liu et al.,2010).

Bien que la littérature sur les dimensions de la qualité de la relation ne soit pas unanime, les chercheurs conviennent que la qualité de la relation est une vision holistique d'ordre supérieur d'un échange relationnel composé de multiples facettes (Palmatier, 2008).

Ainsi, il est conceptualisé comme une construction d'ordre supérieur composée de deux ou plusieurs facteurs de premier ordre (Nyaga & Whipple, 2011; Ulaga & Eggert, 2006 ; Palmatier, 2008 ; Nyaga et al., 2013). C'est-à-dire qu'elle saisit un ensemble de différents attributs tels que la confiance, l'engagement et la communication qui, cumulativement, indiquent la force des liens relationnels entre les partenaires. Plus précisément, La confiance fait référence à la crédibilité et la bienveillance perçues d'un partenaire d'échange, ce qui contribue à réduire le risque potentiel et ainsi soutenir la coopération. L'engagement représente le désir de maintenir une relation précieuse et, par conséquent, traduit la volonté durable des partenaires de maintenir une relation génératrice de valeur. La communication fait référence au partage formel et informel d'informations

utiles et opportunes entre les partenaires, ce qui permet d'aligner les perceptions et attentes dans la relation, d'améliorer la coordination, de réduire les conflits et par conséquent de favorise le succès de la relation

2.3 POUVOIR

Les relations commerciales sont fondées sur des liens de dépendance mutuelle (Emerson, 1962, Narasimhan et al., 2009). En effet, l'interdépendance existe parce que chaque acteur a un certain contrôle sur la réalisation de ses propres objectifs ainsi que ceux de son partenaire (Pfeffer et Salancik, 1970). La capacité d'un membre de la chaîne d'approvisionnement à atteindre les objectifs de son partenaire de la chaine est le fondement de son pouvoir.

le pouvoir peut se définir comme « la capacité d'un membre d'une chaîne d'approvisionnement à influencer ou à contrôler les décisions et le comportement d'un autre membre de la chaine » (Narasimhan et al.,2009)

Pour ElAnsary & Stern (1972), le pouvoir traduit la capacité des parties impliquées dans une relation de travail à contrôler les décisions concernant le fonctionnement de la relation. En tant que tel, le pouvoir établit les paramètres d'échange dans la relation (Narasimhan et al., 2009).

Le pouvoir est un concept essentiellement contesté en raison de sa complexité (Bandara, 2017). Comme le soulignent Coughlan et al. (2001), le pouvoir est difficile à identifier, décrire, et vérifier avec précision. En outre, le pouvoir est relatif, dans la mesure où aucune entreprise n'a de pouvoir dans toutes les situations (Chiksand, 2018).

Pour certains chercheurs, le pouvoir est vital, parce qu'il peut sortir la relation du domaine du hasard et lui donner un but, une direction (Dwyer et al.,1987 ; Kumar, 2005), conduisant ainsi à une meilleure coordination (Mysen et al., 2012). Pour d'autres, le pouvoir est associé à un comportement négatif, agressif et non éthique (Schleper et al., 2017) dans la mesure où il peut entraîner des abus, des injustices et de l'exploitation (Mysen et al., 2012).

L'exercice du pouvoir, qui traduit l'utilisation par une partie de son pouvoir pour contrôler les activités de son partenaire, peut être divisé en pouvoir coercitif et pouvoir non coercitif (Leonidou et al., 2008). Le pouvoir coercitif affecte directement le comportement des membres, principalement par la punition, et la loi tandis que le pouvoir non coercitif affecte indirectement le comportement des membres en modifiant les convictions, les objectifs commerciaux, et les points de vue à travers la récompense, l'information, les compétences spéciales et ainsi de suite (Liu et al., 2010; Kim, 2000).

Différents auteurs ont proposé une variété de bases de pouvoir (Lacoste et Blois, 2015). La plus répandue est celle de French et Raven (1959), qui décrivent cinq bases de pouvoir (à savoir coercitif, récompense, légitime, référent, et expert). Ces bases ou sources de pouvoir définissent les différentes ressources à la disposition de l'entreprise pour influer sur les décisions concernant la relation (French & Raven, 1959). Selon leur nature (agressive ou non), les différentes sources de pouvoir affectent la relation de différentes manières (Benton et Maloni, 2005).

2.4 CRÉATION-APPROPRIATION DE VALEUR

La valeur est un concept ambigu (Francis et al., 2014). Peu d'acteurs sur les marchés d'affaires peuvent la définir, savoir comment la mesurer ou expliquer comment la relation avec leurs partenaires contribue à leur propre valeur (Francis et al., 2014).

Alors que la littérature académique propose une variété de définitions soulignant différents aspects de la notion de valeur, quatre caractéristiques récurrentes peuvent être identifiées (Ulage et Eggert, 2006):

1. La valeur est une notion subjective.
2. Elle est conceptualisée comme un compromis entre les avantages et les sacrifices.
3. Les avantages et les sacrifices peuvent être multi-facettes. Et
4. Les perceptions de valeur sont liées à la concurrence.

Payne et Holt (2001) ont conclu que la recherche sur la valeur doit être comprise au-delà des limites d'une seule organisation et explorée dans le cadre de l'interaction dyadique entre client et fournisseur. Ainsi, une perspective relationnelle de la valeur contribue de manière significative à une compréhension holistique de ce construit dans les marchés d'affaires.

Pour ces auteurs, la valeur de la relation n'est pas simplement la conséquence d'une série de transactions indépendantes, mais le fruit d'une relation dynamique dépendant du temps - c'est-à-dire que les transactions cumulatives au fil du temps créent de la valeur (Payne et Holt, 2001), ce qui favorise une relation mutuellement satisfaisante pour les deux partenaires (Ravald et Grönroos, 1996)

De même, les chercheurs n'ont pas encore atteint un cadre unifié pour décrire la valeur générée par la relation dyadique, et la plupart des études examinent cette question uniquement du point de vue des clients (Ramsay 2005). En effet, la valeur est le résultat de plusieurs parties impliquées dans une association commerciale à long terme (Ulaga et Eggert 2006), valeur qui est créée et appropriée dans le cadre d'une relation (Henneberg et al., 2009).

La création de valeur et la maximisation de son appropriation sont reconnues depuis longtemps comme les principaux objectifs des organisations (Anderson, 1995) et la source de l'avantage concurrentiel (Coff, 1999).

D'un point de vue conceptuel, la création de valeur et l'appropriation de valeur représentent les deux faces d'une même pièce. La création de valeur implique la valeur totale nette (c'est-à-dire les avantages totaux moins les sacrifices totaux) créés dans le cadre d'une relation d'affaire entre les deux partenaires d'échange. L'appropriation de la valeur représente la valeur nette qu'une partie de la dyade revendique avec succès (Wagner et al., 2010).

La création de valeur reflète une orientation mutuelle, dans laquelle le client et le fournisseur évaluent dans quelle mesure la collaboration contribue à plus de valeur dans la relation. Par contre, l'appropriation de valeur indique une approche unilatérale dans laquelle chaque membre de la dyade évalue dans quelle mesure la relation contribue à sa propre valeur personnelle (Wagner et al., 2010).

Ainsi, si la création de valeur traduit un scénario gagnant-gagnant; alors l'appropriation de valeur peut traduire un scénario gagnant-perdant dans la mesure où une plus grande part de valeur pour une partie diminue la part restante pour l'autre partenaire (Wagner et al., 2010). En effet, la part que chaque membre peut saisir dépend principalement de son pouvoir dans la relation (Chiksand , 2018). Si la continuité de la relation n'est pas une priorité, des partenaires plus forts peuvent s'approprier la part la plus importante de la valeur créée (Crook & Combs, 2007). Dans le cas inverse, à mesure que les organisations deviennent interdépendantes et qu'il y a un plus grand besoin de coordination, l'entreprise la plus puissante renonce à exercer son pouvoir et partage les gains avec l'entreprise la plus faible (Crook & Combs, 2007).

Dans le processus de négociation, les partenaires devraient s'assurer que le partage de la valeur créée ne limitera pas la capacité de la relation à générer de la valeur à l'avenir (Brito et Miguel, 2017). D'où la nécessité d'une répartition équitable et satisfaisante de la valeur.

2.5 SATISFACTION

La satisfaction est largement considérée comme une philosophie directrice des relations d'affaires. Empiriquement, son importance est attestée par les nombreuses études qui ont montré qu'elle est un facteur important pour le succès des relations d'affaires (Svensson et al., 2017).

Dans la littérature marketing, la satisfaction se présente, généralement, comme un état affectif positif qui résulte de l'évaluation par une organisation de tous les aspects de sa relation avec une autre organisation (Anderson et Narus, 1984 ; Ganesan, 1994 ; Geyskens et Steenkamp , 2000). Les recherches antérieures ont indiqué que la satisfaction augmente la volonté des partenaires de poursuivre la relation et réduit les conflits commerciaux (Henneberg et al., 2016). En effet, les membres satisfaits sont plus disposés à maintenir les relations commerciales existantes, et à participer davantage à des activités collectives (Geyskens et et Steenkamp , 2000 ; Svensson et al., 2017).

Dans leurs études, Sahadev (2008) et Ramaseshan et al. (2006) ont constaté que la satisfaction a une influence positive sur les niveaux d'engagement dans les relations d'affaires (Svensson et al., 2017).

Pour Sivadas et al. (2012), la performance d'un projet conduit à la satisfaction relationnelle. Selon ces auteurs, les entreprises n'investissent davantage dans une relation que si elles perçoivent des avantages clairs.

Dans une relation continue, la satisfaction, évaluée par rapport aux résultats passés, est un indicateur de l'équité de l'échange (Ganesan, 1994). Cette satisfaction est essentielle pour assurer la validité à long terme des relations d'affaires (Farrelly et Quester, 2005).

2.6 CONTINUITÉ DE LA RELATION

La continuité attendue de la relation fait référence à l'attente d'une entreprise que les échanges commerciaux avec son partenaire se poursuivront à l'avenir (Lai et al., 2007). Ce concept est similaire au concept d'attente de continuité discuté dans Noordeweir et al., (1990), et Anderson et Weitz (1989), et le concept d'orientation à long terme examiné dans Lusch et Brown (1996), et Ganesan (1994).

Selon Wong et al., (2007) , la continuité de la relation, peut se définir comme une orientation à long terme perçue et attendue par les partenaires d'échange dans une relation d'affaires dans laquelle les partenaires perçoivent de la valeur et par conséquent mettent les efforts et les ressources nécessaires pour assurer sa durabilité. De la sorte, les deux membres de la dyade estiment que la relation est importante pour justifier un maximum d'efforts pour la maintenir (Morgan & Hunt, 1994).

Anderson et Weitz (1989) soulignent l'importance des attentes futures pour déterminer la continuité des échanges et la survie à long terme de la relation. Si les parties n'escomptent pas bénéficier de la relation à l'avenir, il est fort probable qu'elles quitteront la relation (Jap, 2000).

3 METHODOLOGIE

Dans le but de mieux connaitre notre terrain d'investigation empirique, de clarifier les concepts théoriques, de s'assurer de la pertinence des hypothèses formulées à l'issue de la revue de littérature et de faciliter l'opérationnalisation ultérieure des variables de notre modèle théorique, nous avons opté pour une étude qualitative exploratoire. Dans cette enquête exploratoire, les entreprises retenues ne sont pas issues d'un échantillonnage statistique puisque l'objectif recherché n'est pas de tester les hypothèses formulées mais de vérifier simplement leur pertinence globale dans un contexte bien déterminé (relation client-fournisseur au Maroc) et éventuellement de les enrichir à travers la traduction des concepts de recherche en des termes plus concrets et opérationnels (Evrard et al., 2003)

La population de référence de notre étude se compose essentiellement de petites et moyennes entreprises. Notre échantillon est représenté par 16 entreprises : 10 fournisseurs et 6 clients. Le critère de saturation théorique a été adopté pour déterminer le nombre d'entretiens à mener, c'est-à-dire que des entretiens supplémentaires n'auraient pas apporté de nouveaux éléments à l'enquête (Mucchielli, 1994). Le tableau suivant regroupe l'échantillon ainsi constitué avec les fonctions des personnes interrogées.

Tableau 1. Echantillon de 16 entreprises

FOURNISSEURS		
	Secteur d'activité	Fonction de la personne interrogée
Fournisseur n° 1	Distribution du bois	Responsable commerciale
Fournisseur n° 2	Distribution des produits électroménagers	Directeur
Fournisseur n° 3	Production de fer	Responsable commerciale
Fournisseur n° 4	Production du lait et dérivés	Responsable commerciale
Fournisseur n° 5	Transport	Responsable commerciale
Fournisseur n° 6	Logistique	Responsable commerciale
Fournisseur n° 7	Négoce et distribution	Responsable commerciale
Fournisseur n° 8	Travaux divers	Directeur
Fournisseur n° 9	Bâtiments et travaux publics	Directeur
Fournisseur n° 10	Textile	Directeur
CLIENTS		
Client n° 1	Distribution des articles de sport	Responsable achats et logistique
Client n° 2	Distribution de bois	Responsable achats
Client n° 3	Distribution des produits électroménagers	Directeur
Client n° 4	Transport	Responsable logistique
Client n° 5	Négoce et distribution	Responsable logistique
Client n° 6	Négoce et distribution	Responsable achats

Concernant le recueil des données, nous avons utilisé la technique de l'entretien semi-directif (entretien d'expert) pour interviewer, à l'aide d'un guide d'entretien, l'ensemble des personnes rencontrées. Selon Blanchet et Gotman (1992), le guide d'entretien « *a pour but d'aider l'interviewer, à élaborer des relances pertinentes sur les différents énoncés de l'interviewé au moment même où ils sont abordés ; ce qui permet d'obtenir à la fois un discours librement formé par l'interviewé et un discours répondant aux questions de la recherche* ».

Ce guide a été élaboré à partir de la revue de la littérature et structuré autour de thèmes qui résultent de notre problématique de recherche. Ces thèmes sont au nombre de trois :

- Une première partie vise l'identification de l'entreprise.
- Une deuxième partie comporte une question générale sur la réussite ainsi que la pérennité de la relation entre client et fournisseur, et des questions sur la création appropriation de la valeur dans la relation d'échange.
- Une dernière partie se focalise sur les facteurs qui facilitent ou entravent la création appropriation de la valeur dans une relation d'échange entre client et fournisseur.

Les entretiens, d'une durée moyenne de 45 minutes (variant de 30 minutes à une heure), ont été réalisés en face à face. Ils ont été enregistrés et retranscrits intégralement afin de procéder à une analyse de contenu. La méthode d'analyse catégorielle thématique a été utilisée pour dépouiller, classer et analyser les informations collectées (Bardin, 2003).

Cette analyse consiste à découper les discours des gestionnaires en unités d'analyse. Nous nous sommes intéressés à l'importance des thèmes cités qu'à la fréquence de leur citation. En suivant cette méthode, chaque unité est analysée dans son contexte de citation tout en étudiant sa relation avec les autres unités et thèmes appartenant au même discours. (Thietart, 2014).

En suivant les recommandations de Bardin (2003), nous avons procédé à une première lecture transversale de tous les entretiens pour identifier et affecter chaque élément à une catégorie sur la base d'une grille indiquant en colonnes les entretiens et en lignes les catégories dégagées.

L'élaboration de cette grille, nous a permis de procéder à une double analyse : une analyse verticale (structuration par thème de chaque entretien) et une analyse horizontale (comparaison transversale de l'ensemble des entretiens).

4 RESULTATS ET DISCUSSION

La discussion des résultats de l'enquête exploratoire repose sur le contenu des entretiens semi directifs réalisés avec les entreprises de notre échantillon (clients et fournisseurs). Les résultats globaux de cette étude sont obtenus suite à une analyse catégorielle thématique. Ils permettent de présenter la valeur perçue par les deux membres de la dyade dans une relation d'affaire, les facteurs explicatifs de la création-appropriation d'une valeur supérieure et les implications sur la satisfaction des partenaires et leurs intentions de maintien de la relation.

4.1 CRÉATION-APPROPRIATION DE LA VALEUR

L'ensemble des entretiens réalisés, confirme l'hypothèse de base selon laquelle la valeur représente la principale raison pour laquelle les entreprises échangent entre elles. En effet, la majorité des interviewés soulignent l'importance de la création de valeur et son appropriation par les deux partenaires au sein de la relation pour sa continuité. Comme le souligne ce responsable commerciale (fournisseur n°6) « *la base de la continuité de la relation commerciale est toujours le gain mutuel. Sans valeur pour les deux parties, même si la relation commence, elle prend fin rapidement* »

Un autre acteur renchérit « *la base d'une relation commerciale réussie, est toujours la logique gagnant- gagnant* » (responsable commerciale chez fournisseur n°3).

Dans un contexte de chaîne d'approvisionnement, Hammervoll (2009) soutient que la création de valeur opère à deux niveaux: la constitution de bénéfices conjoints et la part des bénéfices conjoints qu'un acteur individuel peut réclamer.

En effet, la relation entre un client et son fournisseur créée de la valeur en augmentant les avantages et en réduisant les coûts. Cette valeur créée doit être divisée en différentes parts. En utilisant la différenciation entre création de valeur et appropriation de valeur dans cette étude, nous cherchons à mettre en lumière la portion de la valeur totale générée par la relation et que chaque partenaire arrive à saisir.

4.1.1 CRÉATION-APPROPRIATION DE LA VALEUR PAR LE CLIENT

De l'ensemble des entretiens réalisés, il ressort que la valeur pour les clients se manifeste à travers :

Un produit de qualité répondant à leurs attentes ou spécificités techniques, avec un niveau constant au fil du temps.

Une Livraison performante : à travers une réponse régulière, précise et flexible aux calendriers de livraison.

Des Service de soutien : À valeur ajoutée. En effet, les répondants ont mentionné la flexibilité du fournisseur, sa réactivité, ainsi que l'externalisation des activités comme les principaux services à forte valeur ajoutée.

Les interactions personnelles. Les liens interpersonnels améliorent la communication et par conséquent la résolution de problèmes, ce qui mène à une meilleure compréhension des objectifs de chacun des partenaires.

Le savoir-faire : l'expertise du fournisseur (les connaissances profondes du marché du client ainsi que l'expérience préalable avec ses opérations et produits) a été considéré comme très précieuse par nos répondants.

La compression des coûts : se réfère à l'aptitude du fournisseur à réduire les coûts (les siens ainsi que ceux du client) afin de favoriser la compétitivité prix de son client.

Le volume ou la capacité d'un fournisseur à satisfaire les demandes importantes de ses clients.

L'accès à de nouveaux marchés traduisant la capacité du fournisseur à servir de passerelle vers de nouveaux partenaires potentiels permettant à l'acheteur d'augmenter le nombre de clients.

Selon Anderson et Narus (1998), La valeur pour le client sur les marchés d'affaires est une valeur dérivée des activités des fournisseurs. Cette valeur peut être tangible et/ou directe et par conséquent exprimable en termes monétaires comme il peut être intangible et/ou indirecte et de la sorte difficilement mesurable.

4.1.2 CRÉATION-APPROPRIATION DE LA VALEUR PAR LE FOURNISSEUR

De l'autre côté de la relation, Les entretiens réalisés ont permis de mettre en évidence la valeur créée par la relation et capté par le fournisseur. En fait, les composantes clés de la valeur pour les fournisseurs tirées de leur relation avec les principaux clients peuvent se résumer ainsi : volume ; profit ; sauvegarde ; accès à de nouveaux marchés, et la réputation.

Le profit traduit l'aptitude d'un client à assurer une rentabilité commerciale et ainsi un flux de trésorerie positif pour son fournisseur.

Le volume désigne la capacité du client à s'approvisionner en grandes quantités auprès de son partenaire pour lui permettre d'atteindre le seuil de rentabilité nécessaire.

La sauvegarde fait référence à l'assurance que constituent certains clients contre les incertitudes du marché en garantissant une certaine stabilité et contrôle des ventes.

De la sorte, le profit, le volume, et la sauvegarde constituent la forme la plus tangible de la valeur pour un fournisseur fournie par l'entreprise cliente dans un échange relationnel.

L'accès à de nouveaux marchés ou l'aptitude du client à présenter le fournisseur à de nouveaux acheteurs représente une autre forme de valeur prisée par les fournisseurs.

En fin, **La réputation** en faisant affaire avec des clients prestigieux peut représenter une forme indirecte mais pertinente de valeur pour le fournisseur, lui permettant de renforcer sa crédibilité ou réduire la perception du risque d'un acheteur potentiel.

Notre analyse indique que les relations commerciales entre client et fournisseur créent de la valeur en réduisant les coûts et/ou en augmentant les avantages pour les deux parties. Cependant, Il est important de réaliser que cette valeur créée:

- ✓ doit être considérée dans sa globalité c'est-à-dire qu'il faut regarder au-delà de la valeur directe et/ou tangible pour intégrer dans l'évaluation aussi bien la valeur indirecte et intangible. Cette dernière même si elle est difficile à quantifier et/ou à long terme, pourrait être la principale source d'avantages ou de sacrifices pour les acheteurs et les fournisseurs.
- ✓ Ne doit être limité à la valeur créée par la collaboration et les efforts conjoints des deux partenaires. En effet la valeur est aussi créée dans le cadre des relations transactionnelles.
- ✓ peut engendrer des effets de débordement au-delà de la dyade considérée permettant aux partenaires de saisir de la valeur dans d'autres relations autre que la relation principale. Plus particulièrement, pour le client cela se traduit par une amélioration de l'image de marque du produit fini et même de la notoriété de l'entreprise. Pour le fournisseur, cela signifie une réputation perfectionnée grâce à son association avec la marque de l'acheteur (Brito et Miguel, 2017). De cette façon, la valeur en dehors de la dyade, en tant que débordement de la valeur créée dans la dyade, peut offrir plus d'opportunités pour son appropriation (Brito et Miguel, 2017).

4.2 LES FACTEURS INFLUENÇANT LA CRÉATION-APPROPRIATION DE VALEUR

L'étude de la revue de littérature a permis de construire un modèle des facteurs impactant la création-appropriation durable de la valeur dans les relations d'affaires et d'expliciter par conséquent les implications de ce processus sur la satisfaction des partenaires et leurs intentions de collaboration future. Il s'agit des facteurs relationnels (confiance, engagement, et communication), et structurels (pouvoir). En nous appuyant sur les résultats de l'enquête exploratoire, l'objectif de ce paragraphe est double :

- Analyser les relations entre les variables du modèle conceptuel élaboré à partir de la littérature, et,
- Déterminer les principales caractéristiques des variables étudiées dans le concept socioculturel marocain afin de favoriser la validité de leur opérationnalisation.

4.2.1 LES FACTEURS RELATIONNELS : LA QUALITÉ DE LA RELATION

Les résultats de l'enquête exploratoire ont permis de mettre en évidence les facteurs relationnels (confiance, engagement, communication) et leur lien avec la création-appropriation de la valeur dans la relation entre clients et fournisseurs.

LA CONFIANCE

Tous les managers interviewés, clients et fournisseurs, s'accordent pour souligner l'importance de la confiance dans la création- appropriation de valeur : « *je pense que la confiance est primordiale, c'est grâce elle que les affaires peuvent se développer* » (responsable commerciale chez fournisseur n°4).

Selon un autre acteur : « *la confiance est la base de toute relation réussie, elle est indispensable pour le maintien de la relation sur une longue durée » (directeur du client n°3)*

Pour un bon fonctionnement de la relation, la confiance, selon de nombreux interlocuteurs, doit être mutuelle : « *je suis confiant, car je sais pertinemment que mon fournisseur va me livrer exactement ce que j'ai demandé en terme de quantité, de qualité et au moment convenu. De même, mon fournisseur me fait aussi confiance en matière de règlement. C'est une confiance mutuelle* » affirme un responsable achat chez client n°2.

La confiance est construite progressivement par les membres de la relation tout en s'inscrivant dans une orientation à long terme comme le précise ce directeur : « *La confiance se développe à partir des transactions répétitives entre les acteurs »* (fournisseur n°8).

Dans la même logique, un autre acteur rajoute « *C'est un élément qui se construit au fil du temps*» (responsable commerciale chez fournisseur n° 4).

Beaucoup d'interviewés insistent sur une confiance fondée sur les vertus de la culture traditionnelle marocaine, tels que l'importance de la parole donnée (Ikalma) « *j'ai transporté des marchandises de l'Espagne vers le Maroc, pour un nouveau client que je ne connais même pas, et sans exigé de garanties, seulement en se basant sur la parole d'un ancien client* » (responsable commerciale chez fournisseur n° 6).

D'autres insistent sur la nécessité d'une confiance calculée et non aveugle envers le partenaire comme le souligne ce responsable commerciale « *parfois, la parole à elle seule, est suffisante pour effectuer une transaction. Et ce geste est hautement considéré par les clients et favorise leur engagement. Mais je pense que c'est une décision très risquée, il faut toujours des preuves, sinon c'est l'insécurité totale* » (fournisseur n° 1).

L'ENGAGEMENT

Les entretiens réalisés ont permis également de mettre en lumière le rôle de l'engagement dans la création-appropriation d'une valeur supérieure. Ils ont permis également de faire valoir l'importance de l'engagement dans la pérennité de la relation.

En effet, tous les acteurs insistent sur l'importance de l'engagement dans la génération continue de valeur pour les deux partenaires, et comme un pré-requis indispensable pour la stabilité de la relation d'affaire « *sans engagement, ce n'est pas la peine de continuer la relation* » (responsable logistique du client n°5).

Un autre acteur, souligne l'importance des sacrifices dans la poursuite de la relation et par conséquent la création continue de valeur en affirmant que « *les partenaires doivent faire des sacrifices de temps à autre, surtout en périodes difficiles, pour garder la relation* » (directeur du fournisseur n°9).

De même, beaucoup de gestionnaires insistent sur l'idée d'un engagement réciproque fondée sur le désir des parties de maintenir la relation sur une longue durée, afin d'en bénéficier mutuellement. Ce responsable commerciale l'affirme en disant que « *le client doit être à mes côtés, pour que je puisse être à ses côtés. Durant la basse saison, il doit me garantir un minimum de voyage. De ma part et en période de forte saison, lorsqu'il a besoin d'un doublement de capacité, je le fait volontiers »* (fournisseur n°6).

D'autres insistent sur le rôle de l'engagement comme garant d'une relation réussie et de qualité : « *l'engagement de l'entreprise vis-à-vis de la relation à travers un volume d'achat régulier et en progression ainsi que des actions marketing visant le développement de la marque du fournisseur dans notre pays, a poussé le fournisseur à s'engager davantage dans la relation en nous accordons la distribution exclusive dans la région nord-africaine, un budget marketing et une assistance dans la lutte contre la contrebande* » **(**responsable logistique chez client n°5).

En effet, la réussite de la relation peut être perçue dans l'engagement des partenaires et leurs intentions de fournir les efforts nécessaires afin de maintenir cette relation qui a de la valeur à leurs yeux plutôt que de chercher à en établir une nouvelle : « *suite à un événement imprévu qui a entrainé la chute de CA, l'entreprise n'a pas laissé tomber ses fournisseurs et a continué de s'approvisionner auprès d'eux comme convenu* » (responsable commerciale chez fournisseur n°4).

LA COMMUNICATION

Dans le discours des managers, la communication est apparue déterminante dans la création- appropriation de valeur dans les relations d'affaires.

Ainsi, le fait de transmettre par une entreprise d'une façon systématique et active des informations inhérentes à ses activités, permet à son partenaire d'organiser sa propre activité, d'éviter les imprévus et d'agir de façon efficace. Ses informations doivent être complètes et fiables comme le précise ce responsable commerciale « *le client doit nous transmettre la planification approximative de ses besoins pour que l'on puisse s'adapter et satisfaire ses demandes* » (fournisseur n°5).

Un autre acteur surenchérit « *notre fournisseur partage avec nous sa base de données (référence, couleur, taille, prix, etc.) ce qui nous facilite énormément l'intégration des produits dans le système d'information. Et nous faisons de même avec nos clients* » (responsable logistique chez client n°5).

Par conséquent, la communication offre ainsi aux parties prenantes la possibilité d'améliorer, outre leur efficacité, leur réactivité comme affirmé par ce directeur « *la communication ouverte et fréquente entre les partenaires, permet de s'adapter au marché. Lorsque certains produits affichent un prix relativement élevé par rapport à la concurrence, nous avisons le fournisseur afin de prendre les mesures nécessaires : promotion, offre de gratuités etc*. » (client n°3).

Le partage de l'information de façon fréquente, et dans les deux sens (communication bidirectionnelle), permet d'améliorer la coordination entre les membres de la dyade afin de créer et de capter plus de valeur : « *une réunion périodique est programmée chaque année pour pouvoir discuter d'un ensemble de points stratégiques tels que : les lignes directrices de l'année à venir, les futures modèles, les actions marketing à faire, etc.* » (responsable logistique client n°5).

Il ressort également de ces entretiens que la communication a une spécificité propre au contexte marocain. En effet, les deux acteurs, clients et fournisseurs, ont recours dans la pratique des affaires à la communication directe et orale, la préférant ainsi à tout autre type d'échange d'informations (courrier, mail). Comme le confirme ce directeur en disant que « *La communication directe est facile et fluide et elle est largement préférée par mes clients* » (fournisseur n°8).

Enfin, les personnes interrogées, affirment unanimement que les relations interpersonnels lorsqu'elles se développent facilitent la communication ce qui permet ainsi d'améliorer le déroulement des échanges et de renforcer la relation dans son ensemble. « Les *relations interpersonnelles sont indispensables. En effet, la relation dépasse largement le cadre professionnel pour intégrer d'autres éléments comme l'amitié* » avance un responsable commerciale chez fournisseur n°6.

Un autre responsable précise « *je ne cherche pas seulement à vendre, je cherche aussi à nouer des amitiés* » (responsable commerciale chez fournisseur n°1).

Les entretiens réalisés soulignent l'importance de la qualité relationnelle (constituée de la confiance, l'engagement et la communication) pour une plus grande création et saisie de valeur dans les relations d'affaires avec cependant certaines spécificités propres au contexte culturel marocain.

Nous abordons à présent la deuxième catégorie de facteurs d'influence de la création-appropriation de valeur, les facteurs structurels.

4.2.2 LES FACTEURS STRUCTURELS : LE POUVOIR

Les résultats des observations sur le terrain indiquent l'influence du pouvoir sur la création-appropriation de la valeur dans les relations entre clients et fournisseurs : « *le pouvoir de l'entreprise est un facteur essentiel dans les négociations commerciales et par conséquent dans le partage des bénéfices créés dans la relation* » (responsable commerciale fournisseur n°6).

En effet, le pouvoir est perçu par les répondants comme un comportement négatif et agressif, qu'il faut éviter pour ne pas affecter la relation d'affaires et compromettre la création de valeur : « *un fournisseur exclusif d'une certaine marque, a usé de son pouvoir pour imposer de nouvelles conditions d'échange en sa faveur : augmentation du prix, réduction des délais de paiement, etc. Ceci a entrainé dans une première phase la chute du chiffre d'affaires réalisé avec ce fournisseur, puis par la suite la rupture de la relation* » (responsable achats et logistique chez client n°1).

Nos résultats révèlent l'existence des deux formes de pouvoir à savoir : le pouvoir coercitif (Forcer le partenaire) et le pouvoir non coercitif (Encourager le partenaire).

Le pouvoir coercitif est associé généralement à l'utilisation par une entreprise de sa position dominante pour contraindre son partenaire et influencer les conditions de l'échange en sa faveur. Elle est considérée comme un « comportement non éthique et générateur de conflits». Cet état de fait le confirme ce responsable commerciale « *une entrepris qui abuse de son pouvoir, peut subir des conséquences négatives très importantes telles que : rupture des relations, mauvaise réputation sur le marché, isolement commercial et refus des entreprises de travailler avec elle* » (fournisseur n°6).

Dans la pratique, les entreprises évitent de recourir à cette stratégie d'influence coercitive, penchant plutôt vers des stratégies d'influence non coercitives, principalement la récompense pour encourager leurs partenaires à adopter le comportement désiré et les attitudes favorables au développement de la relation et in fine à la génération de valeur mutuelle et durable.

La preuve de l'exécution du pouvoir dans la relation a été illustrée par les exigences, les normes et les impositions par lesquels les entreprises dominantes ont poursuivi leur programme dans la relation. (Directeur du client n°3, responsable logistique chez client n°5, responsable achats et logistique chez client n°1, responsable achats chez client n°6)

L'exécution du pouvoir était également évidente dans la négociation entre acheteurs et fournisseurs. En fonction de leur pouvoir relatif et de l'avantage de pouvoir, les deux partenaires ont pu faire pression afin d'obtenir le prix le plus avantageux et les meilleures conditions. (Responsable commerciale chez fournisseur n°5 et n°6)

L'ensemble des entreprises interviewées étaient conscients de leur capacité à récompenser le partenaire, soit à travers des commandes de gros volumes du côté du client, ou bien à travers des réductions de prix et des ristournes de fin d'année du côté du fournisseur.

Les entretiens réalisés montrent ainsi que le pouvoir influence la création-appropriation de valeur dans la relation d'affaire cependant cette influence diffère selon la manière avec laquelle, il est exercé au sein de la relation.

4.3 LA SATISFACTION

De l'ensemble des entretiens réalisés, la satisfaction apparaît comme un déterminant important de la volonté des parties de pérenniser les échanges.

Tous les entreprises interrogées insistent sur l'importance de la satisfaction dans la reconduite des affaires. Celle-ci paraît comme une condition essentielle pour la pérennité et le développement de la relation commerciale comme exprimé par ce directeur « *la satisfaction est fondamentale dans les affaires, si le partenaire est insatisfait, il se tourne ailleurs* » (fournisseur n°8).

Dans la même la logique, un autre manager avance que « *la satisfaction est le moteur de la continuité relationnelle* » (responsable achat chez client n°6).

En fait, les gestionnaires questionnés affirment tous que si elles continuent à travailler avec leurs partenaires, c'est parce qu'ils sont satisfaits financièrement de leurs relations avec eux, comme l'explique ce responsable commerciale « *La satisfaction est généralement basée sur le gain saisie dans la relation* » (fournisseur n°4). Selon un autre acteur « *le relationnel, c'est important, mais il vient après la marge* » (directeur du fournisseur n° 10).

Par conséquent, c'est bien l'idée du bénéfice mutuel qui conditionne la satisfaction des partenaires et les motivent à accepter les compromis et les ajustements nécessaires au maintien de la relation : *« tant que le partenaire est satisfait, il reste*

dans la relation » confirme ce responsable commerciale chez le fournisseur n°3. Dans le même ordre d'idées, un autre interlocuteur précise : « *si la relation n'est pas génératrice de gain pour les deux partenaires, celui qui n'en profite pas va quitter la relation* » (responsable logistique chez client n°5).

Dans une relation continue, la satisfaction vis-à-vis des résultats passés est un indicateur de l'équité de l'échange (Ganesan, 1994). De tels résultats équitables et satisfaisants donnent l'assurance que les parties à l'échange vont se comporter de façon à accomplir les objectifs communs, ce qui sous-tend la décision de maintien de la relation de façon durable.

Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques des variables de notre modèle dans le contexte marocain

Tableau 2. Principales Caractéristiques des variables dans le contexte socioculturel marocain

Variable	Principales Caractéristiques dans le contexte socioculturel marocain
Création-Appropriation de valeur	- La relation doit générer des gains financiers. - La relation doit procurer un ensemble d'avantages pour les deux parties (prix et qualité … coté client ; profit et volume … coté fournisseur). - Une relation gagnant-gagnant.
Confiance	- La confiance doit être mutuelle. - Le partenaire doit être fiable, intègre et bienveillant. - Importance de la parole donnée.
Engagement	- L'engagement dans la relation doit être réciproque. - Nécessité de faire des sacrifices pour maintenir la relation. - Nécessité d'investir dans le développement de la relation.
Communication	- La communication directe et orale est largement préférée par les Managers. - Les relations interpersonnelles facilitent la communication et le partage d'informations.
Pouvoir coercitif	- Comportement agressif, négatif à éviter. - Impositions, exigences et normes.
Pouvoir non coercitif	- Encourager le partenaire à adopter le comportement désiré. - Récompenses : réductions de prix ; ristournes de fin d'années ; augmentation du volume.
Satisfaction	- La satisfaction est le moteur de la reconduite des affaires. - La satisfaction est basée principalement sur des aspects économiques. Les aspects relationnels viennent en second ordre.

5 CONCLUSION

L'enquête exploratoire nous a permis de vérifier empiriquement la pertinence théorique de notre modèle de recherche, et a permis de clarifier les concepts mobilisés et de les opérationnaliser dans le contexte culturel marocain en vue de la construction de l'outil de recueil des données.

Néanmoins cette enquête exploratoire qui constitue une première vérification empirique ne nous autorise pas à trancher dans le sens des relations supposées dans notre modèle conceptuel. La définition du modèle à tester et le test des hypothèses dépendront essentiellement de notre enquête quantitative confirmatoire.

REFERENCES

[1] Anderson, E., & Weitz, B. (1989). Determinants of Continuity in Conventional Industrial Channel Dyads. Marketing Science, 8(4), 310–323. https://doi.org/10.1287/mksc.8.4.310

[2] Anderson, J. C. (1995). Relationships in Business Markets : Exchange Episodes, Value Creation, and Their Empirical Assessment.

[3] Athanasopoulou, P. (2009). Relationship quality_ a critical literature review and.pdf.

[4] Bardin, Laurence (2003), L'analyse de contenu, Presses Universitaires de France.

[5] Belaya, V., & Hanf, J. H. (2009). The two sides of power in business-to-business relationships: implications for supply chain management. The Marketing Review, 9(4), 361–381. https://doi.org/10.1362/146934709X479926

[6] Benton, W. C., & Maloni, M. (2005). The influence of power driven buyer / seller relationships on supply chain satisfaction, 23, 1–22. https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.09.002

[7] Biggemann, S., & Buttle, F. (2012). Intrinsic value of business-to-business relationships: An empirical taxonomy. Journal of Business Research, 65(8), 1132–1138. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.08.004
[8] Blanchet A, Gotman A, (1992), L'enquête et ses méthodes, Nathan Université, (1994), Paris, 117 p.
[9] Blois, K. (2015). Lacoste, S., & Blois, K. (2015). Suppliers' power relationships with industrial key customers. Journal of Business & Industrial Marketing, 30(5).", 30, 1–29.
[10] Brito, R. P. D. E., Id, O., Date, R., Date, R., Date, A., & Article, O. (2016). Power, Governance, and Value in Collaboration: Differences between Buyer and Supplier Perspectives, 0–2. https://doi.org/10.1111/ijlh.12426
[11] Chicksand, D., & Rehme, J. (2018). Total value in business relationships: exploring the link between power and value appropriation. Journal of Business and Industrial Marketing, 33(2), 174–182. https://doi.org/10.1108/JBIM-05-2016-0100
[12] Coff, R. W. (1999). When Competitive Advantage Doesn't Lead to Performance: The Resource-Based View and Stakeholder Bargaining Power. Organization Science, 10(2), 119–133. https://doi.org/10.1287/orsc.10.2.119
[13] Coughlan, A., Anderson, E., Stern, L., & Adel, I. (2001). El-Ansary,"Marketing Channels"2001 ..
[14] Cox, A. (2001). Understanding Buyer and Supplier Power : A Framework for Procurement, 8–15.
[15] Crook, T. R., & Combs, J. G. (2007). Sources and consequences of bargaining power in supply chains, 25, 546–555. https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.05.008
[16] Emerson, R. M. (1962). Power-dependence relations. American Journal ofSociological Review, 27(February), 31–41.
[17] Emerson, R. M., John, H., Harold, T., & Blau, P. (1976). Social exchange theory +10529.
[18] El-Ansary, A.I. and Stern, L.W. (1972), "Power measurement in the distribution channel", Journal of Marketing Research, Vol. 9 No. 1, pp. 47-52
[19] Evrard Y., Pras B., Roux E. (2003), Market : Etudes et recherches en marketing, 3 ème Edition, Paris, Dunod.
[20] Farrrelly, F. J., & Quester, P. G. (2005). Examining important relationship quality constructs of the focal sponsorship exchange. Industrial Marketing Management, 34(3), 211–219. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2004.09.003
[21] French, J. R. P., & Raven, B. (1959). The bases of power, in D. Cartwright, Studies of Social Power, Ann Arbor, MI: University of Michigan, Institute for Social Research.
[22] Francis, M., Fisher, R., Thomas, A., & Rowlands, H. (2014). The meaning of 'value' in purchasing, logistics and operations management. International Journal of Production Research, 52(22), 6576–6589. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903349
[23] Ghosh, M., & John, G. (1999). Governance value analysis and marketing strategy. Journal of Marketing, 63, 13–145. https://doi.org/10.2307/1252107
[24] Guibert, N. (1999). La confiance en marketing: fondements et applications. Recherche et Applications En Marketing, 14(1), 1–19. https://doi.org/10.1177/076737019901400101
[25] Hammervoll, T., & Toften, K. (2010). Value-creation initiatives in buyer-seller relationships. European Business Review, 22(5), 539–555. https://doi.org/10.1108/09555341011068930
[26] Henneberg, S. C., Pardo, C., Mouzas, S., & Naudé, P. (2009). Value dimensions and relationship postures in dyadic "Key Relationship Programmes." Journal of Marketing Management, 25(5–6), 535–550. https://doi.org/10.1362/026725709X461849
[27] Jap, S. D. (2000). PERSPECTIVES ON JOINT COMPETITIVE ADVANTAGES IN BUYER-SUPPLIER RELATIONSHIPS* Sandy D. Jap.
[28] Jeffrey, H., & Dyer, J. H. (1998). The relational view : Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage THE RELATIONAL VIEW : COOPERATIVE STRATEGY AND SOURCES OF INTERORGANIZATIONAL COMPETITIVE ADVANTAGE. Journals.Aom.Org679–660 ,. Retrieved from https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/amr.1998.1255632
[29] Jiang, Z., Shiu, E., Henneberg, S., & Naude, P. (2016). Relationship Quality in Business to Business Relationships-Reviewing the Current Literatures and Proposing a New Measurement Model. Psychology & Marketing, 33(4), 297–313. https://doi.org/10.1002/mar.20876
[30] Kasabov, E. (2007). Towards a contingent, empirically validated, and power cognisant relationship marketing. European Journal of Marketing, 41(1/2), 94–120. https://doi.org/10.1108/03090560710718139
[31] Kim, K. (2000). On interfirm power, channel climate, and solidarity in industrial distributor-supplier dyads. Journal of the Academy of Marketing Science, 28(3), 388–405. https://doi.org/10.1177/0092070300283007
[32] Kumar, N. (2005). The power of power in supplier-retailer relationships, 863–866. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.02.003
[33] Kumar, N., Scheer, L. K., & Steenkamp, J.-B. E. M. (1995). The Effects of Supplier Fairness on Vulnerable Resellers. Journal of Marketing Research, 32(1), 54–65. https://doi.org/10.2307/3152110
[34] Lai, K. hung, Bao, Y., & Li, X. (2008). Channel relationship and business uncertainty: Evidence from the Hong Kong market. Industrial Marketing Management, 37(6), 713–724. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.05.017
[35] Lepak, D. P., Smith, K. G., & Taylor, M. S. (2007). Introduction to special topic forum value creation and value capture: A multilevel perspective. Academy of Management Review, 32(1), 180–194. https://doi.org/10.2307/20159287

[36] Lindgreen, Adam, Martin K. Hingley, D. B. G. and R. E. M. (2012). Value in Business and Industrial Marketing: Past, Present, and Future. Industrial Marketing Management, 41(1), 207–214. Retrieved from : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019850111002434

[37] Lindgreen, A., & Wynstra, F. (2005). Value in business markets: What do we know? Where are we going? Industrial Marketing Management, 34(7 SPEC. ISS.), 732–748. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.01.001

[38] Liu, Y., Li, Y., & Zhang, L. (2010). Control mechanisms across a buyer – supplier relationship quality matrix. Journal of Business Research, 63(1), 3–12. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2009.01.005

[39] Lusch, R. F., & Brown, J. R. (1996). Interdependency, Contracting, and Relational Behavior in Marketing Channels. Journal of Marketing, 60(4), 19. https://doi.org/10.2307/1251899

[40] Cherni et leroux. (2015). Dynamique relationnelle et impact sur la création- appropriation de la valeur dans les partenariats client- fournisseur.

[41] McCarter, M. W., & Northcraft, G. B. (2007). Happy together? Journal of Operations Management, 25(2), 498–511.

[42] Mizik, N., & Jacobson, R. (2003). The Financial Implications of Shifts inand Value Appropriation : Journal of Marketing, 67(January), 63–76.

[43] Morgan, R. M., & Hunt, S. D. (1994). Theory of Relationship Marketing, 58(3), 20–38.

[44] Mpinganjira, M., Roberts-Lombard, M., & Svensson, G. (2017). Validating the relationship between trust, commitment, economic and non-economic satisfaction in South African buyer-supplier relationships. Journal of Business & Industrial Marketing, 32(3), 421–431. https://doi.org/10.1108/JBIM-04-2015-0073

[45] Mucchielli, A. (1994), Les méthodes qualitatives, PUF, Paris.

[46] Mysen, T., Svensson, G., & Högevold, N. (2012). Relationship Quality-Relationship Value and Power Balance in Business Relationships: Descriptives and Propositions. Journal of Business-to-Business Marketing, 19(3), 248–285. https://doi.org/10.1080/1051712X.2012.638469

[47] Narasimhan, R., Nair, A., Griffith, D. A., Arlbjørn, J. S., & Bendoly, E. (2009). Lock-in situations in supply chains: A social exchange theoretic study of sourcing arrangements in buyer-supplier relationships. Journal of Operations Management, 27(5), 374–389. https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.10.004

[48] Noordewier, T. G., John, G., & Nevin, J. R. (1990). Performance Outcomes of Purchasing Arrangements in Industrial Buyer-Vendor Relationships. Journal of Marketing, 54(4), 80. https://doi.org/10.2307/1251761

[49] Nyaga, G. N., Lynch, D. F., Marshall, D., & Ambrose, E. (2013). Power asymmetry, adaptation and collaboration in dyadic relationships involving a powerful partner. Journal of Supply Chain Management, 49(3), 42–65. https://doi.org/10.1111/jscm.12011

[50] Nyaga, G. N., & Whipple, J. M. (2011). Relationship quality and performance outcomes: Achieving a sustainable competitive advantage. Journal of Business Logistics, 32(4), 345–360. https://doi.org/10.1111/j.0000-0000.2011.01030.x

[51] Palmatier, R. W. (2008). Interfirm Relational Drivers of Customer Value. Journal of Marketing, 72(4), 76–89. https://doi.org/10.1509/jmkg.72.4.76

[52] Palmatier, R. W., Dant, R. P., Grewal, D., & Evans, K. R. (2006). Factors Influencing the Effectiveness of Relationship Marketing :, 70(October), 136–153.

[53] Payne, A., & Holt, S. (2001). Diagnosing Customer Value: Integrating the Value Process and Relationship Marketing. British Journal of Management, 12(2), 159–182. https://doi.org/10.1111/1467-8551.00192

[54] Ramaseshan, B., Yip, L. S. C., & Pae, J. H. (2006). Power, Satisfaction, and Relationship Commitment in Chinese Store - Tenant Relationship and Their Impact on Performance. Journal of Retailing, 82(1), 63–70. https://doi.org/10.1016/j.jretai.2005.11.004

[55] Ramsay, J. (2005). The real meaning of value in trading relationships. International Journal of Operations & Production Management, 25(6), 549–565. https://doi.org/10.1108/01443570510599719

[56] Sahadev, S. (2006). Economic Satisfaction And Relationship Commitment In Channels : The Moderating Role Of Environmental Uncertainty , Collaborative Communication And Coordination Strategy Economic Satisfaction and Relationship Commitment in Channels : The Moderating Role of. Emeraldinsight.Com23–1. Retrieved from https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/03090560810840961

[57] Sandberg, E., Pal, R., & Hemilä, J. (2018). Exploring value creation and appropriation in the reverse clothing supply chain. International Journal of Logistics Management, 29(1), 90–109. https://doi.org/10.1108/IJLM-10-2016-0241

[58] Schleper, M. C., Blome, C., & Wuttke, D. A. (2017). The Dark Side of Buyer Power : Supplier Exploitation and the Role of Ethical The Dark Side of Buyer Power : Supplier Exploitation and the Role of Ethical Climates. Journal of Business Ethics, 140(1), 97–114. https://doi.org/10.1007/s10551-015-2681-6

[59] Sivadas, E., Holmes, T. L., & Dwyer, F. R. (2012). Interorganizational Information Systems and Business-to-Business Relationships: System Characteristics, Assistance, Performance, Satisfaction, and Commitment Model. Journal of Marketing Channels, 19(1), 17–48. https://doi.org/10.1080/1046669X.2012.635369

[60] Thiétart, R. A. (2003). Méthodes de recherche en management. 2014. Retrieved from https://scholar.google.com/scholar?hl=ar&as_sdt=0%2C5&q=méthodes+de+recherche+en+management-4ème+édition+thietart+2014&btnG=

[61] Ulaga, W., & Eggert, A. (2006). Relationship value and relationship quality: Broadening the nomological network of business-to-business relationships. European Journal of Marketing, 40(3–4), 311–327. https://doi.org/10.1108/03090560610648075

[62] Ulaga, W., Eggert, A., & Eggert, A. (2008). Relationship Value in Business Markets : The Construct and Its Dimensions Relationship Value in Business Markets : The Construct and Its Dimensions, (December 2011), 37–41.

[63] Wagner, S. M., Eggert, A., & Lindemann, E. (2010). Creating and appropriating value in collaborative relationships. Journal of Business Research, 63(8), 840–848. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.01.004

[64] Wagner, S. M., & Lindemann, E. (2008). Determinants of value sharing in channel relationships. Journal of Business and Industrial Marketing, 23(8), 544–553. https://doi.org/10.1108/08858620810913353

[65] Wong, Y. H., Leung, T. K. P., Hung, H., & Ngai, E. W. T. (2007). A model of guanxi development: Flexibility, commitment and capital exchange. Total Quality Management and Business Excellence. https://doi.org/10.1080/14783360701350607

[66] Yang, J., Wang, J., Wong, C. W. Y., & Lai, K. (2008). Relational stability and alliance performance in supply chain, 36, 600–607.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 504-506
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

LES JUMEAUX CONJOINTS : A PROPOS D'UN CAS ET REVUE DE LA LITTERATURE

[THE CONJOINED TWINS : ABOUT A CASE AND REVIEW OF LITERATURE]

A. Abida[1], D. Kasmi[1], A. Ahallat[2], M. El Youssfi[1], A. Chenguiti Ansari[1], and S. Bargach[1]

[1]Service de gynécologie obstétrique cancérologie et grossesse à haut risque, maternité Souissi, Université Mohamed V, Rabat, Maroc

[2]Service de chirurgie générale, Institut d'oncologie de Rabat, Maroc

Copyright © 2018 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: Conjoined twins (JC) represent a malformative abnormality that concerns monozygotic twin pregnancies, it is a rare entity that poses a real diagnostic and therapeutic challenge. We report a case of Conjoined twins through which we will expose the various difficulties encountered during the management of this type of anomalies.

KEYWORDS: Conjoined twins, Congenital malformation, monozygotic pregnancies, prenatal diagnosis.

RESUME: Les jumeaux conjoints (JC) représentent une anomalie malformative qui concerne les grossesses gémellaires monozygotes, c'est une entité rare qui pose un véritable challenge diagnostic et thérapeutique. Nous rapportons un cas de jumeaux conjoint à travers lequel, nous exposerons les différentes difficultés rencontrées au cours de la gestion et la prise en charge de ce type d'anomalies.

MOTS-CLEFS: Jumeaux conjoints, malformation congénitale, grossesses monozygotes, diagnostic anténatal.

1 INTRODUCTION

Les jumeaux conjoints résultent d'une division incomplète du disque embryonnaire qui survient au-delà de 13 jours après la fécondation [1,2], il s'agit d'une pathologie rare dont la prévalence est variable de 1/50000 et 1/200000 naissances et 1% des grossesses monozygotes [3,4,5].

2 OBSERVATION

Patiente de 37 ans, 3ème geste 2^{èème} pare, ayant 2 enfants vivants. Patiente au stade d'insuffisance rénal chnonique depuis Février 2017 avec dialyse péritonéale à raison de 3 séances par semaine. Le traitement en cours : lasilix, kardejic, cacit 1000 et le fer injectable. La patiente a comme antécédent obstétricaux 2 accouchements par voie basse menés à terme, le dernier date de 9 ans.

La patiente est venue aux urgences de la maternité Souissi accompagnée de son néphrologue pour contractions utérines ressenties au cours d'une séance de dialyse. Le motif d'hospitalisation dans notre structure : menace d'accouchement prématuré sur grossesse gémellaire de 27 semaines.

L'examen obstétrical retrouva une hauteur utérine à 30 centimètres avec une dilatation cervicale à 4 centimètres. Une échographie à été réalisée démontra une grossesse gémellaire avec forte suspicion de siamois. Une césarienne fut indiquée.

Corresponding Author: A. Abida

A l'extraction, il s'agissait d'un jumeau conjoint de sexe Féminin, avec union au niveau du pelvis (ischiopage), pesant en totalité 2400g, avec deux pôles céphaliques distincts, un cordon ombilical unique, les organes génitaux externes étaient d'aspect normale et les membres inférieurs et supérieurs ne présentaient aucune anomalies. Les deux jumeaux sont décédés à leur 2ème jour de vie.



Fig. 1. Jumeau conjoint à 27 semaines

3 DISCUSSION

Les jumeaux conjoints est une complication rare et grave des grossesse monozygotes, atteignant le sexe féminin surtout avec une fréquence de 70% des cas [3,6,7], le pronostic dépend du degrés de fusion, des organes en communs, et des autres anomalies associées.

Le mécanisme de formation des jumeaux conjoints repose sur deux théories explicatives, la théorie de la fusion secondaire et partielle des deux disques embryonnaire monozygote initialement séparés, mais cette théorie est écartée au profit de la scission incomplète et tardive d'un disque embryonnaire [2,8].

Les jumeaux sont classés selon la zone de fusion ainsi que l'identifications des organes communs, on distingue plusieurs types: les craniopages, les céphalopages, les thoracopages, les omphalopages, les parapages, les pyopages et les ischiopages[2,8,9]. La duplication du cerveau, du cœur, des extrémités, de la colonne vertébrale, et du foie est de très mauvais pronostic [10].

Le diagnostic anténatal du jumeau conjoint repose sur l'échographie. Le premier examen échographique a été réalisé par Wilson en 1976 à 35semaine d'aménorrhée [11], le diagnostic anténatal se fera de plus en plus précocement par la suite. Les autres techniques d'imagerie à savoir l'imagerie par résonnance magnétique, contenu utérin, sont utile pour le diagnostic et peuvent apporter un complément d'information à visée pronostique [2,12]. Le diagnostic précoce des JC est possible au premier trimestre à partir de 12 à 14SA [12,13,14], certaine forme incomplète peuvent être difficile à diagnostiquer, une échographie réalisé à 22SA permet d'élucider ces formes, de localiser de manière plus précise la zone de rattachement, analyser les structures dupliquées et de chercher les malformations associées en particulier les anomalies cardiaques[2,7].

Les signes échographique au premiers trimestre repose sur les critères suivant: un seul sac gestationnel identifiable, avec une couronne trophoblastique, une seule poche amniotique, et il n'existe qu'une seule vésicule vitelline cloisonnée entre l'amnios et le chorion, la masse embryonnaire est visible, compacte, souvent d'aspect bifide lorsque l'accolement est important, quand l'accolement est minime il s'agit de deux masse distinctes[15].

La visualisation d'organes dupliqués (cœur, foie, estomac...) au sein de la même masse confirme le diagnostic. D'autre signes orientent vers le diagnostic tel que la détection de plus de trois vaisseaux au sein du cordon ombilical unique, les pôles céphalique situés à proximité, ainsi que les deux corps en miroir [16]. La persistance de la position des deux corps l'un par rapport à l'autre lors des échographies successives, et les colonnes cervicales en hyperextentions sont également évocateur de diagnostic [16].

L'analyse échographique ne s'arrêtera pas au diagnostic, il faut essayer de déterminer la zone d'accolement, d'identifier le nombre d'organes dupliquées ou communs, et de rechercher d'autre malformations qui sont fréquente et peuvent aggraver le pronostic (malformations cardiaques [16], omphalocéles et anomalies urinaires [17], défects du tube neural [18]).

La prise en charge obstétricale sera en fonction du terme. L'accouchement par voie basse est possible avant 24SA [14], au-delà de ce terme l'accouchement se fait par césarienne afin d'éviter d'éventuelles complications maternelles [14]. Par ailleurs une surveillance attentive et multidisciplinaire s'impose jusqu'à terme [12].

4 CONCLUSION

Le pronostic des jumeaux conjoint dépend essentielle du site d'accolement, et le nombre d'organes en communs, de diagnostic anténatal précoce dès le premier trimestre sera important pour affirmer le diagnostic et évaluer les éventuelles anomalies associées.

RÉFÉRENCES

[1] R. Konan Blé, K. Séni, S. Adjoussou, G. Quenum, E. Akaffou, M. Koné Jumeaux conjoints craniopages : difficultés de prise en charge en milieu africain Gynecol Obstet Fertil, 36 (2008), pp. 56–59.

[2] E. Quarello, Y. Ville Imagerie des grossesses gémellaires Sauramps Medical, Paris (2005) 74-83.

[3] M.L. Marinez-Frias, E. Bermejo, J. Mendioroz, E. Rodriguez-Pinilla, M. Blanco, J. Egues, *et al.* Epidemiological and clinical analysis of a consecutive series of conjoined twins in Spain J Pediatr Surg, 44 (2009), pp. 811–820.

[4] J.C. Pons, C. Charlemaine, E. Papiernik Les grossesses multiples Flammarion, Paris (2000) 311.

[5] P. Raynal, T. Petit, P. Ravasse, M. Herlicoviez Un cas rare de jumeau hétéropages épigastriques J Gynecol Obstet Biol Reprod, 30 (1) (2001), pp. 65–69.

[6] G. Body, F. Perrotin, A. Guichet, C. Paillet, P. Descamps La pratique du diagnostic prénatal Masson, Paris (2001) p. 227–35.

[7] R.A. Barth, H.C. Crowe Ultrasound evaluation of multifetal gestations P.W. Callen (Ed.), Ultrasonography in obstetrics and gynecology (4th ed.), Saunders, Philadelphie (2000), pp. 171–205.

[8] R. Spencer Theoretical and analytical embryology of conjoined twins: part I: embryogenesis Clin Anat, 13 (2000), pp. 36–53.

[9] R.A. Spencer Anatomic description of conjoined twins: a plea for standardized terminology J Pediatr Surg, 31 (1996), pp. 941–944.

[10] Y.H Lam, S.Y Sin, C Lam, C.P Pee, M.H.Y Tang, H.Y Tse Prenatal sonographic diagnosis of conjoined twins in the first trimester : two cases reports Ultrasound Obstet Gynecol, 11 (1998), pp. 289–291.

[11] R.L Wilson, C.L Cetrulo, M.S Shaub The prepartum diagnosis of conjoined twins by the use of diagnosis ultrasound Am J Obstet Gynecol, 126 (1976), pp. 737–737.

[12] T.C. Mackenzie, T.M. Crombleholme, M.P. Johnson, L. Schnaufer, A.W. Flake, H.L. Hedrick, *et al.* The natural history of prenatally diagnosed conjoined twins J Pediatr Surg, 37 (3) (2002), pp. 303–309.

[13] A. Al Rabeeah Conjoined twins – past, present and future J Pediatr Surg, 41 (5) (2006), pp. 1000–1004.

[14] M. Hovorakova, R. Peterkova, Z. Likovsky, M. Peterka A case of conjoined twin's cephalothoracopagus janiceps disymmetros Reprod Toxicol, 26 (2008), pp. 178–182.

[15] Monteagudo A, Timor-Tritsch IETransvaginal sonography of the first-trimester multifetal pregnancyUltrasound and multifetal pregnancy, The Parthenon Publishing Group, New York, London (1998), pp. 31-60.

[16] B. Broussin Les jumeaux conjoints : diagnostic anténatal J Pediatr Puericult, 13 (4) (2000), pp. 218–224.

[17] J.C. Shih, *et al.* Concordant body stalk anomaly in monozygotic twinning--early embryo cleavage disorder Prenat Diagn, 16 (5) (1996), pp. 467–470.

[18] R.A Barth, R.A Filly, J.D Goldberg, P Moore, N.H Silverman Conjoined twins : prenatal diagnosis and assessment of associated malformations Radiology, 177 (1990), pp. 201–207.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 507-510
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Grossesse ectopique ovarienne : A propos d'un cas et revue de littérature

[Ectopic ovarian pregnancy : About a case and literature review]

A. Abida[1], D. Kasmi[1], A. Ahallat[2], A. Ragala[1], M. El Youssfi[1], and S. Bargach[1]

[1]Service de gynécologie obstétrique cancérologie et grossesse à haut risque, maternité Souissi, Université Mohamed V, Rabat, Maroc

[2]Service de chirurgie générale, Institut d'oncologie de Rabat, Maroc

Copyright © 2018 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: Ovarian pregnancy (GO) is rare. Unlike other types of GEU, GO remains an isolated and exceptional phenomenon in a woman's life, independent of the usual risk factors and the exact mechanism leading to a GO remains poorly understood. The anatomopathological study authenticates the diagnosis, sometimes referred to intraoperatively. . We report the case of ovarian pregnancy met at the Souissi maternity hospital in Rabat and the different stages of care.

KEYWORDS: Ectopic ovarian pregnancy, GEU, GO.

RÉSUMÉ: La grossesse ovarienne (GO) est rare. Contrairement aux autres types de GEU, la GO reste un phénomène isolé et exceptionnel dans la vie d'une femme, indépendant des facteurs de risques habituels et le mécanisme exact conduisant à une GO demeure mal élucidé. L'étude anatomopathologique authentifie le diagnostic, parfois évoqué enperopératoire. Nous rapportons le cas d'une grossesse ovarienne rencontrée à la maternité Souissi de Rabat ainsi que les différentes étapes de la prise en charge.

MOTS-CLEFS: Grossesse ectopique ovarienne, GEU, GO.

1 INTRODUCTION

La grossesse ovarienne (GO) est une variété de grossesse où l'ovaire est le siège de la nidation [1]. Elle occupe une place particulière parmi les grossesses ectopiques en raison de sa rareté qui est liée d'une part à sa définition qui prend en compte des critères anatomiques, et d'autre part à des démarches diagnostiques bien codifiées. Contrairement, aux autres types de grossesse extra-utérine (GEU) la GO reste un phénomène isolé et exceptionnel, indépendant des facteurs de risques habituels. D'autant plus que le mécanisme exact aboutissant à une GO est encore mal élucidé. Par rapport aux autres GEU, d'autres formes de révélation de la GO ont été rapportées comme quoi la GO peut évoluer jusqu'au 2ème trimestre, voire jusqu'à terme [2].

2 OBSERVATION

Patiente de 30 ans, 4ème 3ème pare, sans antécédents pathologiques particuliers admise aux urgences gynécologique et obstétricale de la maternité Souissi de Rabat pour prise en charge de douleur pelvienne sur aménorrhée de 20 semaines. L'examen clinique à l'admission trouva une patiente stable sur le plan hémodynamique. L'examen au spéculum mit en évidence

un col d'aspect gravide. Le toucher vaginal combiné au palpé abdominal objectiva un col long fermé postérieur avec un utérus arrivant à la hauteur de la symphyse pubienne avec une masse latéro-utérine droite séparée de ce dernier. La patiente a bénéficié initialement d'une échographie pelvienne avec un bilan biologique. Le bilan a objectivé une anémie à10g/dl le reste du bilan sans anomalie. L'échographie a mis en évidence une masse latéro-utérine de 10 centimètre de grand axe avec embryon à l'intérieur un embryon de 14 semaine sans activité cardiaque. L'utérus était vide avec un endomètre épaissi à 14 millimètre.

Une indication de laparotomie a été posée. On a opté pour une incision médiane.

A l'exploration, c'était une grossesse ovarienne droite non rompue avec adhérences multiples avec le digestif en postérieur avec la face postérieure de l'utérus. Nous avons procédés à une adhésiolyse puis à une annexectomie droite. La patiente a bien évolué dans le post-opératoire. Elle est sortie 5 jours après avec prescription de contraception orale et de fer à dose curative.



Fig. 1.masse ovarienne droite

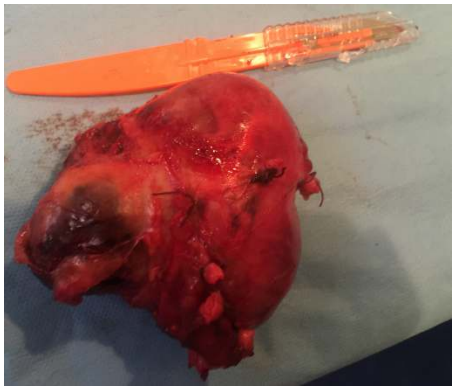


Fig. 2. Annexectomie droite



Fig. 3. Visualisation de l'embryon après dissection de la masse

3 DISCUSSION

La grossesse ovarienne (GO) représente 3 % des grossesses extra-utérines[3]. Sa physiopathologie est mal connue, elle semblerait être secondaire à un reflux de l'ovocyte fécondé vers l'ovaire [4]. Les cas de GO après fécondations in vitro rapportées par la littérature confortent la théorie du reflux [5]. La grossesse s'implante préférentiellement sur la cicatrice de l'ostium folliculaire d'origine, riche en fibrine et en néo capillaires [5]. Cette théorie correspond aux formes intra folliculaire et juxta folliculaire. Plus rarement, cette implantation va se faire à distance du corps jaune ou même sur l'ovaire controlatéral, correspondant alors aux formes juxta corticale et interstitielle dont la physiopathologie demeure obscure. Plus rarement, la GO peut être bilatérale ou faire partie d'une grossesse hétérotopique [6].

Cependant l'incrimination des pathologies inflammatoires du pelvis dans la genèse des GO ne fait pas l'unanimité des auteurs [5,7]. Par ailleurs, la contraception par un DIU paraît particulièrement associée aux grossesses ovariennes [7,8]. En effet, plusieurs auteurs sur des séries de 7 à 26 GO [8, 9, 10,11] ont noté des proportions allant de 57 à 90 % de patientes porteuses de stérilet. Pour les autres GEU le stérilet n'est retrouvé que chez 14 à 30 % des patientes [12, 13, 14, 15]. Le rôle du stérilet semble être expliqué par l'altération de la motilité tubaire, facilitant ainsi l'implantation au niveau de l'ovaire [5].

Les patientes sont le plus souvent vues dans un contexte d'urgence, en état de choc [13].

Le diagnostic de grossesse ovarienne peut être évoqué à l'échographie par un opérateur performant. On peut mettre en évidence un sac gestationnel attenant à l'ovaire ou comme certains l'on décrit, un double anneau hyperéchogène au sein d'une masse latéro-utérine hypoéchogène avec ou sans embryon [5]. En effet, selon l'âge de la grossesse, plusieurs images échographiques ont été décrites dans la littérature[16]. Certains critères échographiques sont très suggestifs de la localisation ovarienne de la grossesse: La présence d'image ronde anéchogène avec une couronne hyperéchogène à la surface de l'ovaire, la présence de parenchyme ovarien comme un corps jaune ou un follicule entourant la masse, et une echogènicité de la masse plus élevée que celle de l'ovaire [16]. Le diagnostic différentiel se pose souvent avec un kyste du corps jaune ou un kyste hémorragique. Dans ce cas, l'échographie tridimensionnelle (3D) semble pouvoir faire la différence grâce aux plans de coupe [16,17]. Le Doppler énergie, ne semble pas intéressant pour le diagnostic [16,18]. Le doppler pulsé semble avoir plus d'intérêt.

En fait, il faut savoir qu'il n'existe aucun signe échographique spécifique de la grossesse ovarienne [19].

Des critères de diagnostic per-opératoires de la grossesse ovarienne ont été précisés depuis 1878 ans par Spiegel berg [20]: La trompe du côté atteint doit être indemne jusqu'au pavillon, le sac ovulaire doit occuper la place anatomique habituelle de l'ovaire. Celui-ci doit être lié à l'utérus par le ligament utéro-ovarien, il doit y avoir du tissu ovarien dans la paroi du sac ovulaire. Cependant ces critères sont anciens et n'intègrent pas les méthodes modernes de diagnostic, de traitement et de suivi de GEU [5]. D'autre part il est difficile de les valider en totalité surtout que la pratique de l'ovariectomie est actuellement peu fréquente. Sergent F et al [5] ont proposé d'autres critères permettant de poser le diagnostic de GO avec certitude [5]. Ces critères incluent en dehors des constations per-opératoires déjà décrites l'évaluation des taux de HCG [5]. Concernant le volet thérapeutique, le traitement de référence des GO est chirurgical. La coelioscopie avec traitement conservateur est de plus en plus indiquée [5,21]. La laparotomie garde son indication devant un hémopéritoine majeur avec un état hémodynamique instable. Le traitement doit être conservateur dans la mesure du possible. Plusieurs techniques chirurgicales ont été décrites : résection cunéiforme de l'ovaire emportant la GO, énucléation de la GO, kystectomie du corps jaune emportant le trophoblaste, curetage du trophoblaste avec coagulation ou surjet hémostatique du lit de la GO [22] Dans de rares cas, du fait du développement avancé de la grossesse, l'ovariectomie voire l'annexectomie peut s'imposer [23].

Le traitement médical des GO est très peu décrit dans la littérature [24]. En effet, la GO est souvent diagnostiquée au stade de complications empêchant le recours au traitement médical en première intention [25]. L'adjonction de méthotrexate (MTX) peut s'envisager en rattrapage d'un traitement chirurgical insuffisant.

4 CONCLUSION

La grossesse ovarienne est une pathologie rare qui présente certaines particularités sémiologiques par rapport aux autres GEU. Son diagnostic est difficile et repose sur des critères se basant sur des constatations per- opératoires. Sa prise en charge thérapeutique reste chirurgicale malgré les progrès du traitement médical.

REFERENCES

[1] Chahtane A, Dehaymi M, Rhrab B, Kharbach A, El Armani S, Chaoui A. La grossesse ovarienne: à propos de 14 observations avec revue de la littérature. Revue Française de Gynécologie obstétrique. 1993;88(1):35–38. [PubMed]

[2] Shahabuddin A, Chowdhury S. Primary term ovarian pregnancy superimposed by intrauterine pregnancy: a case report. J Obstet Gynaecol Res. 1998;24(2):109–114. [PubMed]

[3] KRAEMER B, ABELE H, HAHN M, WALLWIENER D, RAJAB TK, HORNUNG R. Cervical ectopic pregnancy on the portio: conservative case management and clinical review. Fertil Steril 2008; 90:2011.

[4] KRAEMER B ET AL. Ovarian ectopic pregnancy: diagnosis, treatment, correlation to Carnegie stage 16 and review based on a clinical case. Fertil and Steril 2009; 92:392.

[5] SERGENT F, MAUGER-TINLOT F, GRAVIER A, VERSPYCK E, MARPEAU L. Grossesses ovariennes : réévaluation des critères diagnostiques. J Gynecol Obstet Biol Reprod 2002; 31 : 741-746.

[6] MOLINARO TA, BARNHART KT. Ectopic pregnancies in unusual locations. Semin Reprod Med 2007; 25:123–30.

[7] COMSTOCK C, HUSTON K, LEE W. The ultrasonographic appearance of ovarian ectopic pregnancies. Obstet Gynecol 2005;105:42–5.

[8] GHI T, BANFI A, MARCONI R, IACO PD, PILU G, ALOYSIO DD, ET AL. Three dimensional sonographic diagnosis of ovarian pregnancy. Ultrasound Obstet Gynecol 2005; 26:102–4.

[9] RAZIEL A, GOLAN A, PANSKY M, RON-EL R, BUKOVSKY I, CASPI E. Ovarian pregnancy: a report of twenty cases in one institution. Am J Obstet Gynecol 1990; 163: 1182-5.

[10] HERBERTSSON G, MAGNUSSON SS, BENEDIKTSDOTTIR K. Ovarian pregnancy and IUCD use in a defined complete population. Acta Obstet Gynecol Scand1987; 66: 607-10.

[11] CABERO A, LASO E, LAIN JM, MANAS C, ESCRIBANO I, CALAF J. Increasing incidence of ovarian pregnancy. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 1989; 31: 227-32.

[12] JOB-SPIRA N, COSTE J, AUBLET-CUVELIER B, GERMAIN E, FERNANDEZ H, BOUYER J, ET AL. Fréquence de la grossesse extrautérine et caractéristiques des femmes traitées. Premiersrésultats du registre d'Auvergne.Presse Med 1995; 24: 351-5.

[13] ERCAL T, CINAR O, MUMCU A, LACIN S, OZER E. Ovarian pregnancy; relationship to an intrauterine device. J Obstet Gynecol1997; 37: 362-4.

[14] BOUYER J, RACHOU E, GERMAIN E, FERNANDEZ H, COSTE J, POULY JL, ET AL. Risk factors for extrauterine pregnancy in women using an intrauterine device. Fertil Steril2000; 74: 899-908.

[15] ABOUD E. A five-year review of ectopic pregnancy.Clin ExpObstet Gynecol 1997; 24: 127-9

[16] GHI T, BANFI A, MARCONI R ET AL. Three-dimensional sonographic diagnosis of ovarian pregnancy. Ultrasound Obstet Gynecol 2005; 26: 102–104.

[17] EINENKEL J, BAIER D, HORN L-C ET AL. Laparoscopic therapy of an intact primary ovarian pregnancy with ovarian hyperstimulation syndrome. Hum Reprod 2000; 15(9): 2037–2040.

[18] COMSTOCK C, HUSTON K, LEE W. The ultrasonographic appearance of ovarian ectopic pregnancies. Obstet Gynecol 2005;105:42–5

[19] ATRI M. Ectopic pregnancy versus corpus luteum cyst revisited: best Doppler predictors. J Ultrasound Med 2003; 22:1181–4.

[20] KIRK E, BOURNET, TOM BOURNE. Diagnosis of ectopic pregnancy with ultrasound. Best Practice & Research Clinical Obstetrics and Gynaecology 2009; 23: 501–508.

[21] CEPNI I, OCAL P, ERKAN S ET AL. Conservative treatment of cervical ectopic pregnancy with transvaginal ultrasound guided aspiration and single-dose methotrexate. Fertil Steril 2004; 81: 1130–1132.

[22] RIETHMULLER D, SAUTIERE JL, BENOIT S, ROTH P, SCHAAL JP, MAILLET R. Diagnostic échographique et traitement laparoscopique d'une grossesse ovarienne. À propos d'un cas et revue de la littérature. J Gynecol Obstet Biol Reprod 1996; 25 : 378- 83.

[23] GAUBERT P, DUFOUR P, DEVISME L, MASSONI F, QUERLEU D. Grossesse ovarienne. À propos d'une observation. Presse Med1999; 28: 2103.

[24] MARCUS SF, BRINSDEN PR. Primary ovarian pregnancy after in vitro fertilization and embryo transfer: report of seven cases. Fertil Steril 1993; 60: 167-9.

[25] JOURDAIN O, FONTANGES M, SCHIANO A, RAUCH F, GONNET JM. Prise en charge des autres ectopies annexielles (cornuale, interstitielle, angulaire, ovarienne). J Gynecol Obstet Biol Reprod 2003; 32 [suppl]:93-100.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 511-533
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

UTILISATION ET APPORT DE LA GEOCHIMIE DES CHAPEAUX DE FER EN PROSPECTION DES AMAS SULFURES : CAS DU GISEMENT DE KOUDIAT AICHA DANS LES JEBILETS CENTRALES - MAROC

[USE AND CONTRIBUTION OF THE GEOCHEMISTRY OF GOSSAN TO THE PROSPECTING FOR MASSIVE SULPHIDE DEPOSIT : CASE OF THE KOUDIAT AICHA DEPOSIT IN CENTRAL JEBILET - MOROCCO]

Fouad Lotfi[1] and S. Brunet[2]

[1]Exploration et Gestion des Ressources Naturelles et Environnementale, Université Ibn Zohr, Faculté Polydisciplinaire de Taroudant, Maroc

[2]Managen, Casablanca, Maroc

Copyright © 2018 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 central Jebilets located to the south west of the Moroccan meseta represent a metalliferous province containing numerous deposits and massive sulphide index, of which the Koudiat Aïcha deposit is one of them.
This last enclosed in the series of Saghlef attributed to the upper visean. It is predominantly pyrrhotite, contains minerals of the base metals such as sphalerite, galena, chalcopyrite, arsenopyrite and some traces of stannite. The orebody is enclosed in argillites interspersed with gabbroic magmatic sills at the footwall and hanging wall of the mineralization. It is materialized on the surface by the development of a gossan with iron oxides and hydroxides (hematite, magnetite, goethite, limonite, malachite ...), and shows an NS orientation according to the direction of the orebody.
This study intersted with the search for distinctive criteria between gossan assigned to mineralization of economic interest in relation to massive sulphide and those developed on iron deposits or other non-economic iron indices near the sector of Koudiat Aïcha. This approach has made it possible to identify criteria that make it possible to distinguish the gossan of products directly from polymetallic base metal mineralization. The elements analyzed, such as Ag, As, Bi and Sn, in addition to the elements searched, made it possible to identify the gossan directly assigned to the Koudiat Aïcha deposit and to pinpoint its location.
The results obtained are in good agreement with the data of the magnetic and gravimetric studies realized in carried out around the area of Koudiat Aïcha deposit. These results can be applied to all the ferruginous indices near the sector of Koudiat Aïcha in the Central Jebilet, see its extrapolation towards all the Hercynian lands.

KEYWORDS: Central Jebilet, Koudiat Aïcha, Gossan de fer, exploration base, metal.

RÉSUMÉ: Les Jebilet centrales situées au sud-ouest de la meseta marocaine représentent une province métallifère renfermant de nombreux gisements et indice à sulfures massifs dont le gisement de Koudiat Aïcha en fait partie. Ce dernier encaissé dans la série de Saghlef attribué au visé en supérieur. Il est à prédominance de pyrrhotite, renferme des minéraux des métaux de base tels que la sphalérite, la galène, la chalcopyrite, l'arsénopyrite et quelques traces de stannite. Le corps minéralisé est encaissé au sein d'argilites intercalées par des sills magmatiques gabbroïques au toit et au mur de la minéralisation. Il est matérialisé en surface par le développement d'un chapeau de fer à oxydes et hydroxydes de fer (hématite, magnétite, goethite, limonite, malachite…), et montre une orientation NS selon la direction du corps minéralisé.
Cette étude porte sur la recherche des critères distinctifs entre les chapeaux de fer liés à des minéralisations d'intérêt économique en relation avec les amas sulfurés et ceux développés sur des gîtes ferrifères ou autres indices ferrifères non économiques avoisinant le secteur de Koudiat Aïcha. Cette approche a permis de mettre en évidence des critères permettant

Corresponding Author: Fouad Lotfi

de distinguer les chapeaux de fer liés directement à la minéralisation polymétallique à métaux de base. Les éléments analysés tel que Ag, As, Bi et Sn en plus des éléments recherchés, ont permis de bien identifier les chapeaux de fer liés directement au gisement de Koudiat Aïcha, et de bien cerner son emplacement. Les résultats obtenus sont en bonne concordance aux résultats des études magnétiques et gravimétriques réalisées dans le secteur. Ces résultats peuvent être appliqués sur l'ensemble des indices ferrugineux avoisinant le secteur de Koudiat Aïcha dans les Jebilet centrales voir son extrapolation vers l'ensemble des terrains hercyniens.

MOTS-CLEFS: Jebilet centrales, Koudiat Aïcha, chapeau de fer, exploration, métaux de base.

1 INTRODUCTION

Les gisements de sulfures massifs volcanogènes présentent un mode de formation propre par rapport aux divers gisements métallifères connus. La minéralisation est mise en place localement par précipitation de sulfures sur le plancher sous-marin, précédé de l'altération hydrothermale des roches encaissantes.

La prospection classique du sol et des indices ferrugineux à l'affleurement permettra de délimiter les extensions des zones minéralisées dans les zones anomales. En revanche, la prospection géochimique permet dans un certains cas, d'obtenir des indications de l'emplacement précis du corps minéralisé avec une certaines finesse pour les gîtes cachés, redressés et encaissés en milieu d'épais recouvrements [1], et dans d'autres cas de distinguer à la surface les chapeaux de fer prometteurs.

Les chapeaux de fer constituent les cibles pour l'exploration géochimique à l'affleurement, et ont mené à la découverte de nombreux gisements minéralisés [2]. Un prélèvement des échantillons destinés à l'analyse pour les éléments métalliques recherchés ainsi que pour leurs éléments indicateurs serviront à l'élaboration des cartes de dispersion des différents éléments analysés [3]. Une bonne interprétation des cartes géochimiques pourra guider au meilleur profit la détermination parfaite du gisement prometteur, le lancement d'une campagne de sondages et par la suite l'ouverture d'un chantier minier.

Cette étude du secteur de Koudiat Aïcha, rentre dans le cadre du projet global d'exploration des amas sulfurées volcanogènes polymétalliques à Zn, Pb, Cu et Fe des Jebilets centrales et du massif de Guemassa entamées quelques décennies. L'objectif principal de la présente étude était de démontrer l'applicabilité de la méthode géochimique destinée aux chapeaux de fer affleurant dans le secteur de Koudiat Aïcha. Elle s'est focalisée sur la détermination des éléments métalliques contenus dans la zone d'oxydation comme moyen d'évaluation et de prospection initial, susceptible de complémenter l'exploration géochimique des chapeaux de fer. L'étude consistait à développer une procédure efficace et économique, et investigue tous les résultats lithogéochimiques et géophysiques antérieurs pour affirmer toute hypothèse de présence de corps minéralisé en profondeur.

2 LOCALISATION ET GÉOLOGIE GÉNÉRALE

Le Maroc est localisé au coin nord-ouest de la plateforme saharienne. Il est entouré par les plaques mobiles de la mer méditerranée au Nord et l'océan atlantique à l'Ouest (Fig. 1a). Afin de situer la région étudiée, nous allons esquisser la géologie générale du Maroc hercynien.

En effet, au cours de sa longue histoire géologique conditionnée par cette position de charnière, entre les continents Africain, Européen et Américain…, plusieurs cycles orogéniques (Précambrien, Hercynien et Alpin) se sont succédés, contribuant chacun, par son contexte géodynamique et son ampleur, à façonner les grands domaines structuraux du Maroc. C'est ainsi que l'on en distingue trois domaines, définis en fonction de la localisation et de l'importance des effets des orogenèses les plus récentes. Du Sud au Nord, le domaine anti-atlasique et son prolongement saharien, le domaine atlasique et mésetien et le domaine rifain séparés les uns des autres, par l'accident sud-atlasique d'une part et la limite des charriages tertiaires venus du Nord, d'autre part. Les deux derniers domaines sont caractérisés par l'empreinte prédominante laissée par les orogenèses varisque et alpine tandis que le premier domaine a été essentiellement façonné par les orogenèses précambriennes et varisque. De ce fait, le Maroc a été subdivisé structuralement en cinq domaines [4] :

- Le domaine saharien ou dorsale des Reguibates constitue une partie du craton ouest africain [5]. Ce domaine est constitué de terrains d'âge protérozoïque inférieur, intensément déformés et métamorphisés durant l'orogenèse éburnéenne (2000 Ma). L'ensemble est couvert au Nord par les roches paléozoïques non déformées du bassin de Tindouf.

- Le domaine anti-atlasique est constitué d'un socle structuré par l'orogenèse panafricaine (680 et 570 Ma) [6]. Sa couverture protérozoïque terminale et paléozoïque est affectée par une déformation hercynienne relativement modérée. La couverture mésozoïque et cénozoïque ayant une faible puissance est non déformée.
- Le domaine atlasique allonge à travers la Méséta (Moyen Atlas) et entre la Méséta et le domaine anti-atlasique (Haut Atlas). Les terrains permo-mésozoïques et cénozoïques y sont structurés durant l'orogenèse atlasique (Jurassique supérieur et phases de plissements tertiaires).
- Le domaine rifain représente la limite septentrionale du Maroc. Il est constitué de nappes allochtones liées à l'orogenèse alpine chevauchant le domaine mésétien. Les terrains paléozoïques sont connus dans les zones internes de la chaîne (nappes paléozoïques ou Gomarides).
- Le domaine mésétien défini comme un domaine de la chaîne hercynienne et recouvert en discordance par les séries mésozoïques et cénozoïques non déformées. Il est divisé en deux parties distinctes : la méséta occidentale (Méséta Marocaine) et la méséta orientale (Méséta Oranaise).

2.1 LE MASSIF DE JEBILETS

2.1.1 CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES

Les Jebilet (DJebilets, Jbilet, DJebilet) ou «petites montagne», situées au Maroc occidental, sont un ensemble de collines et de plaines rocheuses du paléozoïque très plissées. Les Jebilet culminent à 1061m (Signal du J.Tekzim). Leurs formes sont passablement mûres par opposition à celles du Haut Atlas de Marrakech en raison du manque en vigueur des soulèvements les plus récents.

Les Jebilet appartiennent à la dorsale marocaine ou promontoire africain haut fond de terrains anciens qui, au cours du mésozoïque, se détachait du contient saharien vers le Nord et partant de l'Atlas de Marrakech.

Les affleurements paléozoïques du massif des Jebilet et des Guemassa font partie de la méséta centrale [7] [8]. Le massif hercynien des Jebilets appartient à la Meseta marocaine (Fig. 1a). Ce massif, situé au Nord de la ville de Marrakech, constitue l'un des principaux massifs hercyniens du Maroc. Sa position intermédiaire entre le massif des Rehamna au Nord et celui des Guemassa au Sud, justifie l'intérêt qu'il présente pour la compréhension de la géologie hercynienne au Maroc. Il encaisse plusieurs types de minéralisations d'intérêt économique non négligeable et ayant fait l'objet de travaux d'exploration et d'exploitation depuis le début du 2ème siècle (Fig. 1b). Ainsi le travail d'Huvelin [9] [10] sur l'ensemble du massif tant sur le plan géologique que gîtologique reste une base pour toute étude envisageable dans le massif. Depuis les travaux se sont succédés et ont porté sur les problèmes stratigraphiques, sédimentologiques, structuraux, métamorphiques et magmatiques.

Les Jebilets forment un ensemble de collines et de plaines rocheuses de terrains paléozoïques. Les ilots hercyniens des Jebilets plongent sous la plaine de la Bahira au nord et la plaine du Haouz au Sud, d'âge Miopliocène et Quaternaire. De l'ouest, ils sont limités par les colines jurassico-cretacées de mouissat et à l'est, par les montagnes du moyen Atlas de Béni-Mellal. Les formations des Jebilets sont plissés et métamorphisés orientés suivant une direction atlasique E-W sur une longueur d'environ 170 Km et 7 à 40 Km de large (Fig. 1b). Le massif des Jebilet est caractérisé par rapport aux autres massifs hercyniens de la meseta marocaine par l'intensité de l'activité magmatique pré- à syn-orogénique qu'a connue cette région vers la fin du Carbonifère [10].

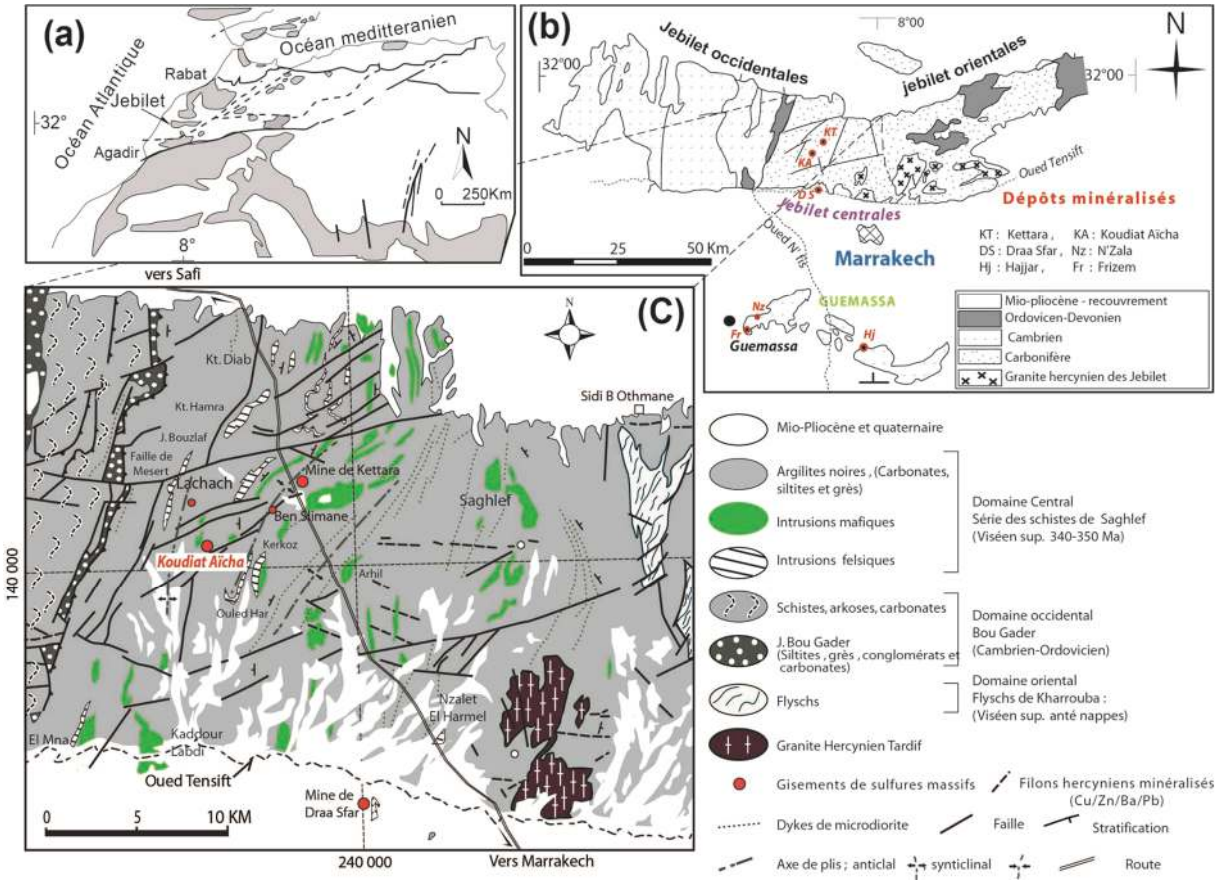


Fig. 1. a) Localisation géographique du massif des Jebilet et des affleurements hercyniens du nord-Afrique (en gris), b) Carte géologique simplifiée et localisations des principaux gisements sulfurés des massifs hercyniens des Jebilets et des Guemassa (Huvelin, 1977), c) Carte géologique des Jebilets Centrales et situation géographique du secteur de Koudiat Aïcha.

2.1.2 ZONATION STRUCTURALE

Le massif des Jebilets orienté globalement E-W, a été subdivisé en trois ensembles distincts ; d'Est en Ouest on observe (Fig. 1b) :

- Zone orientale (ou flyschs de Kharrouba) constituée de métasédiments datés de Viséen supérieur et caractérisés par la présence d'olistrostromes et de séries ordovico-dévoniennes [10] [11] mises en place par des phénomènes de glissements gravitaires dans le bassin viséen [10] [12].
- Zone centrale (ou schistes de Sarhlef) dont les terrains sont également d'âge viséen namurien [10]. Ils sont déformés métamorphisés dans des conditions anchi à épizonales. Cet ensemble est caractérisé par la mise en place de corps intrusifs acides et basiques ainsi que des magmas granitiques.
- Zone occidentale essentiellement formée de séries cambro-ordoviciennes [10] [13], faiblement plissées (direction sub-méridienne) et peu ou pas métamorphisées.

2.1.3 STRATIGRAPHIE ET SÉDIMENTOLOGIE

La stratigraphie du massif des Jebilets se résume en deux périodes bien distinctes :

- La période anté-Viséen supérieur, représentée par les étages suivants, à savoir :
  - ✓ *Le Cambrien :* représenté par des formations détritiques avec épisodiquement des faciès volcaniques. Il est représenté principalement au niveau des Jebilet occidentales.
  - ✓ *L'Ordovicien* : présent dans les Jebilets occidentales. Sa lithostratigraphie est essentiellement représentée par des pélites argileuses, des sédiments détritiques et des grès conglomératiques.

- ✓ *Le Silurien :* connu uniquement dans les Jebilets orientales. Il est composé de schistes argileux à graptolites et de phtanites.
- ✓ *Le Dévonien* : formé de conglomérats rouges, de calcaires massifs et de grès quartzitiques au niveau des pays des Skhirat. Au niveau des Jebilets orientales, il s'agit de schistes à bivalves, de schistes à bancs de calcaires ainsi que d'une alternance de grès et de schistes.
- ✓ *Le Tournaisien* ainsi que le *Viséen inférieur* sont absents.

- la période Viséen supérieur : correspond à une transgression majeure, originaire de l'Est ou du NE [14], [15]. Il comprend deux ensembles lithologiques qui sont, le flysch de Kharrouba, dans la moitié orientale des Jebilets et des schistes de Sarhlef, dans les Jebilets centrales. Les relations structurales sont encore discutables : selon [10], ces deux ensembles traduisent une évolution verticale, avec à la base, la série de Kharrouba, alors que selon Gaillet [16] et Bordonaro [17], elles correspondent à une variation latérale de faciès.

2.1.4 DÉFORMATION ET MAGMATISME

Dans le massif des Jebilet et particulièrement sa partie centrale, les études structurales entreprises visaient surtout la caractérisation des relations entre le magmatisme acide-basique et la déformation synschisteuse. En effet pour certains auteurs, ces corps magmatiques sont anté-tectoniques [10] [18] [19] [20]. Cependant, d'autres plaident beaucoup plus en faveur d'une mise en place dans un contexte compressif [21] [22] [23] [24]. Ils insistent sur le caractère syntectonique, contemporains de la déformation hercynienne synschisteuse et de la mise en place des plutons granodioritiques calco-alcalins [25].

Les Jebilet Centrales correspondent à la partie la plus déformée du massif par l'orogenèse hercynienne avec schistosité, granites, cisaillement ductiles et zones de culmination métamorphique. Cette déformation synschisteuse et hétérogène a été attribuée à une interférence entre le raccourcissement régional hercynien et la mise en place des diapirs granitiques [26] [27]. Pour certains de ces auteurs, les cisaillements transcurents liés à des perturbations locales du champ de contraintes au voisinage des plutons, seraient tardifs dans l'histoire de la déformation.

Dans les Jebilet centrales, la fin du Carbonifère se traduit par une intense activité magmatique qui se manifeste par trois principaux épisodes magmatiques ayant été identifiés, échelonnés temporellement par rapport au paroxysme de la déformation hercynienne. Ce magmatisme, qualifié de bimodale se manifeste dans un contexte géodynamique distensif, sous forme de sills dans la formation volcano-sédimentaire de Saghlef [10] [17] [18] [28] [29] [30] [31].

- La première activité, dite prétectonique, se compose d'un épisode magmatique principalement basique (gabbro et dolérite) associé à de rares termes acides (trondhjémites). La nature tholéiitique abyssale de ces matériaux et l'empreinte de la déformation hercynienne témoigne de leur mise en place contemporaine de l'ouverture du bassin, antérieurement à la tectonique hercynienne [10] [17].
- La deuxième activité, qualifiée d'orogénique, est marquée par la présence de granites calco-alcalins, mis en place sous forme de batholites circonscrits [10] [17] [18]. Par rapport à la déformation, ces plutons sont qualifiés de syntectoniques, contemporains du raccourcissement crustal post-visiéen [32] [33] [34] [35].
- La troisième activité, qualifiée de post-orogénique, correspond à la mise en place de quelques filons de nature lamprophyrique de direction méridienne à subméridienne [30]. Ces filons de microdiorites, contenant divers types d'enclaves précambriennes [10] et généralement parallèles aux axes des plis hercyniens. Ils recoupent localement les produits magmatiques acides et basiques, ainsi que les plutons granitiques. Selon Huvelin [10], la mise en place de ces microdiorites est reliée à une phase de détente postérieure aux plis majeurs.

2.2 GÉOLOGIE DES JEBILET CENTRALES

Le gisement de Koudiat Aïcha est localisé dans la série viséenne de Saghlef située dans la partie centrale du massif hercynien des Jebilet. Le massif des Jebilet est formé d'Est en Ouest de trois domaines tectonostratigraphiques distincts [10] : Kharrouba (à l'Est), Saghlef (au centre) et Bou Gader (à l'Ouest) (Fig. 1b).

La série de Saghlef (ou Schistes de Saghlef) constitue l'unité principale des Jebilet centrales. Ses relations avec les domaines adjacents de Bou Gader et de Kharrouba sont de nature tectonique (un chevauchement et une faille de décrochement, respectivement). Bordonaro [17] a subdivisé les schistes de Saghlef en trois formations :

- au sommet, la *formation de Teksim*, calcaro-gréseuse et conglomératique à sa base, puis silto-argileuse au sommet. Elle est datée de la partie médiane du Viséen supérieur (*Posidonomya bechéri* BRONN, [36] et *Paragnathodus homopunctatus* WEYANT, [17]),

- au centre, la formation volcano-sédimentaire de Saghlef, dont l'âge est compris entre le Faménno-Tournaisien et le Viséen moyen-supérieur (*Posidonomya bechéri* BRONN, [10]). Cette formation peut elle-même être divisée en deux membres [17] :
  - ✓ un membre supérieur, comporte outre des silts et des shales, des roches volcaniques felsiques de faciès plus ou moins proximal,
  - ✓ un membre inférieur, caractérisé par deux niveaux repères à tuf, felsique à la base et mafique au sommet, associé à des shales et des silts et localement des quartzites, et plus à l'ouest, à des calcaires.
- à la base, la formation de Jbel Rhira, attribuée au Faménien supérieur, de nature quartzitique et argilitique.

2.3 STRUCTURE ET DÉFORMATION DES JEBILETS CENTRALES

Il s'agit d'un bassin géosynclinal intra-continental d'âge devono-carbonifère entre la bordure de l'épicraton présaharien au SE caché sous la chaîne atlasique, et celle du mole côtier, vaste bloc rigide et non subsident au NW [7].

Bernard et al., (1988) informent que le bassin est de type arrière cordillère située au SE des massifs hercyniens. Ce bassin a fonctionné à partir du dévonien supérieur jusqu'au namurien.

Les derniers modèles géodynamiques proposés attribuent une histoire intracontinentale à la chaîne hercynienne marocaine [4].

Kharbouch [37], Aarab [19] par la suite, dans son étude du magmatisme des Jebilet a proposé le modèle d'ouverture du bassin carbonifère des Jebilet en système « Pull appart ». Il est lié au jeu de décrochement qui s'accompagne d'une distension limitée avec individualisation de failles profondes qui ont servi d'accès aux émissions magmatiques prétectoniques de nature tholeïtiques.

Les études pétrologiques et paléontologiques [10] [19] [38] [39], montrent que le bassin carbonifère des Jebilet est caractérisé par une faible profondeur de dépôt et des conditions anoxiques prédominants, qui ont été particulièrement favorable au piégeage de certains sulfures (pyrrhotite).

Ces terrains ont été structurés par des phases tectoniques hercyniennes associées à un métamorphisme régional de contact. Ce qui rend difficile l'identification des faciès sédimentaires.

Depuis les travaux d'Huvelin, plusieurs logs stratigraphiques synthétiques ont été proposés, dont Beauchamp [40] ont proposé un log stratigraphique synthétique du massif des Jebilet, ou ils ont distingué notamment la période antéviséen supérieur, caractérisée par une transgression majeure à l'échelle du massif.

Structuralement, l'unité centrale a été affectée par de nombreux épisodes tectoniques, résumés par Bordonaro [17] en une succession de quatre principales déformations (D_1, D_2, D_3 et D_4), dont les deux premières (D_1 et D_2) sont les phases majeures:

- la déformation D_1, est définie par un plissement de direction N0° à N30° accompagné d'une schistosité S_1 subparallèle avec la stratification (S_o) en général. Le pendage de S_1 varie d'un secteur à l'autre, peu penté à l'Ouest (Jbel Saghlef) et subvertical à l'Est (Jbel Ben el Garn).
- la déformation D_2 est responsable de toutes les structures majeures hectométriques à kilométriques synclinoriales et anticlinoriales et renforce la phase D_1. Quand les schistosités S_1 et S_2 font un angle relativement important (S_1 subhorizontale et S_2 subverticale), on observe des plis P_2 à toutes les échelles (Bordonaro 1983).
- la déformation D_3 se manifeste par des plis mineurs (centimétriques à décimétriques) orientés N150° et liés aux chevauchements et aux déversements des structures vers l'Ouest.
- la déformation D_4, présente partout dans les Jebilet centrales, est caractérisée par des décrochements conjugués d'ampleur variable dextres (N70°) et senestres (N135°), produisant des structures mineures (crochons et crénulations NS).

L'histoire de déformation établie dans les Jebilet centrales s'inscrit dans le cadre d'une compression régionale restant proche de la direction E-O. Il s'agit probablement d'un continuum de déformation postérieur au viséen supérieur–namurien et antérieur à l'autunien [17], tandis que les quelques décrochements dextres et leurs conjugués senestres (Jbel El Hadid) pourraient indiquer une compression NS tardive, qui peut être liée à la phase de compression atlasique, d'autant plus que certains d'entre eux recoupent les structures précédentes (ex. décrochement N70 dextre de Mesret) [17].

Dans les Jebilet centrales, la déformation est associée à un métamorphisme de faible grade correspondant au faciès des schistes verts et se caractérisant par un assemblage minéralogique typique à chlorite-séricite, quartz et actinote. Au contact immédiat des intrusions acides-basiques, l'encaissant sédimentaire peut développer localement un faciès de schiste tacheté à cordiérite.

2.4 GÎTOLOGIE DES JEBILET CENTRALES

Du point de vue métallogénique, l'unité centrale des Jebilet renferme plusieurs indices à minéralisations sulfurées rencontrés dans le massif des Jebilets. Les formations géologiques de Saghlef et de Teksim présentent un intérêt métallogénique important pour les amas sulfurés stratiformes. Bordonaro [17] décrit au niveau de la série de Saghlef l'existence de deux niveaux porteurs de la minéralisation sulfurée. Le premier niveau porteur coïncide avec le membre inférieur de la formation de Saghlef, tandis que le second niveau est en relation avec le volcanisme acide du membre supérieur de Saghlef. Ces minéralisations sont polymétalliques, interstratifiées au sein de la série viséenne des schistes de Saghlef, et sont à pyrrhotite dominante.

Les minéralisations sulfurées des Jebilet centrales sont déformées, prétectoniques et semblent spatialement liées aux sills magmatiques mafiques (Kettara, Koudiat Aïcha) ou felsiques (Draa Sfar). Ces corps minéralisés montrent en affleurement une altération supergène marquée par le développement de chapeaux de fer constitués essentiellement d'hématite et de goethite dont la profondeur peut atteindre 50 m [10] [17] (41] [42] [43] [44] [45] [46]. Cette altération est marquée par une zonation verticale supergène [10] [17] [39]. Ces corps minéralisés montrent une zonation minéralogique classique verticale développée lors de l'altération supergène des gîtes sulfurés (chapeau de fer, zone de cémentation et protore polymétallique) [10]. Ces gisements essentiellement pyrrhotitiques (ex. Kettara, Draa Sfar, Koudiat Aïcha, Laachach, …) comportent en plus de la pyrrhotite qui représente le sulfure de fer le plus dominant, des minéraux de métaux de base (Zn, Cu, Pb et As) tels que la sphalérite, la chalcopyrite, la galène, l'arsénopyrite et la stanite. La teneur en ces minéraux varie aussi bien d'un gisement à l'autre qu'au sein d'une même lentille minéralisée [10] [17] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47].

3 GÉOLOGIE LOCALE DE KOUDIAT AÏCHA

3.1 PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ EXPLOITANTE

Le secteur de Koudiat Aïcha relève de la commune rurale Harbil de la subdivision de Marrakech (Caïdat BOUR), dans la région de Marrakech-Safi. La compagnie minière des Guemassa "CMG" est une filiale de Managem Holding de l'*Omnium Nord Africain* "ONA" détient les permis d'exploitation du secteur de Koudiat Aïcha cédé par l'Office National des Hydrocarbures et Mine "ONHYM". Elle développe les travaux de mine et exploite actuellement la mine de Draa Sfar plus au sud dans les Jebilets centrales et la mine Hajjar dans le massif des Guemassa. Elle est la plus importante compagnie minière au Maroc, et exploite actuellement des minerais de Plomb, Cuivre et de Zinc, et produit la moitié de la production du Maroc en métaux non ferreux.

3.2 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE DE DÉCOUVERTE

Le secteur du gisement Koudiat Aïcha est situé dans la partie sud de la meseta marocaine, et précisément dans la partie centrale du massif hercynien des Jebilet. Il est distant d'environ 7 km au SW de l'ancienne mine à pyrrhotite de Kettara, et à 32 km au NW de Marrakech. Les formations du secteur de gisement Koudiat Aïcha appartiennent à la série viséenne de Saghlef [10], [17].

Le secteur de Koudiat Aïcha correspond à une anomalie magnétique aéroportée mise en évidence en 1963 par la S.A.P.A *(Société Anonyme de Prospection Aéroportée)*. Depuis, les travaux de recherche se sont multipliés sur le site de Koudiat Aïcha où affleurent de nombreux chapeaux de fer. Le gisement de Koudiat Aïcha a été découvert suite à un levé magnétométrique au sol sur les indices ferrugineux des secteurs avoisinants l'ancienne mine à pyrrhotine de Kettara. Depuis, de nombreux travaux de recherches géologiques, géochimiques et géophysiques ainsi que des sondages carottés ont été entrepris dans le but d'intercepter la minéralisation primaire en profondeur et de déterminer l'allure générale du corps minéralisé. Ces travaux ont permis de mettre en évidence des ressources potentielles en métaux de base d'environ 3.6 Mt à environ à 3% Zn, 1% Pb et 0.6% Cu [46] [48].

3.3 TOPOGRAPHIE, CLIMAT, SOL ET VÉGÉTATION

Le secteur d'étude du gisement de Koudiat Aïcha correspond à une crête orientée NS sur environ 1.5 Km de long, dont l'altitude ne dépasse pas 520 m, séparant deux versants opposés à plaines marqués par une altitude d'environ 410 m. En

général, le climat dans le massif des Jebilet est continental typiquement aride à semi-aride. Il est caractérisé par une saison sèche s'étendant sur la plus grande partie de l'année et une saison "humide" à courte durée en hiver. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 17 °C qui pourrait atteindre des valeurs assez élevées en été (> 50°c). Les précipitations pluviales sont faibles (250 mm), généralement enregistrées en hiver, tandis qu'elles sont quasiment absentes à rarement enregistrées au cours des autres saisons de l'année.

A Koudiat Aïcha, le sol est généralement brut. La roche mère est couverte, cependant elle est visible au niveau de la crête et peu transformée. Les horizons du sol n'y sont pas bien différenciés. La végétation y est pauvre voire absente et les apports en matière organique sont quasi inexistants.

3.4 STRATIGRAPHIE ET LITHOFACIÈS

Le secteur d'étude est formé par un ensemble de roches sédimentaires (80%) et magmatiques (20%) (Fig. 2). La stratigraphie locale est partiellement oblitérée sous l'effet conjoint de la déformation et du métamorphisme [47]. La cartographie de surface et l'analyse systématique des sondages carottés ont été réalisées. Ils ont permis de comprendre la succession stratigraphique locale à tendance stratigraphique générale des roches en une succession homoclinale de direction généralement NS à fort pendage vers l'Est. Plusieurs sondages ont intercepté un horizon minéralisé en sulfures, en plus des unités lithologiques reconnues à l'affleurement.

Les unités sédimentaires répertoriées à Koudiat Aïcha représentent les termes sommitaux de la formation de Saghlef et sont affectées par un métamorphisme de type schiste vert à mica blanc, chlorite, quartz et épidote. L'ensemble des descriptions pétrographiques et minéralogiques ont été résumé dans le tableau 1. La succession lithostratigraphique du secteur peut être subdivisée en deux unités distinctes :

- ***L'unité sommitale*****,** formée d'un calcaire gréseux qui affleure en forme de lentilles discontinues. Elle est constituée de plusieurs bancs centimétriques à métriques de couleur beige séparés par des niveaux gréseux et silteux, localement imprégnés de pyrrhotite disséminée. Ce niveau carbonaté, localisé au-dessus de la minéralisation à pyrrhotite massive et des argillites (à muscovite-chlorite) du toit, est considéré comme un horizon repère marquant le sommet de la série stratigraphique du secteur et peut être attribué à la base de la série de *Teksim*.

L'examen microscopique de ces calcaires gréseux montre une association de sphéroïdes hétérogranulaires de carbonate dont la taille ne dépasse pas 0,5 mm. La paragenèse minérale est formée de quartz, de calcite, d'actinote et de sulfures, avec quelques traces d'épidote. Le quartz constitue 30 à 50% de la roche. L'actinote représente 15 à 20% de la roche et montre des cristaux automorphes à subautomorphes. La calcite est hypidiomorphe et constitue la matrice intragranulaire des cristaux composant ce calcaire gréseux.

- ***L'unité basale***, formée principalement d'argillites massives très déformées, transformées en schistes à grains fins à séricite-chlorite-quartz-actinote, au sein desquelles apparaissent des niveaux gréso-quartzitiques, d'épaisseur centimétrique à métrique et moulés par la schistosité régionale S_1. Cet ensemble est caractérisé à son sommet par la présence de niveaux stratiformes de sulfures massifs à pyrrhotite et métaux de base. Les argillites, qui caractérisent l'ensemble de la formation de Saghlef, sont interprétées comme des métapélites rythmées caractérisant un milieu de sédimentation anoxique [41]. Ce sont des sédiments fins (0.1 à 0.5 mm de diamètre), dont la couleur est typiquement noir-gris à verdâtre. Les argillites montrent un débit schisteux, avec des plans de schistosité S_1 et S_2 bien marqués et sont intercalées de quelques rares niveaux de grès. Leur minéralogie est dominée par une matrice à muscovite-chlorite sous forme de petites paillettes étirées qui dessinent la schistosité S_1, avec du quartz (2 à 10 %) sous forme de niveaux microcristallins et de veinules millimétriques.

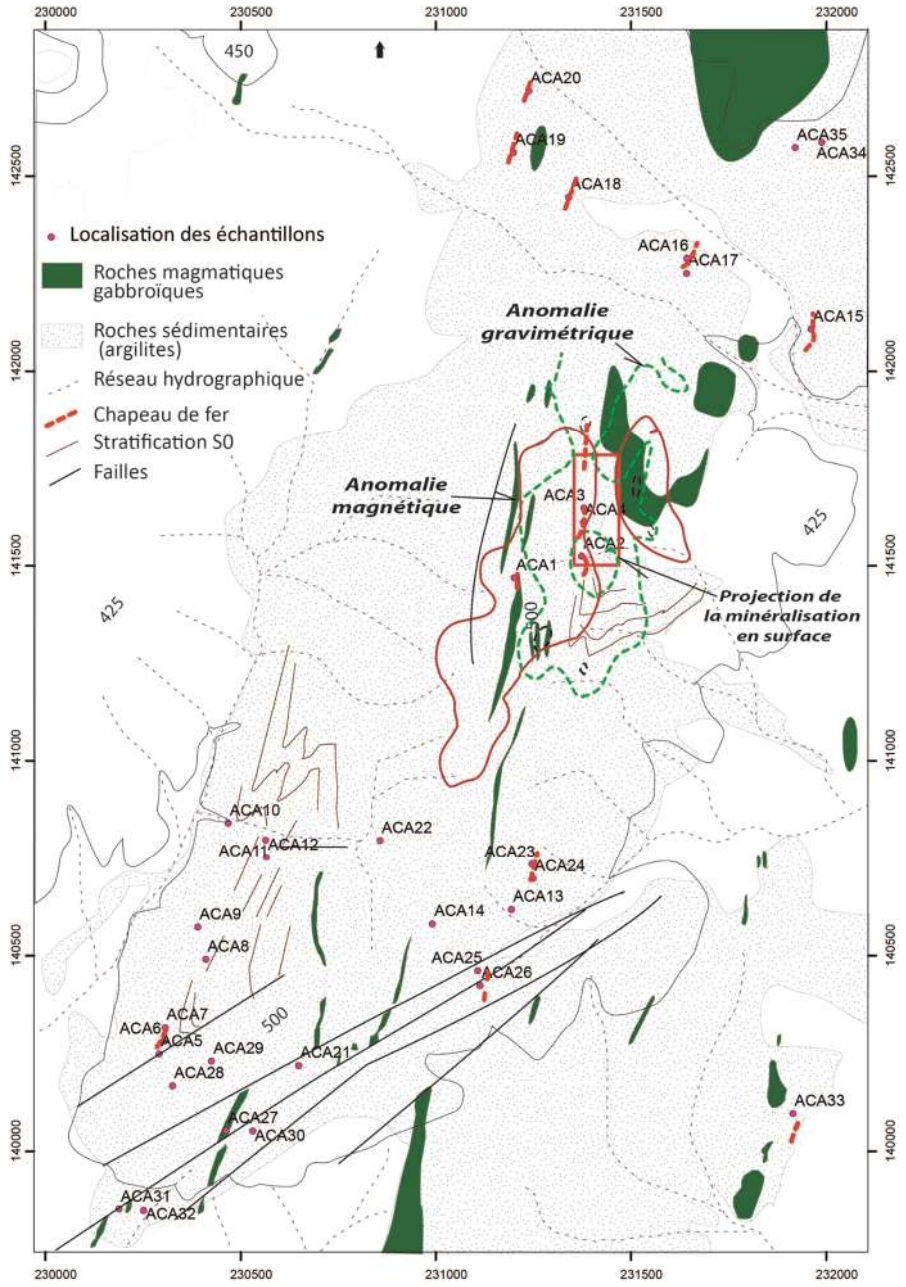


Fig. 2. Carte géologique simplifiée du secteur de Koudia Aïcha, emplacement de l'anomalie magnétique et gravimétrique et inventaire des affleurements et des échantillons prélevés des chapeaux de fer du secteur de Koudiat Aïcha.

Les grès et les siltstones forment une deuxième composante des roches sédimentaires détritiques. Ils sont moins abondants que les argillites et communément discontinus et boudinés le long de la schistosité S_1. Ils présentent des lits d'épaisseur millimétrique à métrique qui montrent une direction méridienne à subméridienne et un fort pendage. La roche est compacte et donne des cassures conchoïdales, et peut présenter, malgré la déformation, quelques figures sédimentaires (rides de courants, figures de charge, slumps et granoclassements normaux). Elle est formée de grains de quartz (80%) de petite taille (0.1 à 0.25 mm), avec de minces lits de chlorite et de muscovite et des grains d'épidote, de feldspath, de calcite, de sphène et de leucoxène.

Tableau 1. Description pétrographique et minéralogique des principales lithologies répertoriées au niveau du gisement de Koudiat Aïcha

Litho-faciès	Description générale	Minéraux	Textures / structures
Argillites	Noire-grisâtres à verdâtres à granulométrie fine, fortement séricitisées et chloritisées	Qtz (10-20% à Φ 0.1-0.5 mm), sér. chl. et bio. (50 70% à Φ 0.1-0.3 mm).	Massive, litée, déformée, foliée
Grés/silt	Bancs compétents, intercalés au sein des argilites, à granulométrie fine, chloritisés et séricititisée à rare biotite.	Qtz (50-95% à Φ 0.1-0.5 mm), sér., chl. et bio. (10 - 30% à f 0.1-0.3 mm).	Massif, réticulé et jointive
Calcaires gréseux	Barres discontinues (centimétrique à métriques), beiges intercalées par des niveaux de silts ayant subi l'effet de la déformation plicative.	Qtz (30-35% à f 0.2-0.4 mm), actinote (10-25% à 0.2- 0.5mm), calcite 30-40% à Φ 0.3-0.5 mm). Traces de pyrrhotite (10-15 % à Φ 0.3-0.5 mm).	Skarnifié, déformé.
Gabbro	Sills, de couleur vert foncé, à phénocristaux de plagioclases.	Plag. (albite) 40-50 % à Φ 0.5-5 mm), amphiboles actinolitiques (Hb) 35-45 % à Φ 05-1 mm), sér., chl., ilménite (10-15 % à Φ 0.2-0.5 mm) P	Massif, doléritique aux épontes, et ophitique à sub-ophitique au centre.
Rhyodacite	Massif à submassif, grenue vert grisâtre à phénocristaux de plagioclases et de quartz à méssostase quartzo-feldspathique microgrenue.	Plag. (albite) (10-30 %), Qtz (5-10 % à Φ 0.5-2 mm), matrice quartzo-feldspathique recristallisé (50-60 %, Φ <0.1 mm).	Felsitique.

3.5 MAGMATISME DU SECTEUR DE KOUDIAT AÏCHA

Les roches intrusives du secteur de Koudiat Aïcha sont présentes sous forme de sills de gabbro (rarement des dolérites) au toit et au mur, déformés et paraconcordants à la stratification. Les sills sont de direction NS et s'étendent sur plus de 100 m, avec des épaisseurs variant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Les gabbros sont de couleur vert sombre et sillonnent tout le secteur de Koudiat Aïcha. Ce faciès présente des bordures figées d'ordre centimétrique, à texture microlitique porphyrique dont les phénocristaux sont constitués essentiellement de plagioclases pouvant dépasser plus de 2 mm. Le mur de la minéralisation est caractérisé par une multitude de sills gabbroïques peu épais (<15 m) à grains fins, tandis que le toit montre des sills moins nombreux mais plus épais (30-40m).

Les roches magmatiques felsitiques sont moins abondantes (moins de 2%) et correspondent à des coulées de laves rhyodacitiques. Ces laves sont finement grenues de couleur vert grisâtre, sont subconcordantes avec la stratification, d'épaisseur métrique et s'étendent sur quelques dizaines de mètres. Elles sont composées de phénocristaux de plagioclases et de quartz dans une mésostase de quartz-plagioclase-muscovite.

Les faciès tuffacés ont été interceptés en profondeur par sondage carottés réalisés sur le flanc Est de Koudiat Aïcha à une profondeur de 300 à 400 m visant la zone minéralisée à sulfures massifs. Ce sont des roches massives de couleur gris à gris-verdâtre formées de lapillitufs à lapilistone contenant des phénocristaux de même compositions que les laves intermédiaires rhyodacitiques.

3.6 GÉOLOGIE STRUCTURALE

La cartographie de surface et l'interprétation des carottes issues des sondages traversant la zone minéralisée montrent une tendance stratigraphique générale des roches, en une succession homoclinale de direction généralement NS à fort pendage vers l'Est. Les roches de Koudiat Aïcha, font partie du synlinorium de Koudiat Aïcha-Jbel Hadid.

L'étude structurale et microstructurale des unités lithologiques de Koudiat Aïcha a permis d'identifier un nombre de structures et microstructures tectoniques dont l'interprétation révèle l'existence de trois phases de déformation superposées et corrélables avec la déformation régionale des Jebilet centrales :

- Une première phase D_{0KA}, à caractère synsédimentaire, antéschisteuse, distensive et associée à l'ouverture du bassin dévono-carbonifère. Elle se traduit par le développement de structures et de figures sédimentaires dont les slumps, les convolutes-turbidites, les figures de charge et les failles normales de dimensions centimétriques d'orientation méridienne à subméridienne. Ceci marque bien l'instabilité tectonique pendant l'ouverture du bassin de sédimentation.
- Une deuxième phase D_{1KA}, majeure, souple et caractérisée par une schistosité S_1 et des plissements P_1. La S_1, de direction NS à N30° et fortement pénétrative, est observée dans l'ensemble de la zone minéralisée et se confond au litage sédimentaire S_0. Elle est marquée par la néoformation de la chlorite, du mica blanc (séricite), du quartz et d'oxydes, parallèlement aux plans d'aplatissement. Le développement de la schistosité S_1 est suivit localement par une schistosité de crénulation S_2, locale et bien marquée. D_{1KA} est liée aux phases de déformations D_1 et D_2 de la déformation régionale des Jebilet.
- Une phase D_{2KA}, tardive, postschisteuse et à caractère cassant. Il s'agit d'une tectonique tardi- à post-hercynienne succédant à la phase synschisteuse. Cette déformation est marquée par l'apparition d'une schistosité de fracture S_3 au niveau des bancs silto-gréseux, à laquelle s'associe des microstructures telles que les kink-bands et des décrochements dextres d'orientation N55 à N70°. Cette phase D_{2KA} peut être attribuée aux phases de déformation tardive D_3 et D_4 (Bordonaro 1983).

4 MINÉRALISATION DE KOUDIAT AÏCHA

Plusieurs sondages implantés au niveau du flanc Est de Koudiat Aïcha ont intercepté en plus des unités lithologiques reconnues à l'affleurement, un horizon minéralisé en sulfures primaires à partir de la côte -50 m. Ces sondages implantés ont permis de préciser la morphologie et l'extension latérale et verticale ainsi la nature des structures et textures de la minéralisation en profondeur [48]. La minéralisation est encaissée principalement entre les unités argilitiques supérieures de l'unité basale de Koudiat Aïcha (série supérieur de Saghlef) et l'unité sommitale carbonatée (série de Teksim). Elle forme un horizon à pyrrhotite sous forme de lentilles métriques à décamétriques allongées suivant la direction NS qui s'épaissit en profondeur (20 à 25 m).

Sur la base des teneurs en des métaux de base de la minéralisation massive, le gisement de Koudiat Aïcha a été rangé dans la catégorie des gisements sulfureux zincifères [46] [48].

Le corps minéralisé de koudiat Aïcha, montre une zonation minéralogique classique verticale développée lors de l'altération supergène des gîtes sulfurés (chapeau de fer, zone de cémentation et protore polymétallique).

La minéralisation sulfurée est constituée de pyrrhotite qui représente le sulfure de fer le plus dominant à laquelle s'associe de la sphalérite, la chalcopyrite, la galène, l'arsénopyrite, la stannite et quelques traces de pyrite secondaire. Tous les minéraux sulfurés présentent des stades anté à syntectoniques à l'exception de la pyrite marquant un stade tardive de mise en place suite à la transformation secondaire de la pyrrhotite. La teneur en ces minéraux varie aussi bien d'une lentille à l'autre et aussi qu'au sein d'une même lentille minéralisée [46] [47] [48].

5 PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE DES CHAPEAUX DE FER

5.1 ALLURE GÉNÉRALE DES CHAPEAUX DE FER ET LEUR DISPERSION

A l'affleurement, les chapeaux de fer du secteur de Koudiat Aïcha sont présents sous forme de sills au mur de la zone minéralisée. Ils sont déformés et paraconcordants à la stratification, et montrent une direction NS (Fig. 2, 3a). Ces chapeaux de fer s'étendent de quelques mètres à plus de 100 m, avec des épaisseurs variant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Ils montrent couleur rouge-brun à sombre et sillonnent tout le secteur de Koudiat Aïcha (Fig. 2, 3b, c).

La minéralisation polymétallique recherchée essentiellement à pyrrhotite dominante, conférant au secteur de Koudiat Aïcha une anomalie magnétique ayant attiré et poussé davantage les travaux de prospection dans le secteur [49]. Elle est encaissée en profondeur, et marquée en affleurement par un chapeau de fer bien développé à oxydes et hydroxydes de fer. Ces chapeaux de fer représentent une minéralisation de fer oxydée suite à l'oxydation, la dissolution et la précipitation de sulfures des minéraux secondaires lessivés et cimentés dans les roches avoisinantes au corps minéralisé. Le résultat de ces actions constitue une association de minéraux secondaires transformés depuis la minéralisation sulfurée primaire. Ils sont constitués essentiellement d'hématite, goethite, magnétite, limonite et quelques traces de malachite rares.....

5.2 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE

Les échantillons des chapeaux de fer destinés à l'analyse ont été pris au niveau du secteur de Koudiat Aïcha s'étendent sur une superficie de quelques km² (Fig. 2). Une trentaine d'échantillons ont été collectés sur l'ensemble des chapeaux de fer affleurant. Ces échantillons ont été prélevés dans la zone d'oxydation du chapeau de fer sur des cassures fraiches. La distribution des échantillons prélevés fait ressortir l'individualisation de trois zones bien distinctes : zone centrale (ACA1 à ACA4), zone nord (ACA5 à ACA12) et zone sud (ACA13 à ACA35) (Fig. 2).

Les échantillons prélevés ont été analysés par ICP-AES au laboratoire d'analyse géochimique pour les éléments traces. Ces échantillons ont été analysés pour un minimum variable d'éléménts. Du fait que la géochimie est complexe et surtout couteuse, il faut garder le nombre des éléments analysés au minimum, donc on analyse surtout l'élément recherché et parfois on y ajoute quelques uns par curiosité comme éléments indicateurs. Il est évident de prendre note que les éléments métalliques économiques recherchés présentent des degrés de mobilité différentes sous les conditions météoriques. De même, la caractérisation des zones d'activité dépend de la série d'éléments indicateurs que l'on analyse. Ainsi, lorsqu'on analyse peu d'éléments, on limite sérieusement le cadre d'interprétation et par conséquent on perd l'information et les guides de prospection.

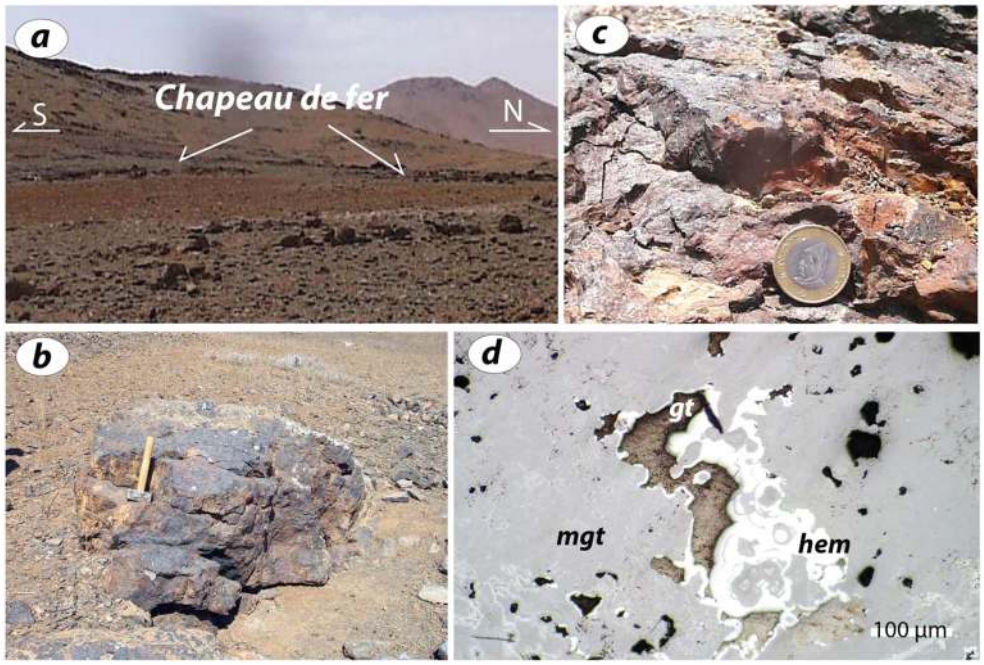


Fig. 3. (a) Panorama du gisement de Koudiat Aïcha et allure générale de l'alignement du chapeau de fer (CDF) dans le flanc Est de Koudiat Aïcha. (b, c) aperçus macroscopique du chapeau de fer (riche en hématite, goethite, limonite, et traces de malachite). (d) aperçu microscopique du chapeau de fer (riche en hématite (Hem), magnétite (Mgt) et goethite (Gt))

5.3 MINÉRALOGIE DES CHAPEAUX DE FER

La partie supérieure des minéralisations sulfurées a été altérée par l'action des agents atmosphériques (météorique) totalement au cours des temps géologiques provoquant la formation des chapeaux de fer. A l'œil nu ces faciès montrent une absence totale de sulfures primaires. Dans cette partie supérieure, le fer de la pyrrhotite qui constitue la principale composante de la minéralisation de Koudiat Aïcha est en totalité désulfuré. Elle s'est transformée en oxydes, hydroxydes (ocre) et de sulfates enrichis par la migration de divers éléments vers la profondeur (zone de cémentation).

Des sections polies et des sections minces polies d'échantillons en vrac sélectionnés ont été préparées en utilisant une résine époxy pour incorporer les échantillons.

L'examen des minéraux de lames polies en lumière réfléchie ont porté principalement des échantillons de chapeaux de fer pour la détermination de la composition minéralogique d'une part, et d'autre part de définir la séquence paragénétique et les figures de remplacement (structures et textures). Ces échantillons présentent une composition minéralogique pareille entre

eux. Ils sont formés principalement par la magnétite, l'hématite et la goethite. L'observation microscope a permit de constater que la magnétite constitue la phase dominante sous forme de plages xénomorphes qui se tranforme depuis les bordures en hématite avec une texture en concrétion (Fig. 3d).

L'établissement d'un ordre chronologique permet d'attribuer les oxydes et hydroxydes de fer à une transformation secondaire des sulfures (désagrégation mécaniques et de l'altération chimique). La pyrrhotite qui constitue la phase sulfurée dominante du gisement de Koudiat Aïcha s'est transformée en premier lieu en pyrite [46], suivi d'une transformation en magnétite et ensuite en hématite. Cette dernière se transforme en goethite et en limonite (hydroxydes de fer et d'alumine et des minéraux argileux) en phase finale (Fig. 3d).

5.4 LES MÉTHODES D'APPROCHES GÉOCHIMIQUES

5.4.1 LA DIFFRACTION DES RAYONS X

Les déterminations par diffraction des rayons X sont avant tout qualitatives pour la détermination des espèces minérales, quelle que soit leur taille, entrant dans la composition d'un échantillon. Pour ce travail, la détermination minéralogique a été réalisée pour la plus grande partie à la faculté des sciences Semlalia de Marrakech de l'université Cadi Ayyad sur roche totale de chapeau de fer. La seule contrainte était le degré de cristallinité de l'espèce à déterminer. Ainsi un minéral est d'autant plus difficile à déterminer qu'il est plus mal cristallisé. Le dépouillement du spectre des rayons X a permis de confirmer les espèces minérales identifiées par études microscopiques. En plus des minéraux usuels d'oxydes et hydroxydes de fer du chapeau de fer tels que la magnétite, hématite et la goethite, on note la présence d'ilménite (Fig. 4). Ce dernier est une espèce minérale formée d'oxyde minéral de fer et de titane de formule chimique $FeTiO_3$ avec des traces de magnésium, manganèse et vanadium. L'ilménite présente la même structure cristalline avec l'hématite ce qui permet d'avoir une solution solide à haute température.

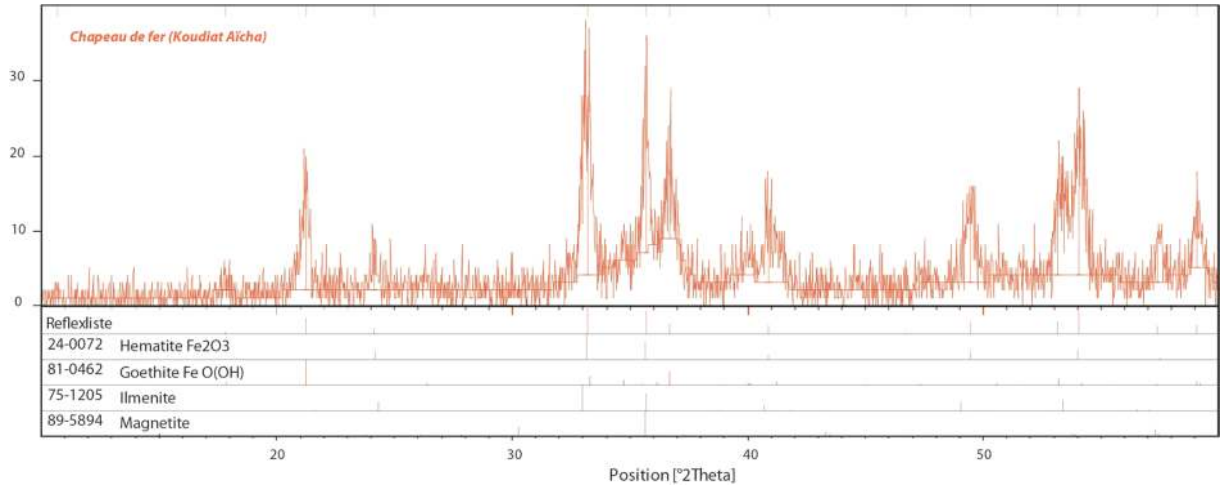


Fig. 4. Spectre du rayon X du chapeau de fer du secteur de Koudiat Aïcha.

5.4.2 PRÉPARATION ET DOSAGE CHIMIQUE

Les échantillons de la campagne d'échantillonnage furent préparés en diminuant autant que possible la granulométrie afin d'augmenter le degré de représentativité statistique en gardant à l'esprit le seul souci constant qui est d'éviter toute sorte de contamination chimique.

Aucune séparation minéralogique n'a été réalisé quelles que soit, afin d'utiliser les échantillons bruts provenant des chapeaux de fer du secteur de Koudiat Aïcha. Cette étape permet d'établir la composition chimique globale de l'échantillon. Les échantillons sont broyés dans un broyeur à galet d'acier au carbone qui ne contamine en rien d'autre qu'en fer. Les techniques d'analyses utilisées ont été mises au point au laboratoire d'Analyses Spectrochimiques. Les échantillons ainsi préparés sont systématiquement analysés en 10 éléments mineurs et traces. Ces éléments sont dosés au spectromètre à plasma ICP (Inductively Coupled Plasma). Pour les éléments analysés, les résultats sont exprimés en ppm sur la roche séchée à 110 °C.

5.4.3 TRAITEMENT STATISTIQUES DES RÉSULTATS

Ce travail qui porte sur dizaine d'échantillons avec analyse de quelques éléments chimiques ne peut se mener sans traitement statistique. Pour les traitements de données qui vont suivre, nous n'avons d'aucune façon filtré les données brutes pour éliminer telle ou telle valeur erratique ou corriger les valeurs brutes reçues. En tout temps, nous nous sommes servis des données brutes provenant des laboratoires afin que les résultats obtenus soient directement applicables par toute personne voulant faire un traitement de données ultérieurement. Cependant les éléments chimiques dont les valeurs sont au-dessus de la limite de détection ont été ramenés à une valeur nulle pour faciliter les traitements statistiques.

Ainsi pour une bonne description géochimique de l'ensemble des échantillons, les méthodes statistiques usuelles ont été utilisées:

- Traitements univariés: il s'agit de calcul des niveaux moyens de teneurs, moyennes et médianes, des écarts-types, des coefficients de variation et du tracé des diagrammes de distribution (histogrammes).
- Traitements à plusieurs variables: ce sont les corrélations (coefficients de corrélation et diagrammes de corrélation inter-éléments) et l'analyse factorielle. Cette dernière a été pratiquée pour déterminer la façon dont les éléments chimiques sont liés entre eux et de mettre ainsi en évidence les différentes "phases géochimiques". C'est l'analyse en composantes principales (ACP) qui a été pratiquée.

6 RÉSULTAT

6.1 STATISTIQUES ÉLÉMENTAIRES

Le but des analyses chimiques des échantillons de chapeau de fer était donc de définir par la suite les seuils de bruit de fond et celui de l'anomalie pour chaque élément analysé et, s'il y a lieu, de circonscrire des concentrations anomales de certains éléments qui pourraient servir de cible pour la prospection minière.

Pour ceci, un total de 35 échantillons ont été prélevés à partir des filons de chapeau de fer distribués dans le secteur de Koudiat Aïcha. Cette étude se base donc sur un total de 350 analyses, soit 10 éléments analysés par échantillon. Ces éléments analysés sont: Ag, As, Bi, Cu, Mo, Ni, Pb, Sn, Te et Zn. Les résultats des analyses sont exprimés dans le tableau 2. Dans ce contexte des amas sulfurés, des éléments mineurs non pas étaient analysés en totalité, et certains étaient inutilisables parce-que leur contenu était sous la limite de détection suite à l'intense lessivage sous l'action météorique. En somme, nous visons une approche dont les moyens sont déjà en place ou facilement accessible pour toute opération de prospection minière (Spectromètre de FX (XRF) portatif). L'application d'une telle méthodologie devrait permettre 1) de développer une technique d'exploration géochimique, 2) de fournir une approche logique d'un traitement géostatistique pour l'interprétation des résultats de données géochimiques, applicable à d'autres environnements similaires dans la même province métallogénique.

Le tableau 3 présente quelques statistiques élémentaires pour les éléments analysés. Les résultats des éléments analysés renferment des valeurs maximum relativement aux valeurs moyennes correspondantes pour chaque élément. Les éléments tels que l'As, Cu, Pb et Zn présentent des étendues de plage de données assez important. Ces éléments dont les valeurs extrêmes auront un impact sur l'interprétation des résultats obtenus par les méthodes classiques en se basant sur les valeurs moyennes. Pour les autres éléments tels que Ag, Bi, Mo, Te, Ni, Sn, présentent des valeurs minimum nulles avec de faibles étendues et des écarts-type petits.

Les histogrammes de fréquence de chacun des éléments chimiques analysés sont donnés à la figure 5 pour les 35 échantillons à notre disposition. Dans ce cas, les histogrammes ont été tracés après une classification des plages données en 16 classes. Un rapide coup d'œil permet de faire des constatations intéressantes. Les histogrammes réalisés montrent le caractère unimodal homogène des résultats formé par une seule population (Fig. 5). Ce caractère unimodal traduit la mise en place des filons à la suite de la même source de fluide minéralisateur.

6.2 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La représentation logarithmique des données brutes permet de réduire l'asymétrie de la distribution des populations de données, comme indiqué par les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement. Une première interprétation des résultats des analyses des chapeaux de fer, basée sur l'utilisation des courbes gausso-logarithmiques a été présentée par Lotfi (2015) [49]. Il est généralement reconnu que les éléments traces possèdent une distribution naturelle lognormale. Sur un papier à échelle gausso-logarithmique, une telle distribution sera représentée par une droite. Dans le cas le plus général, la courbe de distribution pour l'ensemble des analyses d'un élément sera une ligne brisée formée de trois segments de droite marquée par

des points d'inflexions produites par le changement de pente de leur graphisme. Le premier champ correspond aux valeurs les plus faibles représente la population principale ou bruit de fond local, celui correspondant aux valeurs les plus élevées représente la population anomale illustre l'anomalie de l'élément analysé, tandis que le segment de droite situé entre ces deux extrêmes représente un mélange des deux populations précédentes, soit une population intermédiaire constituée en partie d'échantillons appartenant a la population principale et à la population anomale qu'on nomme la zone de transition. L'exemple de ce type de distribution est représenté à la figure 6 pour l'As. Les éléments de Pb, Te, Zn, Mo, Ni, Bi montrent également le même type de distribution. Un peu plus rarement, la courbe de distribution gausso-logarithmique n'est constituée que de deux segments de droite. Dans ce cas, celui correspondant aux valeurs les plus faibles représente le bruit de fond, tandis que celui correspondant aux valeurs les plus élevées représente la population anomale. Un exemple de ce type de distribution est représenté à la figure 6 pour Ag et Cu. Dans un seul cas pour Sn, la courbe de distribution gausso-logarithmique est une droite unique, ce qui signifie qu'une seule population est présente, et qu'aucune anomalie ne peut être définie pour cet élément du fait que toutes les valeurs d'analyses se situent en-dessous de la limite de détection. La présence de Sn en analyse témoigne localement des teneurs anomales. Le tableau 4 donne, pour chacun des 35 échantillons analysés, les teneurs limites (minimum et maximum), le seuil d'anomalie tel que défini à l'aide des courbes gausso-logarithmiques. Ces résultats serviront par la suite lors de la réalisation cartes géochimiques.

Les corrélations entre tous les éléments de notre étude ont été réalisées afin de saisir des liens possibles entre eux. De plus, de fortes corrélations nous permettraient peut-être de réduire le nombre d'éléments à analyser pour les prochaines études ou encore de renforcer une anomalie en considérant l'effet conjoint de ces éléments.

Les résultats de cette étude sont donnés sur un tableau combiné des corrélations (Tabl. 5). Dans notre cas nous n'avons retenu que la valeur absolue des coefficients de corrélation supérieurs à 0,7. Avant de voir en détail, les principales corrélations, il serait bon, de remarquer que les corrélations observées sont en fait la combinaison de corrélations reliées à la composition chimique du fluide minéralisateur responsable de la mise en place des minéralisations du secteur de Koudiat Aïcha. Les corrélations entre ces éléments mineurs sont en grande partie presque toutes positives et peu généralisées. On peut cependant noter qu'une seule famille d'affinité préférentielle présente le constat : *Pb-Ag-As-Sn*. Ce dernier a été prouvé également par la méthode d'ACP (Fig. 7). Cette affinité est de toute première importance comme indice de minéralisation et nous la considèrerons fortement dans la construction des cartes de teneurs des éléments chimiques.

Tableau 2. Analyse chimique des chapeaux de fer du secteur de Koudiat Aïcha

NUM	N° d'échantillon	Pb	Zn	Cu	Ag	As	Mo	Ni	Bi	Sn	Te
1	ACA1	48	3400	2010	0	0	0	59	108	0	0
2	ACA2	7580	9580	374	16,5	6910	0	0	30	48	0
3	ACA3	147	4290	2450	0	2430	21	0	51	0	5
4	ACA4	963	1740	3760	0	2610	39	0	41	0	2
5	ACA5	16	227	484	0	0	4	15	0	0	0
6	ACA6	0	139	617	0	0	4	19	0	0	2
7	ACA7	9	57	196	0	0	4	0	0	0	0
8	ACA8	5	36	242	0	0	0	0	23	0	0
9	ACA9	9	171	1163	0	0	6	22	43	0	0
10	ACA10	5	345	914	0	0	4	147	28	0	4
11	ACA11	9	47	2010	0	0	3	35	0	0	2
12	ACA12	0	65	195	0	0	0	0	0	0	7
13	ACA13	7	134	707	0,3	0	0	359	15	0	0
14	ACA14	866	10300	2650	0	127	4	321	14	0	4
15	ACA15	5140	4310	491	0,4	26	0	0	15	0	5
16	ACA16	3170	514	1079	1	269	4	0	21	0	2
17	ACA17	1297	811	867	0	220	4	0	14	0	4
18	ACA18	599	5700	2960	0	37	6	140	0	0	7
19	ACA19	8	4590	3370	0	46	4	275	14	0	0
20	ACA20	6	1094	1340	1	64	3	129	31	0	2
21	ACA21	1065	1463	2170	0	412	14	150	12	0	2
22	ACA22	17	271	5550	0	24	4	548	27	0	5
23	ACA23	66	428	5720	0	36	0	227	57	0	11
24	ACA24	43	78	1500	0	0	0	18	24	0	2
25	ACA25	0	254	875	0,3	0	29	0	0	0	2

26	ACA26	16	697	2410	0,4	0	4	118	15	0	2
27	ACA27	54	1117	1520	0	529	3	34	0	0	0
28	ACA28	388	3910	424	0	0	2	39	0	0	0
29	ACA29	0	145	1142	0	35	5	18	0	0	0
30	ACA30	3240	13300	830	0,7	351	15	349	13	0	0
31	ACA31	50	15700	5680	2,1	0	0	970	37	0	0
32	ACA32	37	8100	1490	1,2	26	15	417	0	0	3
33	ACA33	12	117	489	0	0	3	375	0	0	2
34	ACA34	139	153	1192	0,3	744	4	0	12	0	2
35	ACA35	76	893	416	0	90	0	0	0	0	0

Tableau 3. Statistique élémentaire des éléments traces analysés des chapeaux de fer du secteur de Koudiat Aïcha

Variable	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	1er Quartile 25%	Médiane 50%	3ème Quartile 75%
Ag	0,0	16,5	1	2,8	0,0	0,0	0,3
As	0,0	6910,0	428	1275,7	0,0	25,0	150,3
Bi	0,0	108,0	18	22,5	0,0	14,0	27,3
Cu	195,0	5720,0	1694	1537,0	490,5	1152,5	2230,0
Mo	0,0	39,0	6	8,6	0,0	4,0	4,3
Ni	0,0	970,0	137	209,1	0,0	28,0	169,3
Sn	0,0	48,0	1	8,1	0,0	0,0	0,0
Pb	0,0	7580,0	717	1640,5	7,8	40,0	440,8
Te	0,0	11,0	2	2,6	0,0	2,0	3,3
Zn	36,0	15700,0	2691	4063,1	143,5	605,5	4005,0

Tableau 4. Limite de detection des anomalies du chapeau de fer de Koudiat Aïcha.

Elément	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Bruit de Fond	<2,5	<850	<15	<4000	<6	<300	<1500	0	<2,1	<6000
Zone de transition	>2,5	850-2200	15-80	>4000	6-10,2	300-450	1500-2800	0	2,1-3,5	6000-8000
Zone anomalique		>2200	>80		>10,2	>450	>2800	>0	>3,5	>8000

Tableau 5. Matrice de corrélation des éléments traces analysés des chapeaux de fer de Koudiat Aïcha.

Variables	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Ag	1,0									
As	**0,9**	1,0								
Bi	0,1	0,2	1,0							
Cu	-0,1	0,0	**0,5**	1,0						
Mo	-0,1	0,2	0,0	0,1	1,0					
Ni	0,0	-0,2	0,1	**0,6**	-0,1	1,0				
Pb	**0,7**	**0,7**	0,1	-0,2	0,0	-0,1	1,0			
Sn	**1,0**	**0,9**	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	**0,7**	1,0		
Te	-0,2	-0,1	0,2	**0,4**	0,0	0,0	0,0	-0,1	1,0	
Zn	**0,4**	0,3	0,2	0,3	0,1	**0,6**	**0,4**	0,3	-0,1	1,0

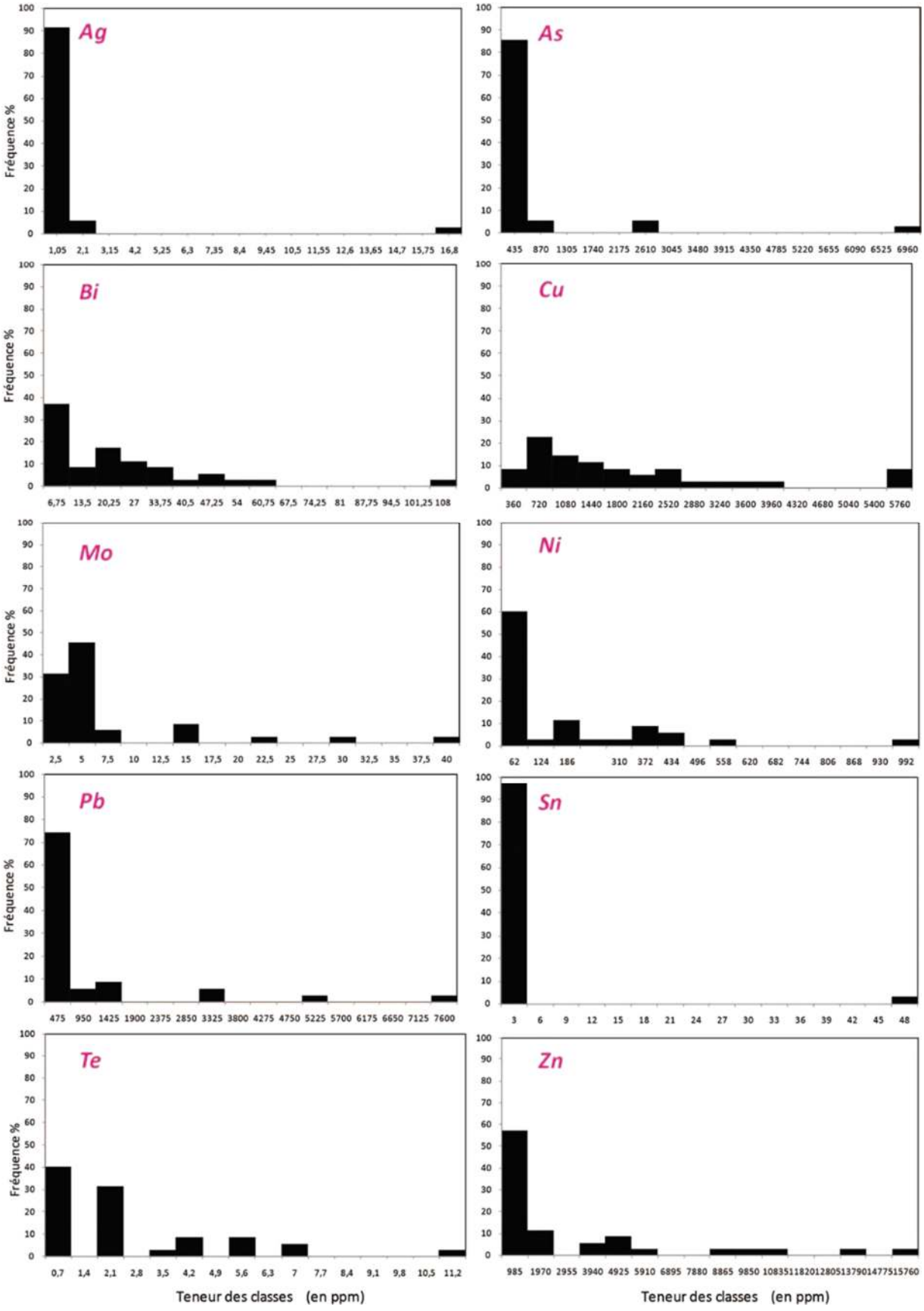


Fig. 5. Histogramme de fréquence des éléments traces du chapeau de fer du secteur de Koudiat Aïcha

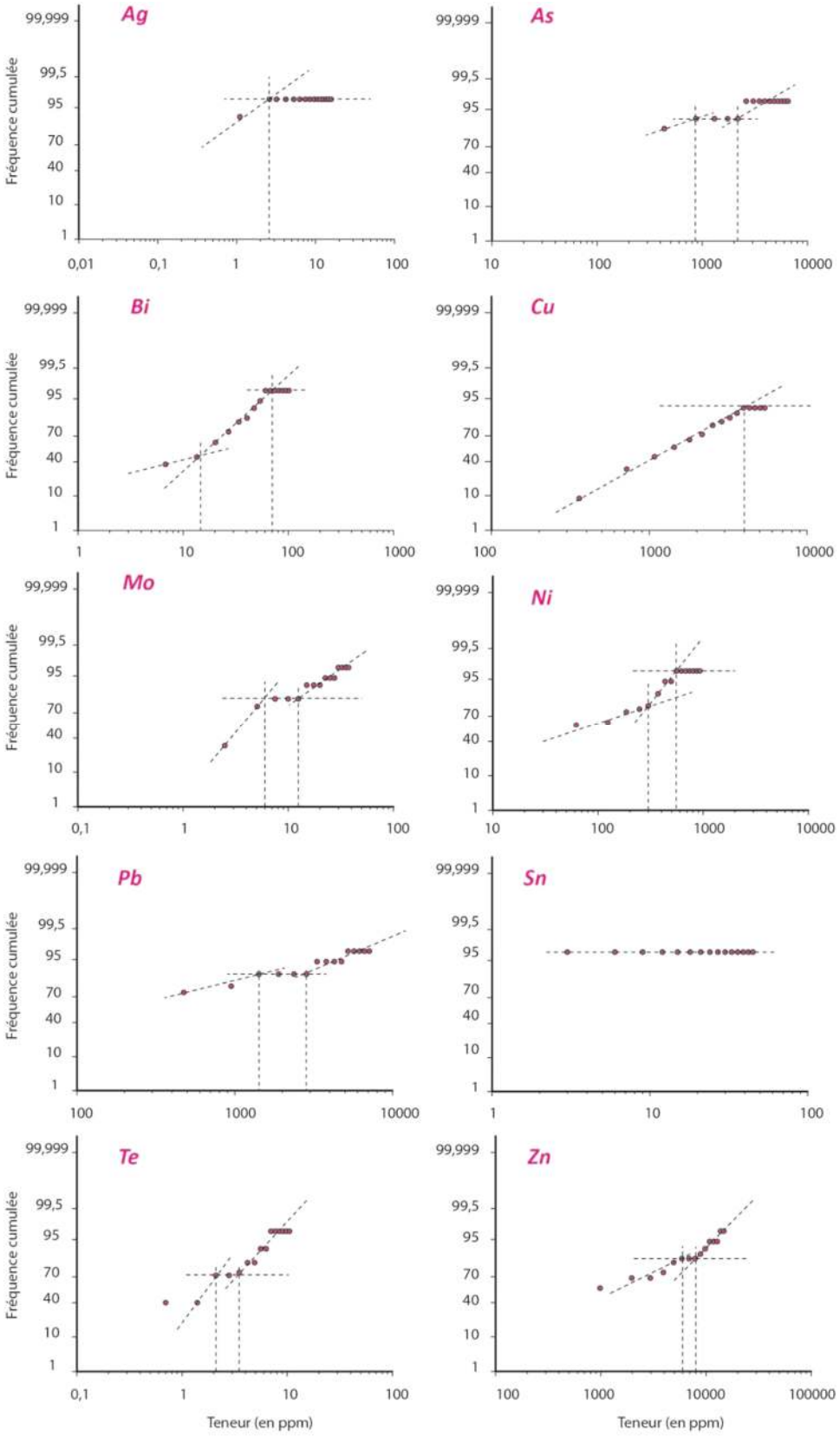


Fig. 6. Représentation graphique des fréquences cumulées des éléments du chapeau de fer en fonction de leurs teneurs

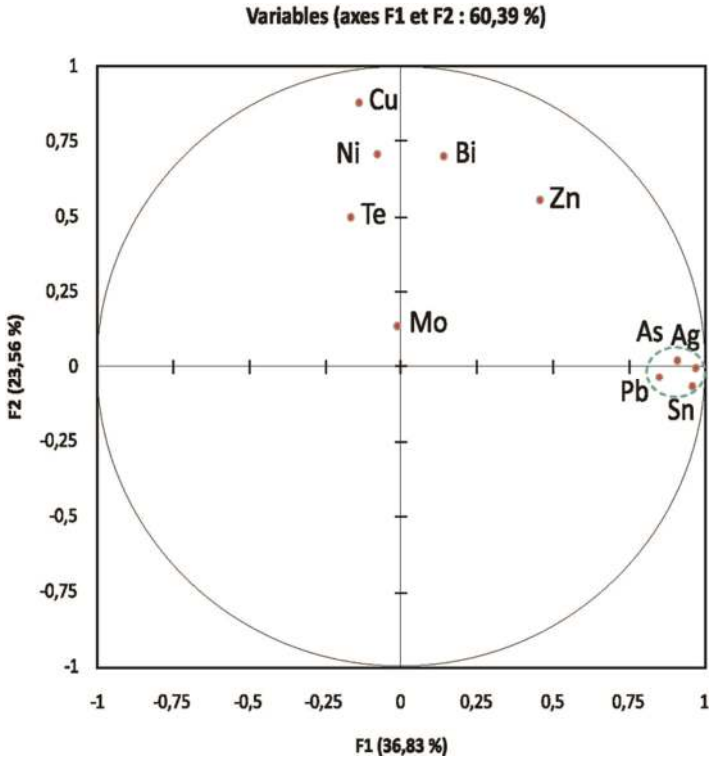


Fig. 7. Analyse de composantes principales des analyses des chapeaux de fer de Koudiat Aïcha.

6.3 CARTOGRAPHIE ET PRÉSENTATION DES DONNÉES DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Les cartes de compilation et d'interprétation géochimique donnent la possibilité aux géochimistes de repérer et d'identifier rapidement les dispersions ou les zones d'activités géochimiques. Dans le cas de Koudiat Aïcha, la méthode des cartes de symbolisation graduées a été adoptée. Elle permet de visualiser rapidement les zones à forte teneur tout en donnant une idée générale de la force des teneurs.

Au cours de la réalisation des cartes, les résultats des traitements statistiques ont été pris en considération. Dans un premier temps, les anomalies pour chaque élément sur une carte distincte ont été localisées. En second lieu, les cartes obtenues ont été superposées de façon à faire ressortir les zones présentant des anomalies en plusieurs éléments. Cependant, il a fallut accorder une grande importance à quelques éléments indicateurs étant donné que certains sont des indicateurs plus importants que d'autres.

Les résultats des analyses ont été converti en symboles gradués accordé pour chaque point d'échantillon analysé en fonction de la teneur de l'élément tout en respectant les résultats des courbes de distribution gausso-logarithmique dépendant de leur importance. Ici, nous nous restreindrons à l'interpolation et l'extrapolation spatiale en deux dimensions. Le bruit de fond a été considéré lors de la présentation des données d'une part, d'autre part la zone de Koudiat Aïcha n'a connu jusqu'à maintenant aucune activité minière ou source de contamination récente qui pourrait induire toutes causes de fausses anomalies probables. Cette approche permet d'augmenter le degré de confiance et d'éliminer toute hypothèse de contamination locale, et l'erreur d'analyse, etc…, dans le fait que les anomalies présentées dans les chapeaux de fer correspondent bien à des anomalies existant dans le protore [49]. Les cartes des éléments contenus dans les chapeaux de fer ont été reportées sur la figure 8 pour les éléments d'Ag, As, Sn corrélables. L'important constat immédiat, en se référant aux résultats obtenus des courbes de distribution, seule la zone centrale montre un intérêt de prospection.

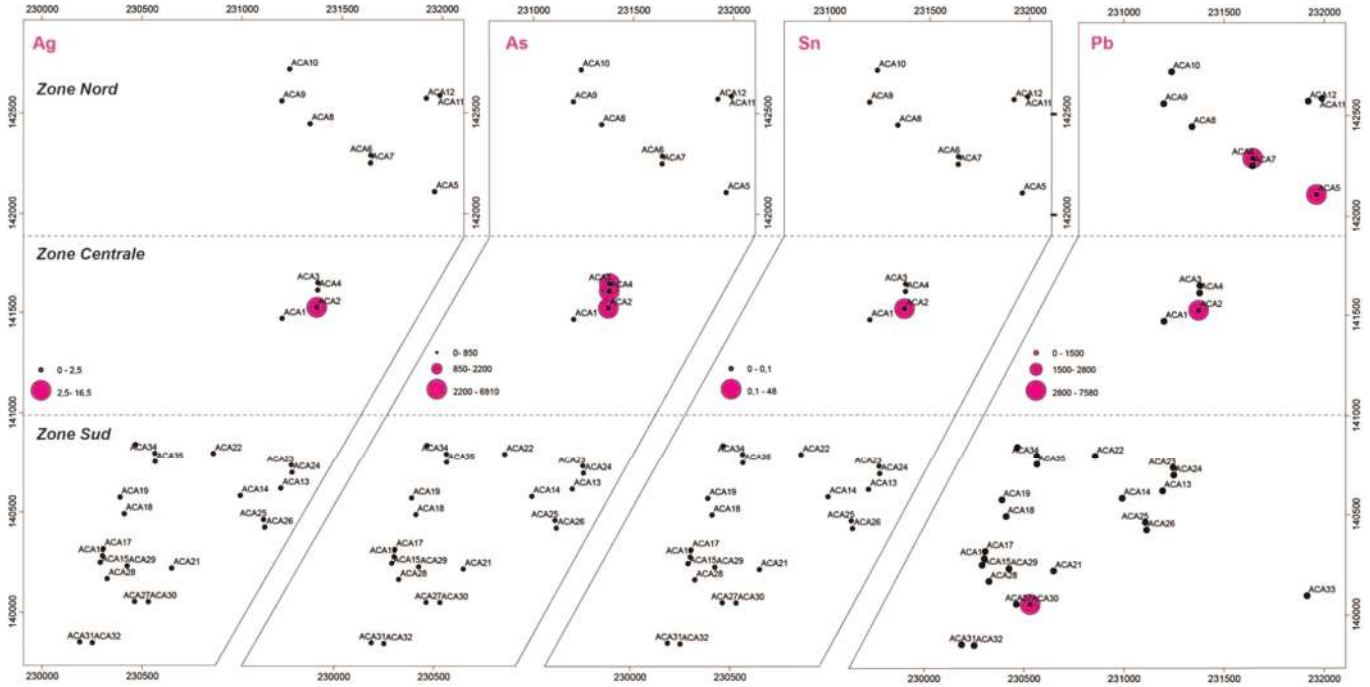


Fig. 8. Cartographie géochimique de la dispersion des éléments de chapeau de fer analysés

7 DISCUSSION

Cette étude constitue l'une des applications de la géochimie des chapeaux de fer à l'évaluation du potentiel minéral du secteur de Koudiat Aïcha. Le fait de concentrer l'échantillonnage près du secteur du gisement de Koudiat Aïcha est intéressant pour dégager des guides de prospection locale au voisinage et au contact immédiat de l'emplacement du gisement, et d'étendre les résultats sur l'ensemble des Jebilet Centrales.

Au niveau du secteur de Koudiat Aïcha, la minéralisation sulfurée est marquée à affleurement par le développement de chapeaux de fer bien individualisés. Ces derniers constituent les cibles pour l'exploration géochimique ayant menés à la découverte de nombreux gisements minéralisés [50].

Les conclusions tirées de la statistique classique et celles déduites des variogrammes concordent assez bien. Le caractère unimodal homogène pour l'ensemble des éléments traduit l'appartenance à la même population et par conséquent au même cycle minéralisateur. Il suffit d'analyser les échantillons pour l'élément recherché en association avec quelques minéraux indicateurs. Tout autre élément qui fait augumenter les coûts et sans information géochimique est inutil à analyser. Cette opération va permettre d'optimaliser les coûts inhérents à l'amont pour un tel projet par la diminution du nombre d'éléments à analyser et d'augmenter le nombre d'échantillons suffisants pour obtenir une confiance statistique valable.

Les résultats des éléments analysés du chapeau de fer du secteur du gisement de Koudiat Aïcha ont servi pour tracer les cartes de symboles gradués des différents éléments (Fig. 8) en tenant compte avec les valeurs locales du bruit de fond et anomaliques pour chaque élément analysé. Les valeurs élevées du bruit de fond des chapeaux de fer dans le secteur ont été attribuées au caractère minéralisé de la roche mère formant le protore encaissé dans les roches sédimentaires du gisement de Koudiat Aïcha, ainsi qu'au caractère mobile de certains éléments chimiques (Cu-Zn) et à l'absence de roches actives.

En tenant compte des résultats des traitements statistiques, la zone centrale montre un intérêt pour la prospection des amas sulfurés. Les cartes ainsi que l'emplacement des anomalies d'Ag-As-Pb-Sn combinées marquent bien leur parfaite superposition parallèlement aux tracés de l'emplacement du gisement de Koudiat Aïcha. La projection du contour du corps minéralisé déduit à partir de la modélisation combinée des données géophysiques (magnétiques, et gravimétriques) et depuis l'interprétation des sondages carottés, coïncide parfaitement avec la zone centrale à chapeau de fer le long d'axe NS et les anomalies produites par les éléments Ag, As, Pb et Sn des échantillons ACA2 à ACA4 (Fig. 2). Seul l'échantillon ACA2 présente une anomalie en Sn. Cet enrichissement en Sn traduit la présence de la stannite dans le protore polymétallique.

L'anomalie de Bi (ACA1) bien localisée et plus enrichis localement a été considéré comme un bon indicateur des zones nourricières «stockworks» des gisements de sulfures massifs de la ceinture ibérique pyriteuse IPB [51]. Les zones nourricières

matérialisent généralement la zone d'échange située à la base des corps minéralisés à sulfures massifs volcanogènes (VMS) et qui contiennent les minerais de bismuth et de cobalt [51]. Ce dernier constat a permis de mieux distinguer les veinules de sulfure appartenant aux zones de stockwork des gisements sulfures massifs et les veinules de nature ambiguë, et fournit des critères chimiques de la proximité aux zones de stockwork liées au corps minéralisé. A partir de ces résultats, on déduit que les anomalies produites par le As, Ag, Pb et Sn correspondent à l'anomalie produite par le corps minéralisé tandis que celle produite par le Bi correspondent à la zone de stockwork du gisement de Koudiat Aïcha ayant été détaché, déformé et transposé sous l'effet de la déformation hercynienne le long de la zone minéralisé [52]. Cependant les autres éléments analysés tel que l'Cu, Mo, Ni, Te, et Zn ne montrent pas de bonne corrélation avec les anomalies produites par le Ag, As, Bi, Sn et le Pb au niveau de la zone minéralisée. Ces éléments traduisent une grande mobilité et un enrichissement dans la zone de cémentation dans les environnements semblables, et marquent une dispersion variable et ne peuvent pas être considérés comme éléments indicateurs dans le secteur du gisement de Koudiat Aïcha ainsi que dans les cas similaires encaissés dans la province métallogénique des Jebilet centrales.

8 CONCLUSION

La plupart des découvertes historiques des gisements de VMS polymétalliques sont à la base de localisation de veines à l'affleurement suivies des opérations de décapage descendant des déclins réguliers le long de la veine.

L'exploration récente est basée sur les méthodes géophysiques et géochimiques ainsi que sur l'analyse des minéraux lourds et les terres rares.

Cette exploration est basée sur la géochimie des chapeaux de fer, a montré son importance et sa grande utilité dans le but de cibler et de localiser les potentialités métallifères comme dans le prospect de Koudiat Aïcha du grand secteur de Kettara. L'étude a cependant montré que les chapeaux de fer associés au même système hydrothermal, présente une forte corrélation entre Ag, As, Sn et Pb. Les chapeaux de fer les plus éloignés, non économiques se caractérisent par de très faibles corrélations en ces éléments. Les anomalies géochimiques produites par les éléments tels que l'Ag, As, Sn et Pb marquent bien l'appartenance au gisement encaissé en profondeur.

Cette constatation a été renforcée par les méthodes géophysiques (magnétiques, gravimétriques) et confirmé par les sondages carottés ayant intercepté en plus des unités lithologiques connues à l'affleurement le corps minéralisé en profondeur. Cependant, l'anomalie de Bi illustre bien la zone nourricière et d'échange au-dessous du corps minéralisé, et pourraient refléter l'appartenance des veines au même système hydrothermal ayant déposé le gisement. On conclut et à partir des éléments analysés que les éléments Ag, As, Bi, Sn sont les plus favorables pour localiser un dépôt de sulfures polymétallique dans ce contexte des Jebilet Centrales.

En dépit de l'abondance très basse des éléments de Ag, As, Bi, Sn dans les chapeaux de fer du secteur, ces éléments pourraient être employés comme étant de bons éléments indicateurs localisées à la proximité de la minéralisation au cours de l'exploration des minéralisations sulfurées similaires dans les Jebilet centrales et Guemassa, voir son extrapolation vers l'ensemble des terrains hercynien.

REFERENCES

[1] E., Çiftçi, H. S. Kolayli, & S. Tokel, "Lead-arsenic soil geochemical study as an exploration guide over the Killik volcanogenic massive sulfide deposit, Northeastern Turkey," *Journal of Geochemical Exploration*. 86, 49–59, 2005.

[2] A. Atapour, & A. Aftabi, "The geochemistry of gossans associated with Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: Implications for exploration and the environment,". Journal of Geochemical Exploration 93(1):47-65, 2006.

[3] A.A. "Levinson, Introduction to exploration geochemistry applied publishing Ltda,". 600p. 1980.

[4] A. Piqué, & A. Michard, "Moroccan Hercynides. A synopsis. The Paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of West Africa". *Amer. J. Science 29, 286-330*, 1989.

[5] J. Fabre, "Structure de l'Algérie saharienne. Eléments pour une carte tectonique," *Bull. Serv. Géol., Algérie, Nouvelle série, V. 41, 161-185*,1971.

[6] M. Leblan & J. R. Lancerot, "Interprétation géodynamique du domaine panafricain (précambrien terminal de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir des données géologiques et géochronologiques," *Jour. Can. Sci. Terre,* V. 17, p. 142-155, 1980.

[7] A. Michard, "Eléments de géologie marocaine," *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc,* n° 252, 420 p., 1976.

[8] A. Piqué, & A. Michard, "Les zones structurales du Maroc hercynien," *Sci. Géol. Bull.,Vol. 34, Strasbourg. 135-146,* 1981.

[9] P. Huvelin, "Relation entre les granitisations hercyniennes majeurs dans les Jebilets : comparaisons avec Oulmès," Rapport E.G.M. N° 967. Rabat, 1975.

[10] P. Huvelin, "Etude géologique et gîtologique du massif Hercynien des Jebilet (Maroc Occidental)," *Note et Mém. Serv. Géol. Maroc, Rabat, N° 232 bis, 307 p.,* 1977.

[11] F. Permingeat, "Sur viséen des Jebilet orientales au sud de l'oued Tensift," *Notes et mem. Serv. Géol. Maroc. 121 , 17-22,* 1954.

[12] H. Bamoumen, "Les déformations superposées contemporaines de la mise en place des nappes gravitaires des Jebilet orientales (Maroc)," Thèse de 3ème cycle, Marrakech, 189p., 1988.

[13] M. Gigout, "*Etude géologique sur la meseta marocaine occidentale (arrière pays de CasaBlanca, Mazagan et Safi),"* Trav. Inst. Cher. Rabat. 3. *Notes et Mem. Serv. Géol. Maroc*, 86 : 507 p., 1951.

[14] J. "Beauchamp, Le Carbonifère inférieur des Jebilet et de l'Atlas de Marrakech (Maroc) : Migration et comblement d'un bassin marin," *Bulletin Société Géologique de France 7-XXVI-6, 1025-1032,* 1984.

[15] A. Piqué, "Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale". Presses Universitaires Maghrébines Edition, 284 p. Marrakech, 1994.

[16] J.L. Gaillet, "Sur les relations entre les schistes du saghlef et le flysh de Kharrouba dans le massif hercynien des jebilets (Maroc)," *C.R. Acad. Sci. Paris*, 288, pp. 791-794, 1979.

[17] M. Bordonaro, "Tectonique et pétrographie du district à pyrrhotine de Kettara (Paléozoïque des Jebilets, Maroc)". Thèse de 3ème cycle Université Louis Pasteur de Strasbourg, 132pp, 1983.

[18] El.M. Aarab, *Mise en place du caractère cogénétique des roches magmatiques basiques et acides dans la série volcanosédimentaire de Saghlef (Jebilet, Maroc hercynien).* Thèse Doctorat de 3ème cycle, Univ. Nancy I 145 p. 1984.

[19] El.M. Aarab, "Genèse et différenciation d'un magma tholeiitique en domaine extensif intracontinental : l'exemple du magmatisme pré-orogénique des Jebilet (Maroc Hercynien)*,"*. Thèse Doctorat d'état. Univ. Cadi Ayyad Marrakech, 253p, 1995.

[20] M. Jadid, "Etude des processus de différenciation des roches magmatiques préorogeniques des Jebilet centrales sur l'exemple du massif stratiforme de Koudiat Kettara (Maroc hecynien). Thèse de 3ème cycle, Marrakech, 215p. 1989.

[21] H. Admou, "Etude de la déformation synschisteuse dans le secteur Est de Jebel Sarhlef (Jebilet centrales)," Mém C. E. A. Univ, Marrakech, 1986.

[22] N. Saber, Etude pétrographique et structurale du massif de Kaddour Labdi (Jebilet centrales). Mem. C.E.A. Univ, Marrakech, 1986.

[23] M. Ait Tahar, Géométrie et cinématique de la déformation post viséenne autour des gabbros des Jebilet. Thèse de 3ème cycle, 144 p., Université de Marrakech, Maroc, 1987.

[24] A. Essaifi, "Le magmatisme acide basique des Jebilet centrales (Maroc). Ses relations avec la déformation hecynienne synschisteuse. Implications géodynamiques," Thèse de 3ème cycle Marrakech, 152p, 1989.

[25] A. Essaifi, "Relation entre magmatisme, déformation et altération hydrothermale. L'exemple des Jebilet centrales (hercynien, Maroc)," Thèse d'Etat es sciences, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, 331p, 1995.

[26] J.L. Lagarde & P. Choukroune, "Cisaillement ductile et granitoïdes syntectoniques: l'exemple du massif hercynien des Jebilet (Maroc)," *Bulletin de la Société Géologique de France, XXIV2, 299-307,* 1982.

[27] Cl. Le Corre, & J. Bouloton, "Un modèle de «structures en fleur» associant décrochement et convergence: Les Jebilets centro-occidentales (Maroc hercynien)," *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris,* 304, série II: 751-755, 1987.

[28] Z. Mrini, "Age et origine des granites hercyniens du Maroc, apport de la géochronologie et de la géochimie isotopique (Sr, Nb, Pb)," Thèse, Uni. Clermont Ferrand II, 156p. 1985.

[29] Z. Mrini, "Chronologie (Rb-Sr, U-Pb), traçage isotopique (Sr-Nb-Pb) des sources des roches magmatiques éburnéennes, panafricaines et hercyniennes du Maroc,". Thèse d'Etat, Uni. Cadi Ayyad, Marrake*ch, 198 p.* 1993.

[30] R. El Mouraouah, "*Mise en évidence du caractère lamprophyrique des filons Tardihercyniens des Jebilet: Implication petrogénétique,"* Thèse de 3ème cycle, Marrakech, 104p, 1992.

[31] A. El Harti, "*Mode de gisement, étude structurale et contexte de mise en place des corps magmatiques preorogéniques des Jebilet centrales. Sur l'exemple des intrusions de Koudiat Kettara (Maroc Hercynien),"* Thèse de 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, Marrakech, Maroc, 142 p, 1995.

[32] J.L. Lagarde. & P. Choukroune, "Cisaillement ductile et granitoïdes syntectoniques: l'exemple du massif hercynien des Jebilet (Maroc)," *Bulletin de la Société Géologique de France, XXIV2, 299-307*, 1982.

[33] J.L. Lagarde, "Les plutons granitiques hercyniens marqueurs de la déformation crustale. L'exemple de la Meseta," Thèse d'Etat es Sci. Université de Rennes, France, 371 pp, 1989.

[34] A. Chemsseddoha, "Cisaillement ductile et granite syntectoniques dans les Jebilet centrales: l'exemple du pluton hercynien (Massif des Jebilet, Meseta Sudmarocaine)," *Thèse 3ème cycle, Univ. Rennes I, 155p,* 1986.

[35] C. Le Corre, & A. Saquaque," Comportement d'un système pluton-encaissant dans un champ de déformation régional:

le granite du Bramram (Jebilet, Maroc hercynien)" *Bull. Soc. géol. France,* (8), t. III, n ° 4, pp. 665-673, 1987.

[36] H. Hollard, "Recherches sur la stratigraphie des Formations du Dévonien Moyen, de l'Emsien Supérieur au Franien, dans le Sud du Tafilalt et dans le Ma'der (Anti-Atlas oriental)," *Notes du Service Géologique du Maroc*, v. 36(264), p. 7-68, 1974.

[37] F. Kharbouch, "Les laves dévono-dinantiennes de la meseta marocaine. Etude petrogéochimique et implication géodynamique,". Thèse d'Etat, Uni. Bretagne, 336 p 1994.

[38] M. Bordonaro, J.L Gaillet & A. Michard," Le géosynclinal carbonifère sud-mésétien dans les Jebilet (Maroc) ; une corrélation avec la province pyriteuse du sud de l'Espagne," *CR Acad Sci Paris 288-D, 1371-1374,* 1979.

[39] A.J. Bernard, O.W. Maier, & A. Mellal," Aperçu sur les amas sulfurés massifs des hercynides marocaines," *Mineralium Deposita 23, 104-114,* 1988.

[40] J. Beauchamp, A. Izart, & A. Piqué," Les bassins d'avant-pays de la chaîne hercynienne au Carbonifère inférieur," *Canadien Journal of Earth Sciences 28, 2024-2041,* 1991.

(41] M. Hibti, "Les amas sulfurés des Guemassa et des Jebilet (Meseta Sud-Occidentale, Maroc) : Temoins de l'hydrothermalisme précoce dans le bassin mesetien". Thése de Doctorat d'Etat Es-Sciences.Unv. Marrakech, 301 p, 2001.

[42] S. Brunet F. Lotfi & A. Belkabir," Les gisements de sulfures massifs hercyniens du Maroc : Exemple du gîte polymétallique de Koudiat Aïcha, Jebilet Centrales. *Actes du congrès The 3rd Conference of the Association of African Women Geoscientists* 6-8 Mai 2005, El Jadida – Maroc, 2006.

[43] A. Belkabir, H. Gibson, E. Marcoux, D. Lentz, & S. Rziki," Geology and Wall-Rock Alteration at the Hercynian Draa Sfar Zn-Pb-Cu deposit, Morocco," *Ore Geology Reviews* 658, 33. 3-4, 280-306, 2008.

[44] L. Ben Aissi, "Contribution à l'étude gîtologique des amas sulfurés polymétalliques de Draa Sfar et de Koudiat Aïcha : comparaison avec les gisements de Ben Slimane et de Kettara (Jebilets centrales, Maroc hercynien)," Thèse de doctorat, Uni Cadi Ayyad, Marrakech, 333 p, 2008.

[45] E. Marcoux, A. Belkabir, H. Gibson, & D. Lentz," The Draa Sfar ore deposit (Jebilet, Morocco): an example of pyrrhotite dominant-polymetallic VHMS in Hercynian terranes, " *Ore Geology,* 658. 33. 3-4, 304-328, 2008.

[46] F. Lotfi, A. Belkabir; A.C. Brown, E. Marcoux, & S. "Brunet, Geology and mineralogy of the Hercynian Koudiat Aïcha polymetallic (Zn, Pb, Cu) massive sulfide deposit, Central Jebilet, Morocco, *" Exploration and Mining Geology, 17*, Nos. 3–4 : 45–162, 2008.

[47] F. Lotfi, "Utilisation de la géochimie des minéraux d'altération hydrothermale comme guide de prospection des massifs sulfurés volcanogènes (VMS) polymétalliques : cas du gisement de Koudiat Aïcha (Pb, Zn, Cu), Jebilet Centrales – Maroc," Actes des journées géologiques, Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Rabat, 2016.

[48] F. Lotfi, "*Contexte géologique et minéralisation à sulfures massifs (Zn, Pb, Cu) du gisement hercynien de Koudiat Aïcha, Jebilet Centrales, Maroc, "* PhD Thésis, Université Cadi Ayyad Marrakech, 180 pp, 2009.

[49] F. Lotfi, "Utilisation des chapeaux de fer comme guide de prospection des amas sulfurés : cas du gisement polymétallique de Koudiat Aïcha, Jebilets Centrales Maroc," *In: recueil des résumés, Actes du Colloque international 3MA Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées, 9ème édition Taroudant – Agadir, le 02 au 04 avril,* 2015.

[50] A. Habibeh, & A. Alijan, "The geochemistry of gossans associated with Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: Implications for exploration and the environment, " . *Journal of Geochemical Exploration. 93, 47–65,* 2007.

[51] E. Marcoux, Y. Moëlo, & J.M. Leistel, "Bismuth and cobalt minerals as indicators of stringer zones to massive sulphide deposits, iberian pyrite belt," *Mineralium Deposita*. 31 (1-2) : 1-26, 1996.

[52] D.F., Sangster, "Precambrian volcanogenic massive sulfide deposits in Canada", *A review. Geological Survey of Canada,* Paper 72-22, 43 p. 1972.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 534-545
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Physicochemical analysis of crude waste waters from industrial and domestic sources in the Kossodo market garden site (Ouagadougou)

Jacques Sawadogo[1], Dasmané Bambara[1], Aminata KABORE[1], Souley Kallo Moutari[2], Panne Jeanne d'Arc Coulibaly[1], Moussa BOUGOUMA[3], and Jean B. LEGMA[4]

[1]Département de Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Productions (GRN-SP), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (CNRST/INERA), Laboratoire Sol - Eau - Plante, 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

[2]Faculté de Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, BP 10662, Niger

[3]Faculté de Sciences et Techniques, Université de Koudougou, BP 376 Koudougou, Burkina Faso

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

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Burkina Faso, Water resources are threatened today by pollution from domestic waste, industrial and agricultural discharges without adequate treatment. This pollution is the main cause of degradation of water quality. The objective of this study is to evaluate the physicochemical quality of the water in the market garden site of Kossodo watered with sewage sludge from the city of Ouagadougou industries. Indeed, seven (7) wastewater samples collected over a 90 days period at the site where a Water Treatment Plant (WTP) was installed were analysed in the laboratory. The parameters were pH, EC, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NH_4^{+}, NO_3^{-}, HCO_3^{-}, CO_3^{2-} , BOD_5, SM and COD. The analytical data was compared to WHO standards. The Results show that the concentrations of the chemical elements are very high in the wastewater, but hardly exceed the levels recommended by the standards for agro-pastoral needs. Electrical conductivity indicates that 57% of the samples analysed are not saline. Phosphorus and potassium concentrations are low. There is a strong mineralization resulting from industrial or domestic pollution. The physicochemical characterization of the raw wastewater revealed that this liquid discharge is very heavy in organic matter in term of COD (Avg.= 341.52 mg/L), in BDO_5 (Avg.= 260 mg/L), in Suspend Matter (Avg.= 307.6 mg/L) and mineral matter expressed in terms of chlorides (Avg.= 75.968 mg/L), electric conductivity (Avg.= 580.24 µs/cm) and alkalinity expressed as $CaCO_3$ (Avg.= 220.70 mg/L) with a pH of 7.5 (±0.3). The average levels of nitrates and orthophosphates respectively of the order of 33.11 mg/L and 86.74 mg/L. Over the entire sampled site, most of the wastewater analysed is suitable for agriculture.

KEYWORDS: wastewater, market gardening, physical-chemical, pollution, quality, Ouagadougou.

1 INTRODUCTION

Water is one of the essential elements for most large pet food processing companies of chemical origin. In this context, wastewater is considered as an additional water resource and as an appreciable fertilizer input [1], [2], [3]. After use, the wastewater is returned to the environment. This wastewater is generally loaded with organic matter, and becomes an important source of pollution for the receiving environment and populations in permanent contact with this wastewater or consuming agricultural products irrigated with these waters. Source of life on earth, water is one of the most important natural resources for the socio-economic development of nations. In fact, as a food in its own right, water intended for human consumption must be available in quantity and quality without presenting any health risks. However, its rarity makes it one of

the problems facing humanity. According to WHO and UNICEF [3], 1.1 billion people do not have access to drinkable water, especially in arid zones. More recent estimates [4], [5] indicate that this situation would lead to the death of 1.6 million children each year due to diarrheal diseases and nearly 4 million deaths from water and environmental diseases. In addition, population growth, the development of urban planning, the evolution of hygiene and the industrial expansion in Burkina Faso are causing an increasing demand for good quality of water and subsequently, there is an increased volumes of water released after use. This wastewater is a useful resource for market gardening, especially in urban areas. Similarly, in arid and semi-arid regions, the reuse of these waters for irrigation is gaining increasing momentum, as some authors [6], [7], [8] have shown that the importance of this practice is due to the availability and free of charge of these wastewater containing a high rate of chemical fertilizer elements. In addition, the sustainability of wastewater availability is linked to urban growth and urbanization. Indeed, some large cities release more than 70% of their water consumption after use [9]. The large volume of water discharged has led to a strong demand for its valorization as irrigation water in third world cities [9], [10], particularly in the city of Ouagadougou (Burkina Faso). However, the use of wastewater in urban agriculture can cause soil pollution, agricultural products including market gardeners and various diseases. In such a context, it is necessary to know the chemical characteristics of these wastewater and their evolution in the soil.

2 MATÉRAL AND MÉTHODS

2.1 DESCRIPTION OF STUDY AREA

This study was conducted in Burkina Faso (**Figure 1**), a Sahelian landlocked country located in West Africa in the Niger Loop between 9 ° 20 'and 15 ° 5' North Latitude, 2 ° 20 'East Longitude and 5 ° 30 'west longitude [11], [12].]. In fact, Burkina Faso is subdivided into three climatic zones: a Sahelian zone located beyond parallel 14 ° N and which occupies a quarter of the territory with an average annual rainfall of between 300 and 600 mm which lasts 2 to 3 months a year [7]. A Sudano-Sahelian zone located between the parallels 11 ° 30 'and 14 ° N occupies half of the territory and integrates the urban commune of Ouagadougou, city where the experimentation took place. And finally, the remaining quarter of the territory is occupied by a Sudanian zone located south of parallel 11 ° 30 'N. It records the most important precipitation, varying between 900 and 1200 mm and which lasts from 4 to 7 months a year.

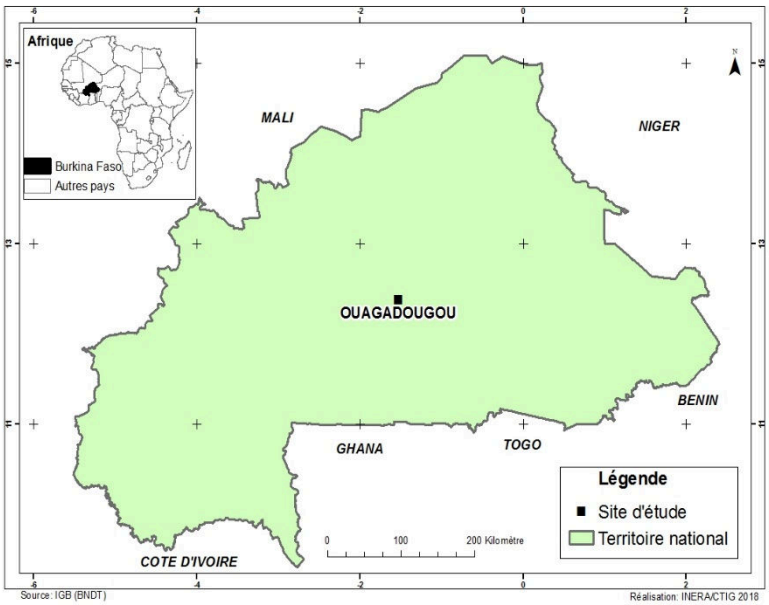


Fig. 1. Location of the study area (Maps INERA CTIG)

The water resources (**Figure 2**) come from the **sewage channels** along the edge of the classified forest that collect wastewater from the Tannerie, the Burkina Brewery Company (SOBBRA), Burkina Faso National Society of electricity (SONABEL), industrial paint and slaughterhouse. Indeed, these companies use mostly bicarbonates to clean water and discharge heavy metals. All this wastewater is discharged to a Water Treatment Plant (WWTP) set up as part of the

Ouagadougou city sewage network for the treatment of wastewater in order to provide irrigation water for quality. Despite these efforts to provide quality irrigation water, the problem of quality water still exists. [13], [14].



Fig. 2. Crude waste waters from the Kossodo canals (Ouagadougou)

2.2 SAMPLING PROCEDURE AND ANALYSIS OF WASTE WATERS

2.2.1 FIELD WORK

The methodology consisted in carrying out **raw sewage samples** for the study of the characterization. Samples were taken for a period of three (3) months at the Kossodo market garden site. Conservation of wastewater samples has been done in accordance with the general guide for the conservation and handling of samples according to ISO 5667 / 3b [15].

2.2.2 ANALYTICAL METHODS

The various physicochemical parameters determined are: the pH, the electrical conductivity (CE), the content of calcium, magnesium, chloride, nitrate, ammonium, carbonate, sulfate, COD, BOD_5, SM, nitrite, sodium, potassium, and phosphates, according to standard analysis techniques of WHO [16]. All physicochemical analyzes were carried out at the soil water plant laboratory of the National Center for Scientific and Technological Research (CNRST).

3 HYDROCHEMICAL FACIÈS

The hydrochemical facies of the wastewater were determined according to the Piper diagram [16] in order to have an indication of their qualitative aspect. The realization of these diagrams was made using the software Diagrams 5.6, designed by Simler [17]. This diagram is used in hydrochemistry for the description of water composition and for easy comparison or classification of the latter. It is composed of two triangles to represent the cationic facies and the anionic facies and a rhombus synthesizing the global facies. Concentrated point clouds represent for the different samples the combination of cationic and anionic elements. This type of diagram is particularly suitable for studying the evolution of the water facies as the mineralization increases or to indicate the types of dominant cation and anions. The Riverside Diagram [18] was also used to assess the risk of salinization and water sodization.

4 DATA ANALYSIS

The physico-chemical parameters data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) and the differences between the mean values observed between days and periods were compared according to the Newman-Keuls test at the 5% threshold [19]. With Studio 1.1.423 software combined with R 3.4.3 software. Correlations at the 5% threshold between the different variables were analyzed in relation to sampling periods and days. The statistical analysis used is based on Principal Component Analysis (PCA). The PCA is a statistical method that aims to understand and visualize how the effects of isolated phenomena are combined [20], [21].

5 RÉSULTATS AND DISCUSSION

5.1 WASTE WATERS PHYSICOCHEMICAL QUALITY

The assessment of pollution of raw waste water is based on the determination of a number of physicochemical parameters characterizing this wastewater. The physico-chemical parameters of the wastewater are recorded in Table 1.

Tableau 1. Physico-chemical parameters of wastewater from the city of Ouagadougou

Periods	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
pH (H_2O)	7.5^{bc}	7.47^{bc}	7.73^{c}	7.45^{b}	7.24^{ab}	7.25^{ab}	7.12^{a}
Conductivity (µS/cm)	530.33^{a}	542.5^{a}	564^{ab}	592^{bc}	594.33^{bc}	612.5^{c}	626^{c}
NO_3^-(mg/L)	13.95^{a}	24.45^{ab}	28.78^{ab}	29.88^{abc}	37.64^{bd}	45.48^{cd}	51.58^{d}
NH_4^+ (mg/L)	27.84^{ac}	30.64^{bc}	33.48^{c}	25.20^{ab}	23.94^{a}	22.50^{a}	22.90^{a}
Na^+ (mg/L)	47.4^{a}	49.9^{ab}	51.1^{ab}	52.7^{ab}	53.28^{ab}	54.29^{b}	56.1^{b}
BDO_5 (mg/L)	118^{a}	121^{a}	202^{b}	301^{c}	341^{d}	356^{e}	381^{f}
COD (mg/L)	289.67^{a}	301^{b}	326^{c}	353^{d}	361^{e}	371^{f}	391^{g}
Cl^- (mg/L)	92.63^{f}	91.43^{f}	85.97^{e}	82.9^{d}	71.92^{c}	68.95^{b}	37.97^{a}
Ca^{2+} (mg/L)	24.5^{b}	27.25^{c}	29.2^{cd}	31.55^{de}	32.7^{e}	23.9^{b}	17.4^{a}
Mg^{2+} (mg/L)	3.1^{a}	5.54^{a}	3.8^{bc}	4.15^{c}	4.65^{d}	5.15^{e}	5.65^{f}
HCO_3^-(mg/L)	198.02^{a}	205^{b}	216.71^{c}	224.15^{d}	228.35^{de}	233.7^{ef}	239^{f}
SO_4^{2-}(mg/L)	29.15^{b}	16.4^{a}	36.9^{d}	37.6^{d}	32.4^{c}	40.9^{e}	42.15^{e}
K^+ (mg/L)	46.29^{b}	45.76^{b}	28.95^{a}	25.7^{a}	25.85^{a}	25.30^{a}	26.93^{a}
SAR ($mole^{1/2}.L^{1/2}$)	21.36^{bc}	17.95^{a}	16.50^{a}	18.17^{a}	17.47^{a}	18.97^{ab}	22.01^{a}
MES (mg/L)	210.8^{a}	228.5^{a}	253.5^{a}	345.5^{b}	357.5^{b}	367.5^{b}	392^{b}
P_2O_5 (mg/L)	91.8^{e}	91.13^{e}	87.47^{d}	86.37^{c}	85.73^{c}	83.47^{b}	81.23^{a}
DDL	6						
Probability	< 0.0001						
Manning	S						

** Results are means of 3 replications; S = significant, Test Student Newman-Keuls At the threshold of 5 %, the difference is not significant between values added by the same letter in the same line. P1:1 day, P2:15 days, P3:30 days, P4: 45 days, P5: 60 days, P6: 75 days, P7:90 days.*

5.1.1 pH (H_2O)

During the study period (Table 1), the decreasing evolution of the pH value of the pH value of the pH value of the pH value of the pH value of 7.39 and extreme values of 7.12 to 7.33. El Halouani in Oujda [22] and by Oulkheir in Kenitra [23]. Indeed, according to the FAO [24] and some authors [25], [26], [27], the pH of the irrigation water market is between 6.5 and 8.5, because of these values the solubility of most microelements is optimal. As the pH values of the samples are between 6.5 and 8.5, they are considered as meeting the limits for the direct discharge of water into the receiving medium. Therefore, the pH values being acceptable, they could be valued as irrigation water.

5.1.2 ELECTRIC CONDUCTIVITY OF WATER (EC)

Electrical conductivity is probably one of the simplest and most important for quality control of wastewater. It reflects the degree of global mineralization and provides information on the salinity rate. The results obtained show a more or less significant variation of the mineralization expressed in mean conductivity. The EC values obtained show the very high mineralization of wastewater, with the highest value of 626 µS/cm. The results obtained (Table 1) show an increasing evolution of conductivity higher than the WHO guideline value of 300 µs/cm [27], [28], [29]. Similarly, these average values are less than 2700 µs / cm, considered as the limit value of direct rejection in the receiving medium [30]. In fact, just like pH, conductivity is strongly influenced by temperature, biological processes, but also by calcocarbonic equilibrium [30], [31], [32] : this explains the low values of the conductivity at the beginning of the samples. The conductivity not to be few directly proportional to the mineralization, it is also a function of the chemical composition of the water and the mobility of the ions.

5.1.3 NITRATE AND AMMONIUM

The analysis of nitrates and ammonium ions in wastewater samples provides information on the presence of organic matter in the soil. An examination of Table 1 reveals that the nitrate contents of the wastewater analyzed are 99% below the Maximum Allowable Value (50 mg / L) set by WHO [2], [27], [33] and 1 % only is polluted. As a result, the waters studied are not subject to nitrate pollution (Figure 3).

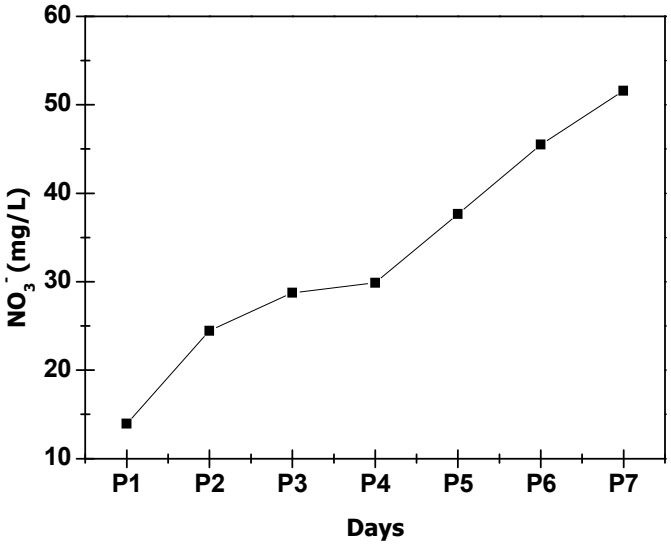


Fig. 3. Temporal evolution of nitrate in wastewater

Ammonium, meanwhile, has significant concentrations, with a maximum of 33.48 mg / L which was observed from P3 (30th day) (Figure 4). This can be explained by the oxidation of the organic material, which consequently leads to an increase in the ammoniacal nitrogen. But these values remain below the value allowed by the WHO standards (45 to 50 mg/L) [27], [34]. Indeed, the oxygen demand by ammonium is very high; they are odorous molecules (nitrogen compounds) that cause bad smells. This makes it possible to classify the wastewater of Ouagadougou industrial zone among the effluents with the least amount of ammonia nitrogen.

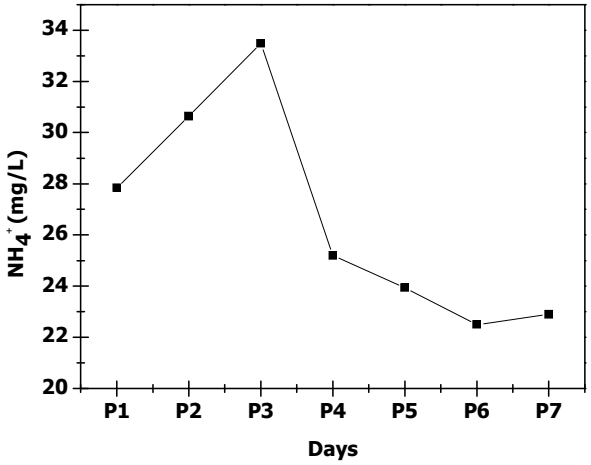


Fig. 4. Temporal evolution of ammonium in wastewater

5.1.4 SODIUM AND POTASSIUM

The sodium content (Figure 5), evolve to reach a maximum rate of 56.1 mg/L raised in P7, a light spatial variation is recorded for the other samples. According to the results of the analyzes carried out during the study period, the sodium contents are globally low. Concerning this parameter, the majority of wastewater analyzed during this study are eligible for agriculture, because no value exceeding the maximal allowed value (150 mg/L) by the WHO has been recorded [33], [35]. The results of the potassium analyzes show that their contents vary from 25.3 mg/L for P6 to 46.29 mg/L for P1 thus having a small variation, therefore below the WHO standard (200 mg / L) [27] (Table 1).

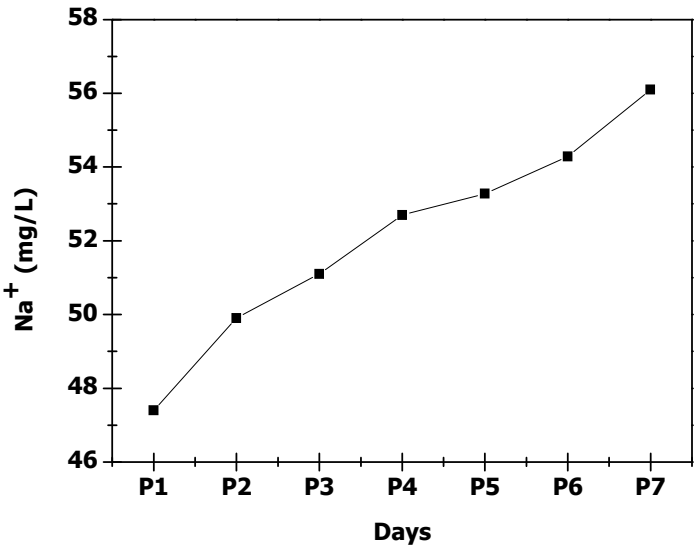


Fig. 5. Temporal evolution of the sodium in the wastewater

5.1.5 CALCIUM AND MAGNÉSIUM

The calcium content of wastewater reaches a maximum of 32.7 mg / L Ca2 + for P5 and 5.67 mg / L Mg2 + for P7 (Table 1). An increase of this concentration is observed in both chemical elements. Completion of these ions with others explain this evolution. This increase seems sufficient to question the infiltration of wastewater. Indeed, the solubility of CaCO3 is increased in the presence of proteins and weak acids, resulting from oxidations of organic matter [36]. Besides, the use of water containing Ca^{2+} and Mg^{2+} ions for watering plants can cause clogging of the system drop by drop [28]. These considerable values cover amply needs of all kinds of crops, even the most demanding.

The calcium and magnesium ion contents are too high for wastewater used in vegetable crops, the sodium concentration in the irrigation water is estimated by the sodium absorption ratio (SAR). The SAR describes the amount of sodium in excess of the calcium and magnesium cations, which can be tolerated relatively in the irrigation water. The SAR was determined from the sodium, calcium and magnesium levels according to equation 1

$$S.A.R = \frac{\left[Na^{+}\right]}{\frac{\left(\left[Ca^{2+}\right] + \left[Mg^{2+}\right]\right)^{1/2}}{2}} \qquad \text{équation 1}$$

For the samples, the average value of the SAR is 18.92, a very high value that can lead to salinization of soils irrigated by water of this type. A continuous use of water with high SAR will result in soil deconstruction. In general, the parameters responsible for the salinization of water are significant in the wastewater, this is the case of bicarbonates.

5.1.6 CHLORIDE AND SULPHATE

Table 1 above shows the measurement results for chloride content in wastewater. Chloride levels in the study area range from 37.97 mg/L to 92.63 mg/L. This content responds to a decreasing gradient, related either to chlorides complexation and

their decantation along the path of the flow of wastewater in pipes with possible infiltration, or to a chemical transformation that prevents their detection. Indeed, it is recommended to have a water whose chloride content is between 0 and 100 mg/L for the irrigation of the plants [31], [32]. Therefore, studied waters are very good compared to the maximal value of 100 mg/L defined by the tolerance of irrigation water [27]. This leads to conclude that the studied wastewater presents no danger for agricultural activities, but also for the development of the species that depend on them.

Sulfates (Table 1) present very high levels respectively a maximum of 42.15 mg/L recorded in P7 (90th days), the presence of sulfates is probably due to an accumulation of these elements since industrialists often reject detergents to base of sulphiites (metastable state) which are transformed (oxidation) into sulfate. The sulfate contents obtained are below the WHO standards (250 mg/L [27], and can therefore be toxic for plants in market garden crops.

5.1.7 COD, BDO5, SM

La The Chemical Oxygen Demand (COD) represents the amount of oxygen consumed, in mg/L, by the oxidizable materials contained in an effluent [37]. It is representative of most of the organic compounds, but also oxidizable mineral salts. The wastewater studied presents a maximum of 391 mg/L (Table 1) in COD. This shows that the waste used in market gardening are highly oxygenated. As for BOD_5, the values recorded are from 118 to 381 mg/L with an average value of 260 mg/L. Besides, the average value in SM is 307.9 mg/L (Table 1). This result is often related to the heavy load of organic and mineral matters. The high rate of suspension solids in wastewater can cause a significant decrease in the infiltration of irrigated soil with this type of water; because several studies have showed that the hydric components of the soil are almost exclusively dependent on these surface hydraulic properties. The average SM values are much lower than those given by El Katri à Sidi Bennour [38] and Mohammed et al [39] in Morocco.

For a better appreciation of the origin of wastewater from these studied effluents from the Kossodo market garden site, the calculation of the ratios COD / BOD_5, BOD_5 / COD, MES / BOD_5 and the estimation of the oxidizable matter has very important (Table 2).

Tableau 2. Ratios wastewater of Kossodo market garden site

	Avg.	Max.	Min.	Standard deviation	Number of sample
COD/BDO_5	1.55	2.49	1.03	0.66	7
BDO_5/COD	0.74	0.97	0.4	0.24	7
SM/BDO_5	1.31	1.89	1.03	0.37	7
Oxidizable substances (mg/L)	191.7	253.4	125.4	90.51	7

5.1.8 BIODEGRADABILITY COEFFICIENT (COD/BDO5)

Wastewater can be classified into two categories: biodegradable and non-biodegradable. The calculation of the biodegradability coefficient of raw wastewater effluents makes it possible to define the biodegradability of the effluent. It is calculated by the ratio COD/BOD_5 and depends on the nature and origin of the wastewater that can be domestic or industrial, which requires different treatments according to Metcalf [40]. Indeed, the ratio COD/BOD_5 for raw wastewater is generally between 1.25 and 2.5. When the COD/BOD_5 ratio is between 3 and 7, the wastewater can be difficult to biodegrade. The raw wastewater from the Kossodo market garden site presents a COD/BOD_5 ratio ranging from 1.03 to 2.49 (Table 2) conformity with that of domestically dominated urban wastewater with a COD/BOD_5 ratio of less than 3 [41]. We can clearly observe that the wastewater is generally biodegradable for all the samples studied. The ratio obtained are similar to those reported by Aboueloufa [42] for wastewater from Oujda, where the ratio is less than 2.5.

5.1.9 RATIO BDO_5/COD

To characterize an industrial pollution, one often considers the ratio BOD_5/COD, which gives very interesting indications on the origin of a pollution of the wastewaters and its possibilities of treatment. For this study, the ratio is relatively high of the order of 0.74 as an average value (Table 2). It is the general case for discharges loaded with organic matter. This organic load makes these wastewater fairly unstable that is they will evolve quickly to forms "digested" with the risk of release of odors. Indeed, the wastewater from this collector is in organic predominantly. There is a highly significant correlation between COD

and BDO_5 of wastewater at the Kossodo market garden site in the city of Ouagadougou. Figure 6 shows R^2= 0.9739 (y = 2.947x – 747.8373) for BDO_5 and COD followed by R^2 = 0.9825 (y = 136.4x + 0.6596) for SM and BDO5.

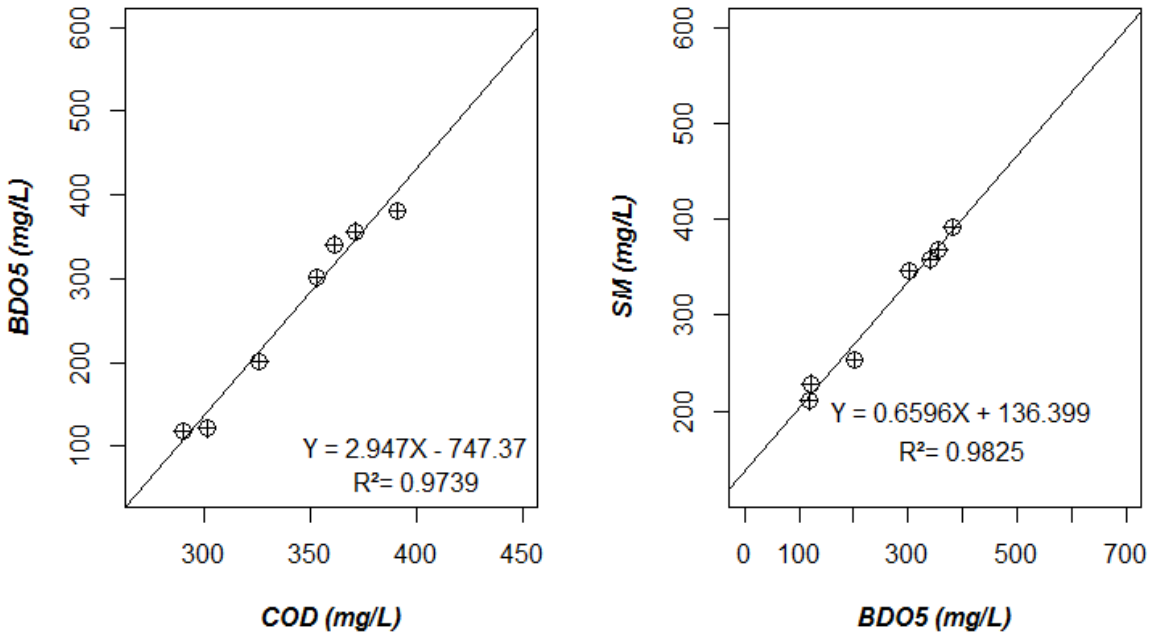


Fig. 6. Correlation established between DBO5, DCO and MES of wastewater

5.1.10 RATIO SM/DBO_5 AND OXYDABLES SUBSTANCES (MO)

For wastewater from the Kossodo zone market site, the BOD5 / COD ratio is high (0.74), which confirms that the wastewater drained by the collector (STEP station) is heavily loaded with organic matter (Table 2).). This result obtained is confirmed by the estimate of the oxidizable material, which is of the order of 191.7 mg / L with an average ratio of MES / DBO5 equal to 1.31.

In addition, the COD / BOD5 ratio is low (1.55), which allows us to deduce that the organic matter load in the wastewater from this collector is easily biodegradable according to Zerhouni [41].

5.1.11 BICARBONATE

The found values of the alkalinity show that the wastewater of this collector is characterized by an average content of calcium bicarbonates ($CaCO_3$) of the order of 221 mg/L (Table 1).

5.1.12 PHOSPHATE

Phosphorus levels recorded in orthophosphates do not vary significantly during the sampling cycle. The recorded values vary between 81, 23 mg / L and 91.8 mg / L with an average value of 86.74 mg / L (Table 1). In fact, phosphorus compounds exist in natural waters and wastewater in various forms, namely soluble orthophosphates, water-soluble phosphates and organophosphorus derivatives [43]. Generally, this high value of the phosphate content does not pose any problems in the biological activity of the soils. Its presence has no particularly harmful effects, but it is an indicator of anthropogenic pollution [44].

5.2 HYDROCHEMICAL FACIÈS

The Piper diagrams corresponding to the raw waste water samples from the seven sampling sessions are shown in Figure 7. They explain the hydrochemistry of the wastewater studied on the Piper diagram. Examination of the contents of major elements shows that the mineralization of these waste waters is governed by the sodium and potassium ions for the cations and by the bicarbonate ions and the nitrate ions for the anions. Thus, according to the ionic dominance of these waters, we can distinguish: (1) at the level of the anions (triangle on the right) the waters are moderately bicarbonated and have a low nitrate nitrate tendency which is linked to the high nitrate and / or chloride contents of certain waters; (2) for cations (left triangle), these waters are sodic and / or potassium. Overall, the projection obtained by the combination of the cation-anion (diamond) complex gives a bicarbonate and sodium chloride facies. These results show that these wastewaters have undergone a certain deterioration in their quality, which can be explained by the infiltration or leaching of polluting ions such as nitrates, chlorides, sulfates [45], [46], [47].

Thus, the slight evolution towards the pole of chloride and nitrate ions, two major indicators of anthropogenic pollution explains a certain contamination of wastewater by these elements. This could be due to a lithological input and infiltration of industrial effluents from the area that would have modified or contributed, by direct or induced transfers of industrial contaminants, the chemistry of these waters.

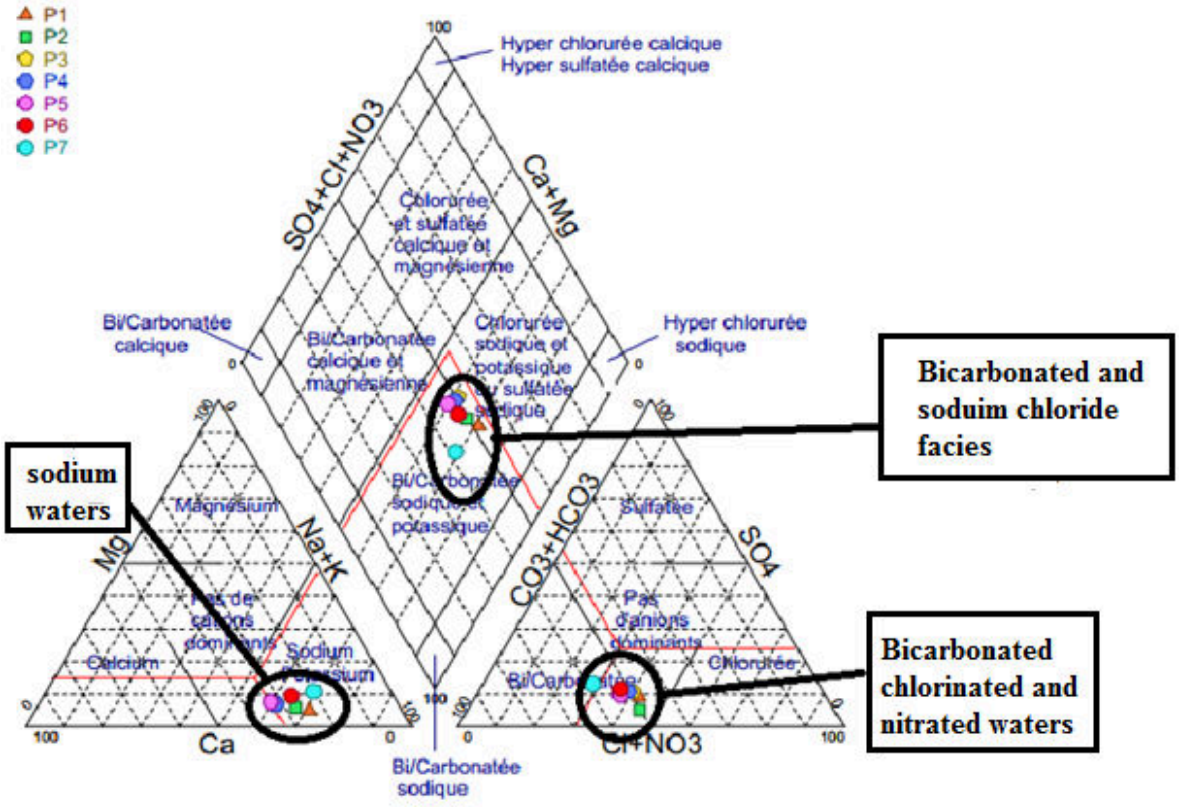


Fig. 7. Classification of crude waste waters on Piper diagram

Figure 8 (card) which presents the spatial distribution of the SAR average according to the Bradai method [18], shows that the strong values of the SAR are observed in all the samples. In this zone of study, the SAR is upper to 5 and waters can cause a danger of alkalinization of the ground, that is a danger of sodicité and salinity [48].

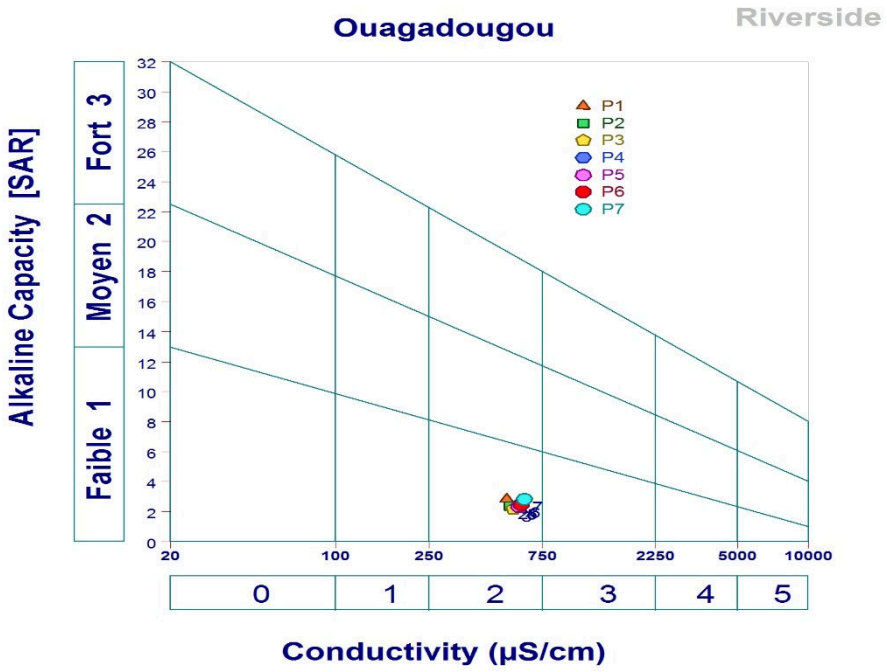


Fig. 8. Diagram for classification Riverside crude waste waters based SAR [20].

SAR : sodium adsorption ratio (méq/L).
CE: Electric conductivity at 25 ° C (µS/cm).

6 CONCLUSION

The results of the analyses carried out made it possible to assess the physicochemical quality of the wastewater used on the Kossodo market garden site in the Ouagadougou. The contents of chemical elements make it possible to conclude that the wastewater can be valorized in urban agriculture without major risk of soil and plant pollution. However, the high content of certain salts such as sodium in these waters leads to the conclusion that the wastewater must be analyzed continuously in order to assess the evolution of the soil salinization level and to make corrections if necessary. These waters are of great benefit because of their high content of nutrients for the soil. Indeed, all these analyzes have been showed that wastewater contains enough substances to make a rich soil, but what must be remembered is that these waters must be well treated to reduce their content in certain elements in order to avoid any fast degradation of soils. The use of wastewater for irrigation purposes is of great interest in that they can replace the chemical fertilizers that used in the long run lead to premature soil degradation. This use of wastewater nevertheless makes it possible to cope with the ever-increasing needs of the populations' water, so it is important for us to work in the direction of making better use of this resource in Burkina Faso. The reuse of these waters for agricultural purposes is also a source of pollution. Indeed, when it is rejected in nature, it becomes a source of pollution for the environment because its high rate of nitrates contributes to the pollution of the atmosphere, due to nitrogen emission. As a recommendation, regular monitoring and rationalization of wastewater use for irrigation is needed for sustainable use of agricultural land.

ACKNOWLEDGMENT

Our thanks to the professor emeritus of analytical chemistry, Mr. Jean Boukari LEGMA of University Saint – Thomas d'Aquin - Burkina Faso that always know accompany us in scientific research.

REFERENCES

[1] F. O. E. Kanohin, O. B. Yapo, B. Dibi and A. C. Bonny, "*Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville*", International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol.11, no. 5, pp. 2495-2509, 2017.

[2] M. A. Maman, J. Sawadogo, D. Bambara, M. Bougouma and J. B. Legma, "*Analyses électrochimiques des eaux de pluie provoquées : cas du Burkina Faso*", International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol.11, no. 5, pp. 2521-2536, 2017.

[3] OMS/UNICEF, "*Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie*", UNICEF, 41 pages, 2007.

[4] A. Kabore, B. Savadogo, H. C. Otoidobiga, F. Rosillon, A. S. Traore and D. Dianou, "*Efficacité des graines de MORINGA OLEIFERA dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub saherienne : cas des eaux du Burkina Faso*", Annales de l'Université de Ouagadougou - Série C, vol.009, no. pp. 108 - 130, 2013.

[5] A. Kabore, B. Savadogo, J. Sawadogo, P. W. Savadogo, B. I. Kabore, L. Z. P. Nikiema and D. Dianou, "*Problématique de la qualité microbiologique de l'eau de boisson en milieu scolaire dans les zones rurales au Burkina Faso*", Sciences de la vie, de la terre et agronomie, vol.5, no. 2, pp. 2017.

[6] A. M. Abdoulkadri and G. Boubié, "*Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso)*", International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol.9, no. 1, pp. 517 - 533, 2015.

[7] C. K. M. G. Kedowide, "*Dynamique spatio temporelle de l'agriculture urbaine à Ouagadougou : cas du Maraîchage comme une activité montante de stratégie de survie*", [VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement, vol.10, no. 2, pp. 1 - 21, 2010.

[8] J. C. Aerts and G. B. Heuvelink, "*Using simulated annealing for resource allocation*", International Journal of Geographical Information Science, vol.16, no. 6, pp. 571-587, 2002.

[9] C. K. M. G. Kedowide, "*SIG et analyse multicritère pour l'aide à la Décision en agriculture urbaine dans les pays en développement cas de Ouagadougou au Burkina Faso*", Université Paris 8, Vincennes - Saint Denis, 300 pages, 2011.

[10] B. Soudi, M. Rahoui, C. Chiang, M. Badraoui and A. Aboussaleh, "*Eléments méthodologiques de mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués*", Hommes Terre et eaux, vol.29, no. 111, pp. 13-22, 1999.

[11] M. Pilon and M. Wayack, "*La démocratisation de l'enseignement au Burkina Faso: que peut-on en dire aujourd'hui?*", Cahiers d'Études Africaines, vol.43, no. 169, pp. 63-86, 2003.

[12] INSD, "*Projections démographiques de 2007 A 2020: par région et province*", Ministère de l'économie et des finances, 69 pages, 2009.

[13] G. Z. Bi, A. Yao-Kouamé and K. Kouamé, "*Évaluation statistique et spatiale de la fertilité rizicole des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier (Côte d'Ivoire)*", TROPICULTURA, vol.30, no. 4, pp. 236-242, 2012.

[14] Y. M. Sou, "*Recyclage des eaux usées en irrigation: potentiel fertilisant, risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols*", Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 178 pages, 2009.

[15] ISO 5667/3, "*Qualité de l'eau - Echantillonnage - Guide pour la conservation et manipulation des échantillons*", pages, 1994.

[16] F. Eymery, J.-M. Choubert, B. Lepot, J. Gasperi, J. Lachenal and M. Coquery, "*Pratiques d'échantillonnage et de conditionnement en vue de la recherche de micropolluants prioritaires et émergents en assainissement collectif et industriel*", Première version. Irstea/Cemagref, 85 pages, 2011.

[17] R. Simler, "*DIAGRAMMES: Logiciel d'hydrochimie multilangage en distribution libre, version 4*", Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, France, no. 1, pp. 1, 2009.

[18] A. Bradaï, A. Douaoui and S. Marlet, "*Qualité des eaux souterraines utilisées en irrigation et risques de dégradation des sols dans la plaine du Bas-Cheliff, Algérie*", HAL" archives - ouvertes", vol.cirad-00366475, no. pp. 1 - 8, 2009.

[19] SAS (Statistical Analysis System), "*The SAS System for Windows*", version 8.1.Vol. 1, SAS Institute Inc. Cary NC., USA., 88 pages, 1999.

[20] J. El Asslouj, S. Kholtei, N. El Amrani and A. Hilali, "*Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées*", Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie, vol.3, no. 1, pp. 109 -122, 2007.

[21] O. Yapo, V. Mambo, A. Seka, M. Ohou, F. Konan, V. Gouzile, A. Tidou, K. Kouame and P. Houenou, "*Évaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire): Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville*", International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol.4, no. 2, pp. 2010.

[22] H. El Halouani, "*Réutilisation des eaux usées en agriculture et leur impact sur l'environnement: cas de la ville d'Oujda*", Thèse d'Etat, Univ. Mohammed Premier, Oujda, 95 pages, 1995.

[23] S. Oulkheir, "*Caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des eaux usées de la ville de Kénitra*", Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences de Kénitra - Maroc, 79 pages, 2002.
[24] FAO, "*l'irrigaton avec des eaux usées traitées - manuel d'utilisation*", FAO, First Edition, 73 pages, 2003.
[25] I. Thiam, S. Tamba, D. El Hadji Bamba and G. Sissokho, "*Etude de la qualité physico-chimique de l'eau du bassin de Sébi-Ponty à Diamniadio (Sénégal)*", Sciences Appliquées et de l'Ingénieur, vol.2, no. 1, pp. 42-49, 2017.
[26] L. Temple and P. Moustier, "*Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar)*", Cahiers agricultures, vol.13, no. 1, pp. 15-22, 2004.
[27] OMS, "*Utilisation des eaux usées en agriculture*", OMS, 1ère Edition, 26 pages, 2012.
[28] I. Couture, "*Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation*", Colloque sur l'irrigation l'eau, source de qualité et de rendement :Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec(CRAAQ), vol.2, no. 2, pp. 1 - 13, 2006
[29] D. Massé and L. Masse, "*Characterization of wastewater*", Canadian Agricultural Engineering, vol.42, no. 3, pp. 139-146, 2000.
[30] M. A. Isah, O. B. S. A. I. Harir, M. A. Chiroma and A. Umaru, "*Parameters of water quality in hand dug wells (HDW) from hardo ward, bauchi metropolis, Nigeria* ", ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol.10, no. 16, pp. 6804 - 6810, 2015.
[31] M. Bengoumi, "*Qualité de l'eau en aviculture*", Revue trimestrielle d'information scientifique et technique, vol.3, no. 1, pp. 5 - 25, 2004.
[32] J. D. Hem, "*Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*", Department of the Interior, US Geological Survey, 380 pages pages, 1985.
[33] OMS, "*Directive de qualité pour l'eau de boisson, volume 2, Critères d'hygiène et documentation à l'appui*", 2e édition OMS, 1050 pages pages, 2000.
[34] M. A. Maman, "*Analyses des eaux par potentiométrie et voltamétrie cyclique associée à la technique des ajouts et dosées : cas des eaux de pluies du " PROGRAMME SAAGA"*", Mémoire de DEA de l'Université de Ouagadougou, 54 pages pages, 2008.
[35] J. Rodier, B. Legube and N. Merlet, "*L'analyse de l'eau (9ème édition)*", Ed. Dunod : Paris, no. pp. 2009.
[36] C. Hagedorn, S. L. Robinson, J. R. Filtz, S. M. Grubbs, T. A. Angier and R. B. Reneau, "*Determining sources of fecal pollution in a rural Virginia watershed with antibiotic resistance patterns in fecal streptococci*", Applied and Environmental Microbiology, vol.65, no. 12, pp. 5522-5531, 1999.
[37] D. Belghyti, Y. El Guamri, G. Ztit, M. Ouahidi, M. Joti, A. Harchrass, H. Amghar, O. Bouchouata, K. El Kharrim and H. Bounouira, "*Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat: cas de Kénitra au Maroc*", Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie, vol.5, no. 2, pp. 199 - 216, 2009.
[38] M. El Krati, "*Etat de l'environnement de la ville d'El Jadida. Etude de la traitabilité des rejets liquides de textiles*", Thèse de doctorat d'état, Université Abou Chouaib Eddoukkali, Maroc, pages, 2000.
[39] A.-Q. Mohammed, A. I. Youssef, A. Ali, B. Isslam, Ikram MARC, B. Fouzia, E. K. Khadija and B. Driss, "*Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC*", International Journal of Innovation and Applied Studies, vol.13, no. 2, pp. 420 - 429, 2015.
[40] E. Metcalf, "*Inc.(2003), Wastewater engineering treatment and reuse*", McGraw-Hill, New York, pages, 1819.
[41] R. A. Zerhouni, "*Flore algale des eaux usées de la ville de Fès et étude de la capacité de certaines espèces à éliminer la charge azotée, phosphatée et quelques métaux lourds (Chrome et Cadmium)*", Faculté des sciences Dhar El Mahraz. Fès. Maroc, 146 pages, 2003.
[42] M. Abouelouafa, H. El Halouani, M. Kharboua and A. Berrichi, "*Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaïm*", Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, vol.22, no. 3, pp. 143-150, 2011.
[43] J. Rodier, B. Legube and N. Merlet, "*coll. L'Analyse de l'eau*". ISBN 978-2-10-054179-9, 2009.
[44] P. Liechti, "*Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau*", Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique, no. 1005, pp. 2010.
[45] A. Lamribah, M. Benajiba, Y. Saoud, M. Ahrikat and M. Benzakour, "*Impact de la pollution urbaine sur la contamination par les nitrates et les nitrites de la nappe phreatique de martil (Maroc)*", LARHYSS, no. 14, pp. 2013.
[46] S. Eblin, A. Sombo, G. Soro, N. Aka, O. Kambiré and N. Soro, "*Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire)*", Journal of Applied Biosciences, vol.75, no. 1, pp. 6259-6271, 2014.
[47] L. Matini, J. Moutou and M. Kongo-Mantono, "*Evaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo*", Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie, vol.5, no. 1, pp. 2009.
[48] A. Tandia, E. Diop and C. Gaye, "*Pollution par les nitrates des nappes phréatiques sous environnement semi-urbain non assaini: example de la nappe de Yeumbeul, Sénégal*", Journal of African earth sciences, vol.29, no. 4, pp. 809-822, 1999.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 546-550
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation et simulation Analytique de la ligne électrique 400kV Inga - Cabinda

Yaba Moke Ngeme Liévin

Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 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: Electricity plays an important role in people's lives; this electricity reaches consumers via electrical networks of transport and distribution. In this article, we first developed the notions of load flow, and then we were interested in studying a load flow system, which allowed us to determine the active and reactive powers, the angle of phase shift. For our research topic, we used the analytical simulation to determine the characteristics of the power line under study.
Our experimental study produced the results giving the load distribution in order to evaluate the different values of active energy and reactive, which is a contribution of a major scale in the field of study of electrical network.

KEYWORDS: Modeling, simulation, analytics, power line.

RÉSUMÉ: L'électricité joue un rôle important dans la vie de gens, cette électricité arrive chez les consommateurs via des réseaux électriques de transport, répartition et distribution. Dans cet article, nous avons dans un premier temps développé les notions sur l'écoulement de charge (load flow). Ensuite, nous nous sommes intéressé à étudier un système d'écoulement de charge (load flow), ce qui nous a permis de déterminer les puissances active et réactive, l'angle de déphasage. Pour notre sujet de recherche, nous avons exploité la simulation analytique pour déterminer les caractéristiques de la ligne électrique en étude.
Notre étude expérimentale, a produit les résultats donnant la répartition de charge afin d'évaluer les différentes valeurs de l'énergie active et réactive, ce qui est une contribution d'une envergure capitale dans le domaine d'étude de réseau électrique.

MOTS-CLEFS: Modélisation, simulation, analytique, ligne électrique.

1 INTRODUCTION

La première étape, lorsqu'on veut analyser et commander un système électrique de puissance, consiste à trouver un bon modèle mathématique. Généralement, un modèle, dans l'analyse des systèmes, est un ensemble d'équations, qui décrit convenablement les interactions, entre les différentes variables étudiées, dans la gamme de temps considérée et avec la précision désirée, pour un système. Par conséquent selon le but de l'analyse, un système peut donner lieu à des modèles différents.

Dans de nombreux cas, le choix du modèle correct est souvent la partie la plus difficile de l'étude. Le point essentiel est de trouver le bon modèle qui réalise un compromis entre la fidélité du comportement qualitatif et quantitatif et la simplicité de mise en œuvre à des fins d'analyse et de synthèse. Les modèles complexes ont généralement besoin d'un nombre plus important de paramètres.

En outre, l'obtention de valeurs fiables pour ces paramètres exige un travail important. Enfin si des méthodes trop complexes sont utilisées, l'analyse et les calculs sont inutilement volumineux et l'interprétation du résultat s'avère très laborieuse.

Généralement, pour établir un modèle de réseau électrique pour les études statiques ou dynamiques, on tient compte uniquement des équipements en activité pendant la plage temporelle du phénomène statique considéré.

Le résultat est donc le modèle de connaissance complet du système : il se compose d'équations différentielles ordinaires non-linéaires et d'équations algébriques.

2 MÉTHODES ET MATÉRIELS

La démarche méthodologique a consisté à la récolte et l'analyse de données par rapport à la puissance souscrite par la ville de Cabinda (120MW). Ces deux moyens nous ont conduits à une demande de recherche à la Société Nationale d'Electricité (SNEL). L'échange avec les experts de la Société Nationale d'Electricité, nous a permis de murir nos connaissances scientifiques sur la revue de la littérature. Pour la partie expérimentale, nous avons exploité le calcul analytique manuel.

2.1 MATÉRIELS

Nous allons évoquer les différents problèmes relatifs à la modélisation de la ligne électrique 400kV Inga – Cabinda, le calcul manuel du courant au nœud électrique (Cabinda) et la répartition de charge (load flow).

La formulation du problème dans cet article est celle d'une charge à alimenter à Cabinda : de 120 MW à partir des générateurs d'Inga par une tension électrique de 400 kV (tension retenue au jeu de barres). Les charges sont dispersées et reliées entre elles par un réseau de liaison maillé.

Les capacités de production des différents générateurs étant connues, comment calculer l'état complet du réseau, c'est-à-dire, les courants, les tensions et les puissances. Ce problème est connu sous le nom de calcul de répartition de charges ou load flow en anglais. Ce calcul fait référence à des conditions « normales » de fonctionnement.

2.2 SUJET ET MÉTHODES

Pour la modélisation de la ligne électrique 400kV Inga - Cabinda, les données sont les suivantes :

- l'Alternateur d'Inga 2 (4 x 205 MVA),
- la tension électrique de consigne à Inga 235 kV,
- le transformateur de puissance d'Inga (205MVA 230/400 kV $v_{c\text{-}c}$ 10 % p_{fer} 0,14 % p_{cu} 0,8 % i_{rm} 1,1 %),
- la tension électrique de la ligne (400 kV simple terne 570 mm² Almélec, le courant thermique de 1000A, la résistance directe de 0,016 Ω/km, la réactance directe de 0,16 Ω/km, la capacité directe de 11,8 nF/km),
- la longueur de la ligne électrique Inga – Cabinda (201,5 km),
- la puissance souscrite à Cabinda 120 MW,
- la puissance de base choisie de 210 MVA,
- le transformateur de puissance de Cabinda (140MVA 400/30 kV $v_{c\text{-}c}$ 10 % p_{fer} 0,14 % p_{cu} 0,8 % i_{rm} 1,1 % Cos ϕ à 0,9).

Légende :

S (puissance apparente), U_{n1}/U_{n2} (tension primaire/secondaire), $V_{c\text{-}c}$ (tension de court-circuit), p_{fer} (pertes fer), p_{cu} (pertes cuivre), i_{rm} (courant rémanent de magnétisation), R_{CC} (résistance de court-circuit), Z_{CC} (impédance de court-circuit), X_{CC} (réactance de court-circuit), G_{fer} (conductance magnétique), B_m (susceptance magnétique).

Les formules utilisées pour déterminer les valeurs en grandeurs réduites (per unit) des transformateurs d'Inga 2 et de Cabinda pour permettre leurs modélisations sont les suivantes :

$$\mathrm{Rcc} = \mathrm{p_{cu}} \quad (1)$$

$$\mathrm{Zcc} = \mathrm{vcc} \quad (2)$$

$$\mathrm{Xcc} = \sqrt{\mathrm{z^2_{cc}} - \mathrm{r^2_{cc}}} \quad (3)$$

$$\mathrm{G_{fer}} = \mathrm{p_{fer}} \quad (4)$$

$$\mathrm{B_{mr}} = \mathrm{i_{mr}} \quad (5)$$

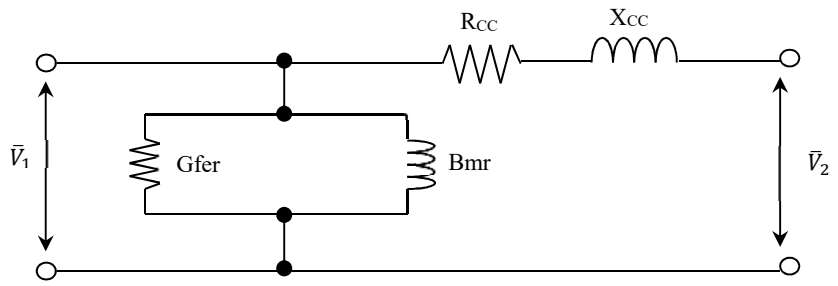


Fig. 1. Modèle de représentation du transformateur électrique en per unit

Etant donné que le transformateur d'Inga 2 est l'injecteur de la tension on aura, les valeurs totales en per unit par les formules ci-dessous :

$$\eth_{MT} = \eth_{M}\left(\frac{U_{Ba}}{U_{BM}}\right)^2 . \frac{S_{BM}}{S_{Ba}} \text{ et } y_{MT} = y\left(\frac{U_{Ba}}{U_{BM}}\right)^2 . \frac{S_{Ba}}{S_{BM}} \quad (6)$$

Les formules utilisées pour déterminer les valeurs en grandeurs physiques de base du courant et d'impédance de la ligne 400kV sont les suivantes :

$$I_B = \frac{S_B}{U_B\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$Z_B = \frac{U^2_B}{S_B} \quad (8)$$

<u>Légende</u> :

R_L (résistance de la ligne), X_L (réactance de la ligne), C_L (capacité de la ligne), Y_C (impédance capacitive de la ligne), Z_B (impédance de base), S_B (puissance apparente de base), U_B et I_B (tension et courant de base), L (longueur de la ligne).

Les formules utilisées pour la représentation de la ligne électrique Inga – Cabinda en modèle π en grandeurs physiques et réduites (per unit) sont les suivantes :

$$R_L = R_d \text{ x } L \quad (9)$$

$$X_L = X_d \text{ x } L \quad (10)$$

$$C_L = C_d \text{ x } L \quad (11)$$

$$Y_C = jcw \quad (12)$$

$$r_r = \frac{R_{LT}}{Z_B} \quad (13)$$

$$X_r = \frac{X_{LT}}{Z_B} \quad (14)$$

$$y_r = y_T . Z_B \quad (15)$$

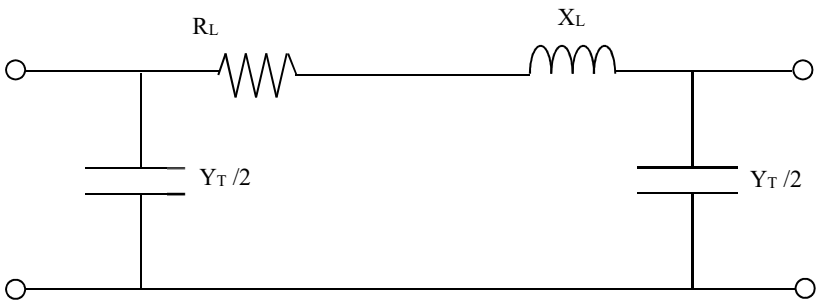


Fig. 2. Modèle de représentation de la ligne électrique en π

3 SIMULATION ANALYTIQUE

Cette simulation analytique se fait en utilisant le modèle de ligne Inga – Cabinda en grandeurs réduites (per unit) ci-dessous :

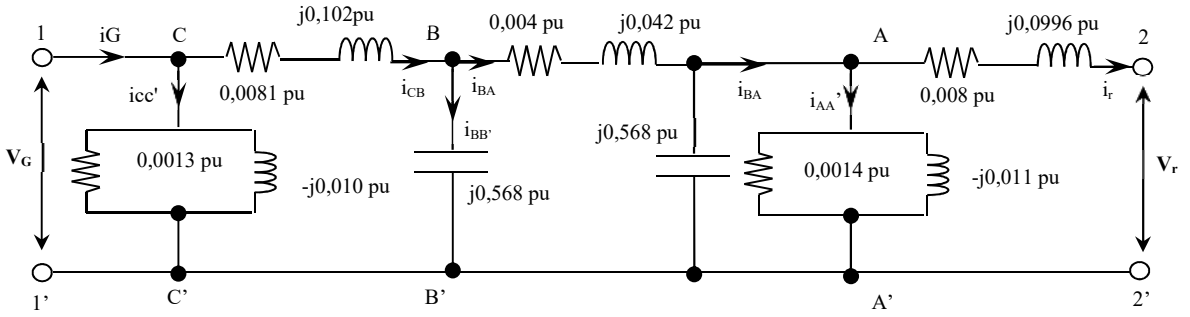


Fig. 3. Modèle de représentation de la ligne Inga – Cabinda

Le schéma ci-dessus est la représentation du modèle de transformateur, ligne et charge d'Inga à Cabinda en grandeurs réduites pour le calcul de l'écoulement de charge.

3.1 DONNÉES À SIMULER

Le calcul que nous allons faire va permettre d'analyser l'écoulement de la charge au nœud Cabinda avec une puissance demandée (P_R) de 120 MW, une tension de service (U_R) de 70 kV, un Cos ϕ de 0,9 le courant de base I_B = 1732,10 A et l'angle de déphasage de la tension Θ_V = 0° (référence).

3.2 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

A ce niveau de calcul, nous arrivons à déterminer les valeurs de la puissance active et réactive au nœud Cabinda.

$P_r = 0{,}345$ et $Q_r = 0{,}892$

$$P = p_r . S_B = 0{,}345 \text{ x } 210 = 72{,}45 \text{ MW} \quad (16)$$

$$Q = q_r . S_B = 0{,}892 \text{ x } 210 = 187{,}32 \text{ MVARS} \quad (17)$$

$$S = s_r . S_B = 0{,}956 \text{ x } 210 = 200{,}76 \text{ MVA} \quad (18)$$

$$\theta_G = \theta_{VG} - \theta_{iG} \quad (19)$$

$$\bar{v}_{CC'} = \bar{v}_G \quad (20)$$

$\varphi_{VCC'} = 8{,}19°$

$\varphi_{iG'} = 60{,}67°$

$\varphi_G = 8{,}19° - 60{,}67°$

$\varphi_G = -52{,}48°$

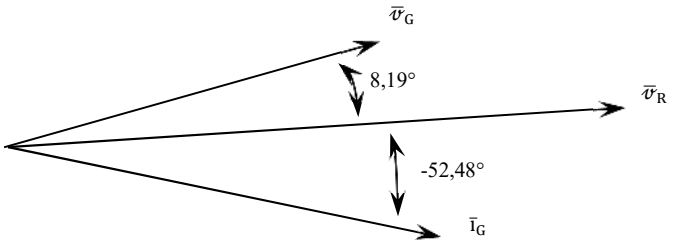


Fig. 4. L'angle de déphasage

3.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

- la puissance active qui, au départ était de 120MW, après calcul est de 72,45 MW cela se justifie par une tension de transmission très élevée qui fait circuler un courant faible à la ligne avec moins de pertes.
- la puissance réactive est très importante sur la ligne de l'ordre de 187,32MVARS qui occasionnerait de surtension importante au nœud Cabinda.
- l'angle de déphasage est négatif, la ligne injecte de l'énergie réactive au réseau électrique améliorant le plan de tension en aval.
- plus la tension de la ligne est élevée, les nœuds de son parcours présentent de surtension.

4 CONCLUSION

Notre étude expérimentale, a produit les résultats donnant la répartition de charge afin d'évaluer les différentes valeurs de l'énergie active et réactive. Ces différents résultats sont obtenus par l'exploitation du calcul analytique, et ont été confrontés à ceux trouvés par d'autres chercheurs. Ces résultats, sont une contribution d'une envergure capitale dans le domaine de réseau électrique, particulièrement des projets d'exportation d'énergie électrique.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article. Nos remerciements s'adressent particulièrement au Professeur Ordinaire Pasi Bengi André et à l'Assistant Mbaya Ilunga Edouard.

REFERENCES

[1] J.L Lilien « Manuel de travaux pratique, transport et distribution de l'énergie électrique », université de liège, Belgique, 1999 -2000
[2] R.PELISIER « les réseaux d'énergie électrique Architecture et développement », Tome 1, 2,3, Bordas, Paris, France, 1975
[3] Société Nationale d'Electricité société d'état « Plan directeur national de développement du secteur de l'électricité, catalogue de coût des équipements et des ouvrages », volume 5, Tracte bel, 1987
[4] Société Nationale d'Electricité société d'état « Action minimum de sauvetage du réseau ville de Kinshasa », 1995
[5] Société Nationale d'Electricité société d'état « 30 ans de la SNEL », 2000
[6] J.L Lilien « transport et distribution de l'énergie électrique », université de liège, Belgique, 2006.
[7] A. TAITHE «Les enjeux et effets induits attendus des grands investissements énergétiques : projets hydroélectriques », Revue, no 06, novembre 2012.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 551-558
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Transport and business improvement in the province of South-Ubangi (Democratic Republic of the Congo)

François Xavier LANGI SOGENA[1], Thomas Maketa Lutete[1], Patrick Dedetemo Kimilita[2], and Ntumba Lobo[2]

[1]Gestion des Entreprises et Organisation du Travail, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

[2]Département de Physique, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work highlights the transport situation in South Ubangi Province and the impact on the development of this. It is noted that the main modes of transport found in South Ubangi are roads, inland waterways, and airways. The first category is more popular, the second category is seasonal, depending on the water level, and the last category is still a luxury.
In all cases, infrastructure, equipment and transport operations leave something to be desired. This has a negative impact on the growth of the company (business) in this province and indirectly, its socio-economic development pays the costs. Therefore, this research aims at assessing the realities of transport in order to help find solutions to the current business companies' problems operating in this province. The research design used is descriptive based on secondary data. The outcomes of the analysis help policy makers to work on beneficial policies for the province.

KEYWORDS: Transportation, Business, South-Ubangi, Congo.

1 INTRODUCTION

The most important aspect of tourism is the ability of tourists to travel around various attractions within destination areas [1] Thus, transport is not only considered as a basic need, but as an essential element that attracts tourists to some destinations. Transport can help to increase productivity of rural populations, and increase the development.

A Business company in its primary mission and reason of being and its quest for creating wealth is a no less negligible player in the development of a nation. Kabatu distinguishes for this purpose, five categories of conditions to arrive at the development of a nation, namely the necessary conditions, sufficient conditions, economic conditions, non-economic conditions and priority conditions [2].

Business companies as economic agents play an important role in the economy. However, it can be agreed that, in order to achieve their objective, companies capitalize greatly on transportation which allow the transfer of goods and supplies from the place of supply to the transformation processes (the enterprise), then move the production of the company to the place of consumption (the market).

In this regard, the intersection of production and consumption, transport plays a crucial role in the development of a country. To understand this importance, it must be borne in mind that the transportation market is a three-tier market: the first tier is the infrastructure, the second tier is the equipment and the third tier is the operation. Each tier of the aforementioned three tiers has its own peculiarities and require a lot of human, material, technical and financial resources [3].

Today, id we describe globalization, we see several features among which the new information and communication technologies (ICTs) and the growth of transport are the most remarkable. These triggers affect the wellbeing of nations including the Democratic Republic of the Congo. However, for the purpose of this paper the growth of transport will be studied. The target region is the South-Ubangi Province, dominated by the agricultural enterprise [4].

Corresponding Author: Patrick Dedetemo Kimilita

The South-Ubangi Province, dominated by the agricultural activities, is a region that necessitates a well-developed transport system. However, despite the technical progress that has solved many difficulties related to the transport problem, it is clear that the latter is currently an equation difficult to solve by the business companies operating in this province.

To solve the aforementioned problem accurately, it is essential to know it better and this is only possible thanks to an adequate diagnosis. This is what this study is concerned.

2 METHODOLOGY

The present study uses a descriptive research design. According to Hejase and Hejase, to use this design, the researcher is to have a full view of the problem under study, and full knowledge of the problem's rules and procedures so as the tasks to solve are clear and unambiguous" [5]. The research approach used in this paper was a systematic literature review of secondary reported sources that is, based on documentation and direct observation. It is carried out during the first quarter of 2017.

This method is characterized by a well-documented, replicable and transparent search process. It is driven by a theory based understanding of the phenomena of interest and improves the quality of the review process. This method is common in business management studies[6,7].

2.1 TARGET PROVINCE

The province of South Ubangi is located in the northwestern part of the Democratic Republic of Congo (DRC) (see Figure 1). It is between 4 ° 21 'north latitude and 3 ° 4' south latitude, 16 ° 45 'east longitude and 18 ° 50' west longitude. It has an area of 52,896 square kilometers. It is bounded:

- in the North, by the Central African Republic (CAR);
- in the north-east, by the Bosobolo massif, an extension of the Ubangi plateau;
- in the South, by swamp forests and the line separating the basins from the waters of Ngiri and Mongala;
- in the West, by the Central African Republic, the Republic of Congo and the Ubangi River;
- in the East, by the North-Ubangi Province.



Fig. 1. DRC Geographic Map (International. Government of Canada, 2018)



Fig. 2. South Ubangi Province – Marked with a circle, [8]

3 CONCEPTUAL CLARIFICATION

3.1 TRANSPORT

The term "transport" covers phenomena as diverse as they are varied. It is sometimes a good framework (transport infrastructures), a good of production (means of transport), a good of consumption (personal car) or finally a public service from which everyone can profit, but without appropriating it (transport in common)[9].

Given this heterogeneous reality, it is wise to better understand the concept and to specify the common denominator. Transport must then be understood as "the physical movement of persons or goods from one point to another, without causing changes to the objects carried. This definition contains all the elements underlying the sector and deserves some reflection [10].

Continuing, the author says that the physical word used in the definition is very important because it differentiates the operation "transport" from "telecommunication" or other similar phenomena, transfers funds, for example. Thus, the transport involves the actual displacement of a certain quantity or persons, without making changes to the objects transported. The quantities transported can be characterized either by the number, transport of passengers, or by the weight or the volume, transport of goods. Value can also be one of the physical characteristics of the transported object. It should be noted in this respect that certain goods of low volume or weight are of great value for transport. The physical nature of the transported object also plays a large role in defining the units of measurement of the phenomenon and hence in the pricing and choice of equipment. A second point that needs attention in this definition is the relationship between transport, space and time. The displacement, according to the definition, is between an origin point and a destination point. Two notions emerge at this level, the sense of displacement and then the distance. It is an oriented movement. Indeed, the origin point and the destination point being in different economic spaces, there will be mutual and reciprocal influences between space and transport. The existence of transport influences space; while, in turn, space plays a decisive role in transport. Transport confers a rent of situation to the space and the transport benefits in return of the transformations which it conferred on the space. Meaning or direction, plays a big role in transportation. More often; going from A to B is not the same at the level of transport than going from B to A. Indeed, the structure of the roads, the elements transported to each direction considerably change the consumption as well as the efforts to provide in transport.

3.2 BUSINESS

The company is understood according to the conventional neo-classical theory as "a center of production and decision-making that is apprehended only through its relations with the market [11].

This definition implicitly or explicitly shows that the existence of the business is closely linked to transportation. In fact, in order to produce, one must obtain the necessary inputs, which are on the market. To send them to the company, we need transportation.

The flow of the company's outputs to the consumer market also requires the use of transport.

4 CASE DESCRIPTION: REALITIES OF SPOT

To ensure the movement of people and goods requires adequate infrastructure and means of transport. Thus, this analysis is done at three levels: infrastructure, equipment and operation.

4.1 TRANSPORT INFRASTRUCTURE

The first way of transporting goods in South Ubangi Province is terrestrial. We meet on the roads, people carrying on their heads, goods to markets.

According to the Provincial Executive Secretariat of South Ubangi[12], the road situation is as follows:

- national road: 454 km undergoing rehabilitation;
- provincial interest route: 550 km of which 55 km maintained;
- agricultural access road: 2.462 km of which 2.073 km in very advanced state of disrepair;
- Urban roads: 295 km including 25 km under rehabilitation.
- Tables 1 and 2 give a general overview of the roads in South Ubangi.

Table 1. State of South-Ubangi agricultural feeder roads

N°	Roads	Units, Kilometer	State
1	Gemena – limite Zongo	220	Medium
2	Mbari – Bwamanda – Mogalo	50	Medium
3	Gemena – Bobito – Bozene – Dongo	206	Medium
4	Gemena – Akula	115	Bad on 80 km
5	Gemena – limite Businga	60	Medium
6	Gemena – Bombula – Bosobolo	90	Bad
7	Boyabu – Libenge	19	Bad
8	Yembongo – Pongo – Mawuya – Libenge	110	Medium
9	Bozene – Kungu – Dongo	115	Bad
10	Isabe – Bozene	40	Medium
11	Kungu – Budjala	61	Bad
12	Bobito – Yakamba – Budjala	60	Medium
13	Bombakabo – Budjala – Mbako	120	Medium
14	Bumutu – limite Bosobolo	58	Medium
Total		**1 324**	

Source: South Ubangi Archives (13)

Table 2. State of South-Ubangi agricultural feeder roads

Provinces	Sectors	Distance of network	Length in good condition and proportion	Length in poor condition and proportion	Impracticable length and proportion
Budjala	Banza	206	NON CONNU	206 (100%)	
	Bolingo	194	72 (37,11%)	122 (62,89%)	
	Mongala	142	NON CONNU	66 (46,48%)	Unkwon
	Ndolo-Liboko	112	NON CONNU	37 (33,04%)	Unkwon
	Likimi	90	NON CONNU	30 (33,33%)	Unkwon
	Total	**744**	**NON CONNU**	**416 (61,96%)**	Unkwon
Gemena	Banga – Kungu	317		197 (62,15%)	120 (37,85%)
	Bowase	322	32 (9,94%)	290 (90,6%)	
	Mbari	116	56 (48,28%)	60 (51,72%)	
	Nguya	177		177 (100%)	
	Total	**932**	**88 (9,4%)**	**724 (77,68%)**	**120 (12,88%)**
Kungu	Bomboma	19,7		19,7 (100%)	
	Lua	72	53 (73,61%)	19 (26,39%)	
	Dongo	153		153 (100%)	
	Songo	80,7		80,7 5 (100%)	
	Total	**325,4**	**53 (16,29%)**	**272,4 (83,71%)**	
Libenge	**Total**	**641**	**25 (3,9)**	**619 (96,10%)**	

Source: South Ubangi Archives (13)

It is abnormal and unimaginable that of all the road networks in the Province under review, none are in good condition. This is the basis of the long time to market the productions of companies. This does not allow them to create enough wealth and grow. This situation requires special attention if one wants to witness the emergence of the company in this business.

It is noted that the economic junction of the province of South Ubangi with the other parts of the country and the other countries of the African continent is mainly ensured by rivers whose diets depend largely on the precipitations and because, the traffics on these streams are related to rainfall. Four times constitute the moments of navigability through the Ubangi, Mongala and Akula (14), the Ngiri, the Lua (from May to December). This reality is summarized in Table 3:

Table 3. State of the South Ubangi Waterway Network

Watercourse	Navigable distance	Period of low water	Period of flood	Airworthiness period
Ubangi	Mouth – Zongo (602 km)	January – april	April – December	April – December
Lua	Ubangi Mouth (Dongo) – Mongala (141km)	January – april	April – December	April – December
Mongala	Mouth – Businga (329 km)	January – april	April – December	April – December
Ngiri	Ubangi Mouth – Moninga (159 km)	January – april	April – December	May – December

Source: South Ubangi Archives (13)

The main ports of South Ubangi Province are Akula, Mogalo and Zongo, which play a key role in the sale of the enterprises' productions in the important consumer markets. The first two are much more focused on Kinshasa, capital of the DRC while the latter is directly opposite Bangui, capital of the Central African Republic (13).

These different ports have the following weaknesses:

- cramped location, lacking enough space to set up various activities;
- quality of the tooling to be desired, thus increasing the speed of the operations to be performed therein. Low-skilled labor, usually recruited on the basis of physical build, is the most used, if not the only one;
- poorly equipped infrastructure, unable to accommodate large boats;
- archaic handling superstructures, based on muscular strength, unable to transport large containers, unnecessarily lengthening the loading and unloading time;

- insufficient infrastructure for shopping, with little or no protection against bad weather and various types of damage (fires, etc.).

South Ubangi as a whole has two airports and five aerodromes. Libenge airport, the oldest in the country is currently at a standstill, only the one in Gemena is still operational for such a vast province. The aerodromes are Gwaka, Ngwanza to Dongo, Tandala, Bokonzi and Zongo. The state of the trails and associated facilities is poor (13).

As can be seen, transport infrastructure in this province is far from ensuring both territorial, economic and social development.

4.2 TRANSPORT EQUIPMENT

There are people on the roads carrying goods to markets on their heads.

Transport by bicycle is very popular among small traders; it is sometimes the only means of access to enclave areas. At least three agents take part in this circuit, including the customer (shopkeeper), the owner of the bike and the pedal-cyclist [10]

In recent years, there has been a remarkable presence of motorcycles in the transport circuit in South Ubangi Province (especially in the major centers, namely Gemena, Bwamanda, Bobito, Budjala, Kungu, Mogalo, Bozene, Zongo, etc.).

Motorized road vehicles remain a luxury in South Ubangi due to poor road conditions and the low presence of economic operators operating in this sector. Thus, this means of transport is extremely expensive. This significantly reduces the profit margin of companies, does not allow them to profit, create wealth and develop.

In this regard, Nagifi (2013, p. 406) states that "motorized vehicles remain the exception in South Ubangi". In 2011, the number of trucks from 7 to 12 tons circulating in South Ubangi was evaluated at 80 units, 60 of which are based in Gemena ". To this day, we must recognize that the situation has not changed much on the contrary, it has deteriorated.

Taking advantage of the dense river network, river transport is widely used by many economic operators. It uses canoes (motorized or not), whaling boats, boats that meet almost no safety standards for both people and goods.

The aircraft are those coming mainly from Kinshasa and landing only in a few places (Gemena especially) and this, three days maximum per week. In any case, it should be noted that the use of second-hand equipment, the age of which is still relatively old and old, is generally used, marks of which spare parts are scarce. This is the basis of untimely breakdowns, the shutdown of units and slowness in transactions.

This situation undoubtedly shows the difficulty of access to decent transport by the South Ubangi company a fact that prevents the province to achieve its potential growth.

4.3 EXPLOITATION

Most of the traffic is informal and provided by small independent or family carriers.

The number of major carriers is very limited, they are subsidiaries of larger groups, operating in support of their other sectors of activity. CDI-Bwamanda, the river transport and trade company in Ecuador (TFCE, Blattner-Elwyn Group, SCIBE-Congo and, more recently, the Congo-Futur group), these fleets serve mainly the ports of Akula and Mogalo Small traditional family units use the main roads (Ubangi, Mongala, Lua) as the multiple channels, which is more flexible than large boats and thus provides access to river markets or centers of higher consumption. Along the river, there are also more points of landing. Pricing fluctuates according to the distance, the type of goods, the port concerned and the shipowner. It is negatively affected by the multiple taxes payable. Cargo transport is also used. Until its closure in 2011, Hewa Bora Airways was the link between Gemena and Kinshasa, supplying the city with essential manufactured goods. In return, Gemena shipped its productions (especially livestock). A few years ago, goats were particularly popular. In 2007, an average of three to four cargo aircraft per week left Gemena for Kinshasa (World Bank 2007, p.15).

Transport in South Ubangi is a thorny problem to solve. There is no good organization of transport, everything is in the hands of the private sector who use means of edge, the main thing is to reach the destination. Such a situation is far from bringing South-Ubangi into globalization and favoring the emergence of its enterprises. This deserves special attention and big investments. The various difficulties related to transportation infrastructure, equipment and operations in this province make it expensive, making it a luxury. This justifies in part the weak performance of its companies and their growth. Another problem making exploitation difficult is the supply of petroleum products.

5 TRANSPORT AND ENTREPRENEURSHIP IN SOUTH UBANGI PROVINCE

Being at the crossroads of production and consumption, transport plays a crucial role in the development of a company and the development of a country. To understand this importance, it must be borne in mind that the transportation market is a three-tier market: the level of infrastructure, the level of equipment and the level of operation. Indeed, in our modern world, transport is at the center of the development of socio-economic and political life. The surface of continents is a sum of contiguous geographical spaces, but individualized by soils, relief, vegetation and human occupation. These spaces are distinguished by the advantages or obstacles they present to the traffic.

Physical factors related to the natural environment often constitute constraints for the development of the transport system; while the human, economic and financial factors are decisive for its evolution. The development of transport has changed the theory on the establishment of enterprises: the problem of physical distance between production area and that of consumption arises little if the transport system is efficient, which is not the case in the Province of South-Ubangi District. Transport infrastructures are structuring elements of space. Every organization in the territory has to revolve around an efficient transport organization. Companies locate and grow easily where transportation systems are efficient. Indeed, in the logic of this research, the company must be much more oriented towards the market for which it produces in order to sell its productions. The movement of inputs from places of supply to the company as well as that of the company's productions to the market consumes a lot of transportation. Hence, without well organized, efficient and effective transportation, the company has a hard time making a profit, even if it can produce under satisfactory technical conditions.

With its three levels listed above, transport plays an important socio-economic role, namely the creation of jobs and income, the valuation of space, the easy movement of goods and people, etc. When transportation creates jobs, it pays wages to employed people, giving purchasing power to the members of the company where the company is located. With this purchasing power, the company finds outlets, continues to produce, sells, profits, finances its activities and becomes sustainable.

6 CONCLUSION

This research aimed at assessing and making an inventory of transport and its impact on the development of the company in South Ubangi Province. Using the descriptive research design, documentation techniques, and direct observation, we found that:

Transport routes are rare and the few that exist are not practical, are in a state of disrepair which has reached advanced deterioration so that the flow of products from the existing companies to the markets is not efficient and neither effective. Furthermore, the transport equipment is scarce, less efficient and outdated. In addition, the farms are privately owned, mostly in the informal sector but these are Compliant with local laws and regulations in the province.

Researchers recommend that the government create a local committee to assess the damage in the transport system in order to put in place a restructuring plan so as to help raise the potential capabilities of the province. Meanwhile, a detailed map of accessibility is to be provided to the business companies so that the transportation of goods capitalizes on transportation routes which are in a manageable state.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thanks University of Kinshasa for financial support and appreciate Prof. Maketa for his help to analyzing this article.

REFERENCES

[1] Dickinson, J.E., Robbins, D., 2008. Representations of tourism transport problems in a rural destination. Tourism Manage. 29 (6), 1110–1121.

[2] Kabatu B., 2004. Théorie des Conditions Prioritaires du Développement. Kinshasa : Presses Universitaires du Congo.

[3] Maketa T (2016). Principes de l'économie de transport face à la réalité congolaise. Manuscrits.

[4] Lubo, D. (2010). Mondialisation, politique de développement et perspectives de lutte contre la pauvreté en milieu rural. Regard sur l'intervention de la Coopération Technique Belge dans le territoire de Kabinda. Thèse de doctorat non publiée en Sociologie. Université de Kinshasa. Kinshasa.

[5] Hejase, A.J., & Hejase, H. J. (2013). *Research Methods, A Practical Approach for Business Students*, (2nd edition), Philadelphia: Massadir Inc.

[6] Bouncken, R. B., Gast, J., Kraus, S., & Bogers, M. (2015). Coopetition: a systematic review, synthesis, and future research directions. *Review of Managerial Science*, *9*(3), 577–601. https://doi.org/10.1007/s11846-015-0168-6

[7] Gast, J., Filser, M., Gundolf, K., & Kraus, S. (2015). Coopetition research: towards a better understanding of past trends and future directions. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, *24*(4), 492. https://doi.org/10.1504/IJESB.2015.068637.

[8] Tarabarrettbiology. (2011, June 5). DRC: South Ubangi Province. Retrieved February 6, 2018, from https://tarabarrettbiology.wordpress.com/category/uncategorized/

[9] Agrer (2006). Etude des filières agricoles huile de palme et Caoutchouc dans le cadre du Programme dans le cadre du Programme multisectoriel d'urgence de réhabilitation et de reconstruction (PMURR). Rapport d'étape I (Diagnostic-analyse). Retrieved September 18, 2016, fro.

[10] Maketa T (1986). Transport, Infrastructures, Structure de Développement. Cas des transports terrestres en République du Zaïre. 1960 -1986. Thèse de doctorat non publiée en Economie. Université d'Etat de Gand.

[11] Gabriel H, Jacquier JL (sd). La théorie de Moderne de l'Entreprise. L'Approche Institutionnelle. Cours inédit. Universités de Paris IX-Dauphine et Groupe Haute Etude Commerciale. Paris-Bruxelles.

[12] Secrétariat Exécutif de la Province du Sud-Ubangi. (2016). Projets économiques et non-économiques. Document inédit.

[13] http://www.congoforum.be/upldocs/Etude%20huile%20caoutchou.pdf, Archives de la province du Sud-Ubangi (2016).

[14] Nagifi, V. (2013). Sud-Ubangi. Bassins d'eau et espace agricole. Bruxelles: SAMSA.

[15] Banque Mondiale (2007). Etude d'impact socio-environnemental de pro-routes: Gemena-Karawa-Businga (Equateur). Vol 5 of Congo, Democratic-Republic of-Pro-Routes Project: environnemental assessment.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 559-573
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contribution de la géochimie des chapeaux de fer à la prospection des amas sulfurés volcanogènes : Cas du gisement polymétallique de Draa Sfar, Jebilets centrales, Maroc

[Contribution of the geochemistry of gossan to the prospection of volcanogenic sulphide deposits : Case of the polymetallic deposit of Draa Sfar, Central Jebilets, Morocco]

Fouad Lotfi[1] and S. Brunet[2]

[1]Exploration et Gestion des Ressources Naturelles et Environnementale, Université Ibn Zohr, Faculté Polydisciplinaire de Taroudant, Maroc

[2]Managen, Casablanca, Maroc

Copyright © 2018 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 central Jebilets located to the southwest of the Moroccan meseta represent a massive VMS province whose Draa sfar deposit is one of them. The latter predominantly pyrrhotite, contains minerals of the base metals, enclosed in the Saghlef series attributed to the higher visean. The area of Draa sfar is materialized on the surface by the development of gossan with oxides and hydroxides of iron (hematite, goethite, limonite, malachite ...), and shows an orientation NS in the direction of the ore body. The analyzed elements such as Ag, As, Bi, Sn and Te in addition to the desired base metals, made it possible to identify the gossan directly linked to the Draa sfar deposit, and to clearly identify its location. They can be used as a guide to prospecting for gossan and these results can be applied to all gossan around the Draa Sfar area in the central Jebilets and its extrapolation to all Hercynian terrains.

KEYWORDS: Central Jebilets, Draa Sfar, Gossan, exploration, base metal.

RÉSUMÉ: Les Jebilets centrales situées au sud-ouest de la meseta marocaine représentent une province métallifère à amas sulfurés massifs dont le gisement de Draa sfar en fait partie. Ce dernier à prédominance de pyrrhotite, renferme des minéraux des métaux de base, est encaissé dans la série de Saghlef attribué au viséen supérieur. Le secteur de Draa sfar est matérialisé en surface par le développement d'un chapeau de fer à oxydes et hydroxydes de fer (hématite, goethite, limonite, malachite…), et montre une orientation NS selon la direction du corps minéralisé en profondeur. Les éléments analysés tel que Ag, As, Bi, Sn et Te en plus des métaux de base recherchés, ont permis de bien identifier les chapeaux de fer liés directement au gisement de Draa sfar, et de bien cerner son emplacement. Ils peuvent être employé comme guide de prospection des chapeaux de fer et ces résultats peuvent être appliqués sur l'ensemble des indices ferrugineux avoisinant le secteur de Draa Sfar dans les Jebilets centrales voir son extrapolation vers l'ensemble des terrains hercyniens.

MOTS-CLEFS: Jebilets centrales, Draa Sfar, chapeau de fer, exploration, métaux de base.

1 INTRODUCTION

Exploitées depuis plusieurs décennies, la province métallogénique des Jebilets centrales à amas sulfurés n'a sans aucun doute pas encore livrée toutes ses richesses comme le prouvent les récentes découvertes des gisements tel que celui de

Koudiat Aïcha et le gîte de *Lachach* plus au nord. Cependant, dans un tel district minier aussi bien connu, de nouvelles découvertes nécessitent des analyses et des interprétations de plus en plus poussées, pour lesquelles les informations de surface combinées avec celles des forages permettent d'avoir une information ponctuelle extrêmement précise, la géochimie permet une vision plus large avec une couverture importante, une résolution fine et la possibilité de détecter des cibles potentielles. Avant d'effectuer de coûteux levés géophysiques, et des sondages carottés par la suite, il est important de savoir en exploration minérale si les différentes lithologies présentent des données géochimiques intéressantes et discriminatoires que l'on pourra par la suite exploiter pour choisir les méthodes géophysiques qui conviennent le mieux à notre cas d'étude. L'application d'une telle méthodologie devrait permettre 1) de développer une technique d'exploration géochimique, 2) de fournir une approche logique d'un traitement géostatistique pour l'interprétation des résultats de données géochimiques, applicable à d'autres environnements similaires dans la même province métallogénique.

2 GÉOLOGIE RÉGIONALE

2.1 SITUATION ET SUBDIVISION DU MAROC

Le Maroc, est situé à l'extrémité nord-occidentale de la plateforme saharienne de l'Afrique. Il est entouré par les plaques mobiles de la mer méditerranée au Nord et l'océan atlantique à l'Ouest (Fig. 1a). Sa position de charnière, entre les continents africain, européen et américain…, plusieurs cycles orogéniques se sont succédés, contribuant chacun, par son contexte géodynamique et son ampleur, à façonner ses grands domaines structuraux. En conséquence, du Sud au Nord, s'individualise le domaine anti-atlasique et son prolongement saharien vers le Sud, le domaine atlasique et mesetien et le domaine rifain. Ces trois domaines sont séparés, d'une part, par l'accident sud-atlasique entre les domaines méridional et central et d'autre part, par le front des nappes de charriage (rifaines) tertiaires entre les deux domaines central et septentrional.

Le domaine anti-atlasique et saharien ont été façonné principalement par des orogenèses précambriennes [1] et, d'une manière subordonnée, par des orogenèses paléozoïques (calédonienne et hercynienne). Cependant les domaines rifains, atlasique et mesetien ont été surtout affectés par les orogenèses hercynienne et alpine [2].

Le domaine mesetien est caractérisé de point de vue géologique, par :

- un socle paléozoïque déformé par l'orogenèse hercynienne ou varisque et qui apparaît dans des « boutonnières »: massif hercynien central, Rehamna, *Jebilets*, Midelt, Debdou, Mekkam, Jerada, Beni Snassène [1].
- Une couverture méso-cénozoïque restée quasi horizontale et qui correspond aux plaines et plateaux : Chaouïa, Doukkala, Plateaux des Phosphates, des Ganntour, Bahira, Hauts Plateaux [2].

2.2 CADRE GÉOLOGIQUE DU MASSIF DES JEBILETS

Le massif hercynien des Jebilets appartient à la Meseta marocaine, forme un ensemble de collines et de plaines rocheuses de terrains paléozoïques, plissés et métamorphisés. Il est caractérisé par rapport aux autres massifs hercyniens de la meseta marocaine par l'intensité de l'activité magmatique pré à syn-orogénique qu'a connue cette région vers la fin du Carbonifère [3].

Le massif des Jebilets parallèle au Haut Atlas de Marrakech, d'une direction générale est-ouest, s'étend dans la moitié occidentale du Maroc, et plonge sous la plaine de la Bahira au nord et la plaine du Haouz au Sud, d'âge Miopliocène et Quaternaire. C'est un ensemble de petites collines formant un chaînon perpendiculaire à la direction des structures hercynienne, de 170 km de longueur et de 7 à 40 km de largeur (Fig. 1b) [3]. Il est limité à l'est par les montagnes du Haut Atlas de Beni-Mellal et à l'ouest par les collines de Jurassico-Crétacé des Mouissat. Au sein de ce domaine s'individualisent des petits pointements du socle paléozoïque orientés N-S à NNE-SSW au sein d'une couverture mio-pliocène et quaternaire.

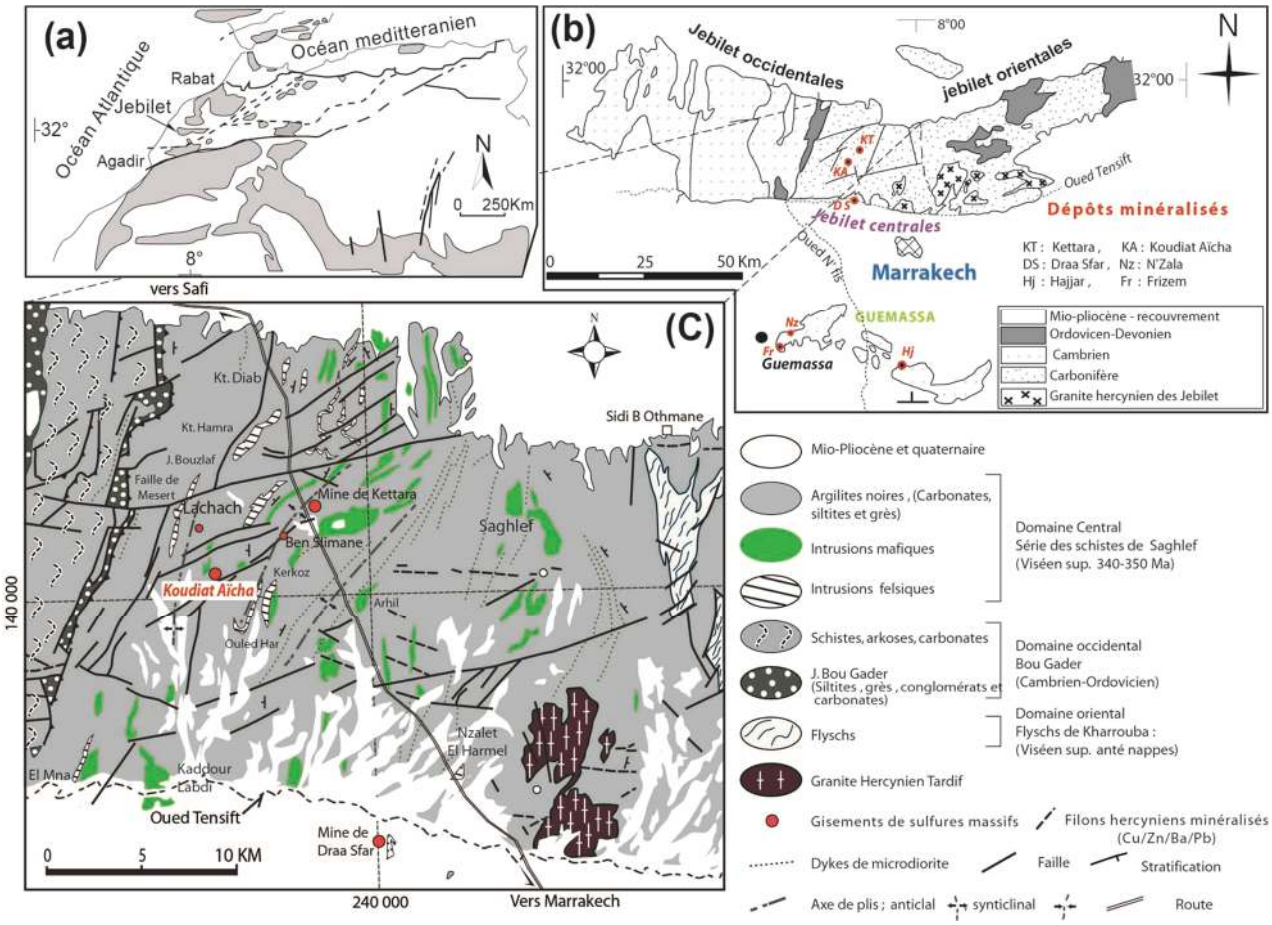


Fig. 1. a) Localisation géographique du massif des Jebilets et des affleurements hercyniens du nord-Afrique (en gris), b) Carte géologique simplifiée et localisations des principaux gisements sulfurés des massifs hercyniens des Jebilets et des Guemassa (Huvelin, 1977), c) Carte géologique des Jebilets Centrales et situation géographique du secteur de Draa Sfar.

2.3 ZONATION STRUCTURALE

Le massif des Jebilets orienté de l'Est vers l'Ouest, est composé de la juxtaposition de trois ensembles distincts: les Jebilets orientales, occidentales et centrales (Fig. 1b). C'est cette partie centrale qui intéresse la présente étude, puisque c'est là, dans les formations volcano-sédimentaires dévono-dinantiennes que se trouvent les amas sulfurés minéralisés exploités à Kettara, Draa Sfar, etc,… (Fig. 1c). Les contacts entre les différentes unités composant les Jebilets (orientales, centrales, occidentales) sont de nature tectonique, chevauchement, faille de décrochement respectivement [3] :

- La zone orientale (ou *flyschs de Kharrouba*) correspondant à des terrains allochtones constitué de métasédiments datés de Viséen supérieur et caractérisés par la présence d'olistrostromes et de séries ordovico-dévoniennes [3], [4] mises en place par des phénomènes de glissements gravitaires pendant les phases précoces de l'orogenèse hercynienne au sein d'un bassin Viséen [3], [5].
- La zone centrale (ou *schistes de Sarhlef*), datés du Viséen-Namurien par Posidonomya becheri Bronn, bivalve pélagique [3], se présente sous forme d'une bande de 25 km de large, limitée au nord par la plaine de Bahira et s'ennoie au Sud sous la couverture quaternaire du Haouz (Fig. 1c). Ils sont déformés métamorphisés dans des conditions anchi à épizonales.
- La zone occidentale, est dite de «*Bou Gader* » formée de séries cambro-ordoviciennes [3], [6], faiblement plissées (direction sub-méridienne) et peu ou pas métamorphisées.

2.4 STRATIGRAPHIE DES JEBILETS CENTRALES: SÉRIE DE SARHLEF

La série des schistes de saghlef qui est la composante stratigraphique principale des Jebilets centrale, d'âge Viséen-Namurien couvre une grande surface et constitue l'unité centrale des Jebilets [3] [7]. Elle s'agit d'une sédimentation d'argilite

de plate-forme anoxique [8], intercalée essentiellement de bancs gréseux. Cette série est marquée par l'apparition d'une sédimentation calcaire au sommet formant la base de la série de Teksim [9].

L'extension orientale de la série de Saghlef s'arrête à un cisaillement ductil hercynien NNW-SSE dans le secteur de Sidi Bou Othmane [10]. Ce cisaillement met en contact la série des schistes de Saghlef à l'ouest et les flyschs de Kharrouba à l'Est. Cette formation renferme des tufs acides et basiques ainsi que des volcanites acido-basiques (gabbros, andésite, dacite et rhyolite). Elle passe verticalement à la série transgressive de Teksim formée de schistes, de calcaires bioclastiques et de grès. De nombreux amas sulfurés d'importance économiques (Kettara, Ben Slimane, Koudiat Aïcha, Jebel Hadid, Bouhane, Nzalet El Harmel et Draa Sfar etc.) sont présents dans cette série notamment entre le complexe formé de roches volcanique et volcano-clastique et la base du complexe supérieur calcareux.

Les travaux de Bordonaro [11] ont permis de décomposer cette formation en trois complexes :

- le complexe inférieur de Jebel Rhira, constitué principalement de quartzites et de roches quartzo-pélitiques ;
- le complexe volcanosédimentaire de Jebel Sarhlef est formé de deux membres :
    - ✓ le membre inférieur à volcanisme acido-basique, constitué essentiellement de (ultramafites, gabbros, dacites, rhyodacites et rhyolites),
    - ✓ le membre supérieur à quartz-kératophyres, brèches d'explosion, tufs agglomératiques et laves
- le complexe supérieur de Teksim à calcaires microconglomératiques et bioclastiques à la base et de pélites grèseuses à son sommet.

2.5 TECTONIQUE, MÉTAMORPHISME ET MAGMATISME

Sous l'effet des déformations hercyniennes polyphasées, les terrains carbonifères (schistes de Sarhlef) et les roches associées sont affectés par une intense déformation hercynienne et post hercynienne. Ces terrains ont subi un plissement très serré accompagné d'une schistosité de flux S1 subméridienne omniprésente, et originelles (stratification, polarité, etc…). Ils sont d'abord affectés par une phase de plissement synschisteuse (subméridienne), associée à un métamorphisme épizonal d'âge post-Viséen supérieur [12], suivie ensuite par des cisaillements sub-parallèles à la schistosité de flux (S1), eux mêmes repris par un plissement associé à une schistosité de crénulation (S2) avec parfois une transposition des phyllites de la schistosité S1. La tectonique cassante se matérialise essentiellement par des failles N70 à N90, des décrochements senestres N160 et de grandes failles subméridiennes associées aux fossés stéphano-permiens [13].

Deux types de métamorphismes ont été identifiés dans les Jebilets centrales:

- Le métamorphisme de contact est marqué par l'apparition autour de certaine intrusions, telles que les granites d'une auréole de métamorphisme,
- Le métamorphisme régional affectant les matériaux à l'échelle du district est faible. Les paragenèses minérales mise en évidence est essentiellement à séricite + chlorite [3] et l'indice de cristallinité de l'illite [11], [14] confirment qu'il s'agit bien d'un métamorphisme épizonal.

Une intense activité magmatique est connue dans les Jebilets centrales à la fin du Carbonifère. Ce magmatique est préorogénique mais postérieur au viséen moyen-supérieur [15]. Il s'est manifesté dans un contexte géodynamique distensif, sous forme de filons, de dykes, de coulées ou de sills intrusif, dans les schistes de saghlef. Les roches magmatiques basiques et acides, dérivées d'un magma parent [15] sont représentées par des gabbros des dolérites, des trondhjémites, des rhyolites, des quartz kératophyrique… Un stock granitique de tendance calco-alcaline est décrit dans la région. Le tout est recoupé par un faisceau de mircodiorite à la phase tardi-hercynienne.

2.6 GÎTOLOGIE DES JEBILETS CENTRALES

La zone des Jebilets centrale à témoigné au cours des temps par sa forte contenance en indices à minéralisations sulfurées de type amas sulfurés volcanogènes VMS. Cependant seules les deux formations géologiques de Saghlef et de Teksim présentent un intérêt métallogénique important pour ces amas sulfurés stratiformes. Ces minéralisation sulfurées déformées et prétectoniques, semblent spatialement liées aux sills magmatiques mafiques (Kettara, Koudiat Aïcha) ou felsiques (Draa Sfar). Elles se répartissent le long de trois axes sub-parallèles de direction méridienne :

- L'alignement oriental est constitué par le gisement de Draa Sfar et l'indice des schistes limonitisés de Nzalet El Harmel.

- L'alignement central renferme le gisement de Kettara, de Ben Slimane et l'indice de Kerkoz.
- L'alignement occidental est formé par le gisement de Koudiat Aïcha, de Laachach, de Bouhane et de Jebel Hadid.

Ces corps minéralisés montrent un enracinement en profondeur, traduisent en affleurement une altération supergène marquée par le développement de chapeaux de fer constitués essentiellement d'oxydes et hydroxydes de fer (hématite et de goethite) [16], [17] [18], [19], dont la profondeur peut atteindre 1500 m [20], [21], [22], [23].

3 GÉOLOGIE LOCALE DU DISTRICT MINIER DU SECTEUR DU GISEMENT DRAA SFAR

3.1 PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ EXPLOITANTE

Le secteur de Draa Sfar relève de la commune rurale Harbil de la subdivision de Marrakech (Caïdat BOUR), dans la région de Marrakech-Safi. La compagnie minière des Guemassa "CMG" est une filiale de Managem Holding de l'*Omnium Nord Africain* "ONA" détient les permis d'exploitation du secteur de Draa Sfar et celui de Koudiat Aïcha cédé par l'Office National des Hydrocarbures et des Mines "ONHYM". Elle développe actuellement les travaux de la mine de Koudiat Aïcha et exploite le gisement polymétallique de la mine de Draa Sfar (Tazakourt et Sidi Mbarek) plus au sud dans les Jebilets centrales et la mine Hajjar dans le massif des Guemassa. Elle est la plus importante compagnie minière au Maroc, et exploite actuellement des minerais de Plomb, Cuivre et de Zinc, et produit la moitié de la production du Maroc en métaux de base non ferreux.

3.2 HISTORIQUE DE DÉCOUVERTE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Les travaux divers ont débuté dans le massif des Jebilets centrales par la découverte et l'exploitation des chapeaux de fer et des filons plombo-zincifère suivi par des études géophysiques au sol. Une seconde étape des travaux démarre par l'exploitation et l'intensification des recherches des secteurs avoisinant l'ancienne mine de pyrrhotine de Kettra (Fe, Cu 0,7 %) visant une augmentation des ressources minérales et une minéralisation polymétallique (Cu, Pb, Zn).

En 1953, fut découvert du chapeau de fer de Draa Sfar Nord par le SEGM (Service d'Etudes des Gîtes Minéraux), ce qui a permis de renforcer de la production en métaux de base par le fonctionnement de la mine de Draa Sfar Nord rapidement abandonnée. Parallèlement, des études se sont multipliées ayant aboutis en 1962 à la mise en évidence d'une anomalie de Koudiat Tazakourt (Draa Sfar Sud), et la découverte en 1966 par sondages carottés d'un amas sulfuré à pyrrhotine et métaux de base sur Draa Sfar Sud. Depuis, des travaux de recherche d'amas sulfurés dans les massifs des Jebilets et des Guemassa ont été entrepris par divers organismes nationaux et étrangers (ministère de l'énergie et des mines BRPM –BRGM, REMINEX). Dans ce cadre que le gisement de Hajjar fut découvert dans le massif de Guemassa grâce à un levé magnétique aéroporté, ce qui a permis le déclenchement des études géologiques et gîtologues approfondies visant les amas sulfurés du district des Jebilets Centrales. C'est en 2004, et pour renforcer et soutenir la production du site minier de Hajjar, que la compagnie minière CMG a lancé l'exploitation du gisement polymétallique de Draa Sfar Sud (Pb, Zn, Cu), ainsi que le gisement polymétallique de Tighardine en 2007, situé à 70 km au sud-est de la mine de Hajjar.

3.3 CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DU SECTEUR DU GISEMENT DRAA SFAR

Le district minier de Draa Sfar constitue la terminaison sud du chaînon hercynien des Jebilets centrales à cheval sur la bordure nord de la plaine du Haouz. Il est situé à 13 Km au NW de la ville de Marrakech, dans le compartiment tectonique majeur méridional de l'unité centrale des Jebilets. L'accès est assuré par deux routes longeant le massif au Nord et au Sud, celle joignant la ville de Marrakech à la ville de Safi et celle allant de Marrakech vers le village de Souihla par une piste goudronnée d'environ 5Km partant du point kilométrique 10.

Le district du gisement de Draa Sfar est formé par une structure minéralisée lenticulaire à fort pendage, formant un alignement méridien sub-vertical, actuellement exploité par la C.M.G/Draa Sfar [25], [26]. A l'affleurement la minéralisation s'exprime en surface par son chapeau de fer de couleur jaunâtre (hydroxyde de fer "limonite"), à l'origine du nom de l'endroit ("bras jaune" en arabe). A la suite de ces affleurements à chapeaux de fer, le secteur de Draa Sfar est subdivisé en deux sous-domaines, localisés sur les deux rives nord et sud de l'Oued Tensift (Fig. 2):

- ***Draa Sfar Nord*** ou gisement de *Sidi Mbarek* "ou harbill tensift", localisé sur la rive nord de l'oued Tensift à quelques centaines de mètres au nord de Koudiat Tazakourt (Draa Sfar sud). Il est représenté par un pointement de socle hercynien de dimension modeste orienté NS (300m) où affleure un chapeau de fer bien développé sur des faciès sédimentaires dominés par des pélites carbonatée. L'ensemble de la formation constitue la continuité latérale nord de Draa Sfar Sud [14].

- ***Draa Sfar Sud*** ou gisement de *Koudiat Tazakourt*, est occupée par de des petites collines isolées du reste des Jebilets dont l'ensemble couvre une superficie de 3km². Ce secteur présente un chapeau de fer moins développé par rapport à celui de Draa Sfar Nord, ainsi que l'essentiel des corps volcaniques acides et les pyroclastites associées intersratifiés dans la série de schiste de Saghlef, apparaît au Sud de l'Oued Tensift, sous forme d'un pointement beaucoup plus grand que le précédent, émergeant de la couverture mio-pliocène et quaternaire [14], [26].

3.4 STRATIGRAPHIE, LITHOFACIÈS ET MINÉRALISATIONS

Le secteur de Draa Sfar est formé par un ensemble de roches sédimentaires (70%) et magmatiques (30%). Les unités sédimentaires affleurant à Draa Sfar sont affectées par un métamorphisme de type schiste vert à mica blanc, chlorite, quartz et épidote. Ces formations présentent des schistes chloriteux parfois rubéfiés renferment des lambeaux de chapeaux de fer. La stratigraphie locale est partiellement oblitérée sous l'effet conjoint de la déformation et du métamorphisme à tendance générale des roches en une succession homoclinale de direction généralement NS à fort pendage vers l'Est.

Plusieurs sondages ont intercepté un horizon minéralisé en sulfures, en plus des unités lithologiques reconnues à l'affleurement. La succession lithostratigraphique du site est comme suit [25], [26]:

- *Formation de mur*, est principalement constituée par des Tufs et des métapélites massives très déformées, transformées en schistes à grains fins à séricite-chlorite-quartz-actinote.
- *Formation de toit* est constituée par des métapélites carbonatées avec des intercalations des calcaires gréseux au Sud et par les métapélites carbonatées au Nord.
- *Formation intermédiaire* formée par la minéralisation polymétallique massive à prédominance de pyrrhotite suivie par la sphalérite, la chalcopyrite, la galène l'arsénopyrite et les oxydes et hydroxydes de fer. La mise en place de cette minéralisation a développé un halo d'altération hydrothermal bien développé.

4 CHAPEAUX DE FER DE DRAA SFAR

4.1 DISPERSION, ET TEXTURE DES CHAPEAUX DE FER

A l'affleurement, les chapeaux de fer du secteur de Draa Sfar sont présents en deux zones bien distinctes :

- **Draa Sfar Nord : Sidi Mbarek**

Le gisement *Draa Sfar Nord*, affleurant au nord de l'oued Tensift sous forme d'un gîte minéralisé allongé N-S et de dimension relativement modeste (20 à 70 m de large et plus de 350 m de long). Il est caractérisé par un chapeau de fer bien développé sur des faciès sédimentaires dominés par des métapélites carbonatées rubéfiées et blanchies intensément altérées, intercalées par des sills magmatiques, souvent masqués par des alluvions Plio-Quaternaires. Dans ce gossan, la texture bréchique du minerai est la plus fréquente, cependant un caractère massif bien marqué apparaissant de façon circonscrite. La brèche est formée d'éléments de quartz, de taille millimètrique à centimétrique, en majorité anguleux emballés dans une matrice ferrugineuse [14], [26].

- **Draa sfar Sud : Koudiat Tazakourt**

Les chapeaux de fer identifiés au niveau du secteur de Draa Sfar Sud sont moins développés que ceux de Sidi Mbarek [14], [24], [25]. Ils se répartissent à Est et Ouest de Koudiat Tazakourt, et sont essentiellement concentrés dans les zones rubéfiées des roches volcaniques acides et au sein des schistes rubéfiés proches du contact. Ces chapeaux de fer sont plus prépondérants au niveau de la partie Est de Koudiat Tazakourt dont la largeur varie du 1 à quelques mètres [14], présentent un allongement de direction méridienne ou NNW-SSE. Leurs limites ne sont pas toujours nettes, et se perdent souvent dans les zones rubéfiées. La texture du minerais est massive, collomorphe ou géodique dont une nette prédominance de l'hématite sur la goethite et l'omniprésence de quartz [14].

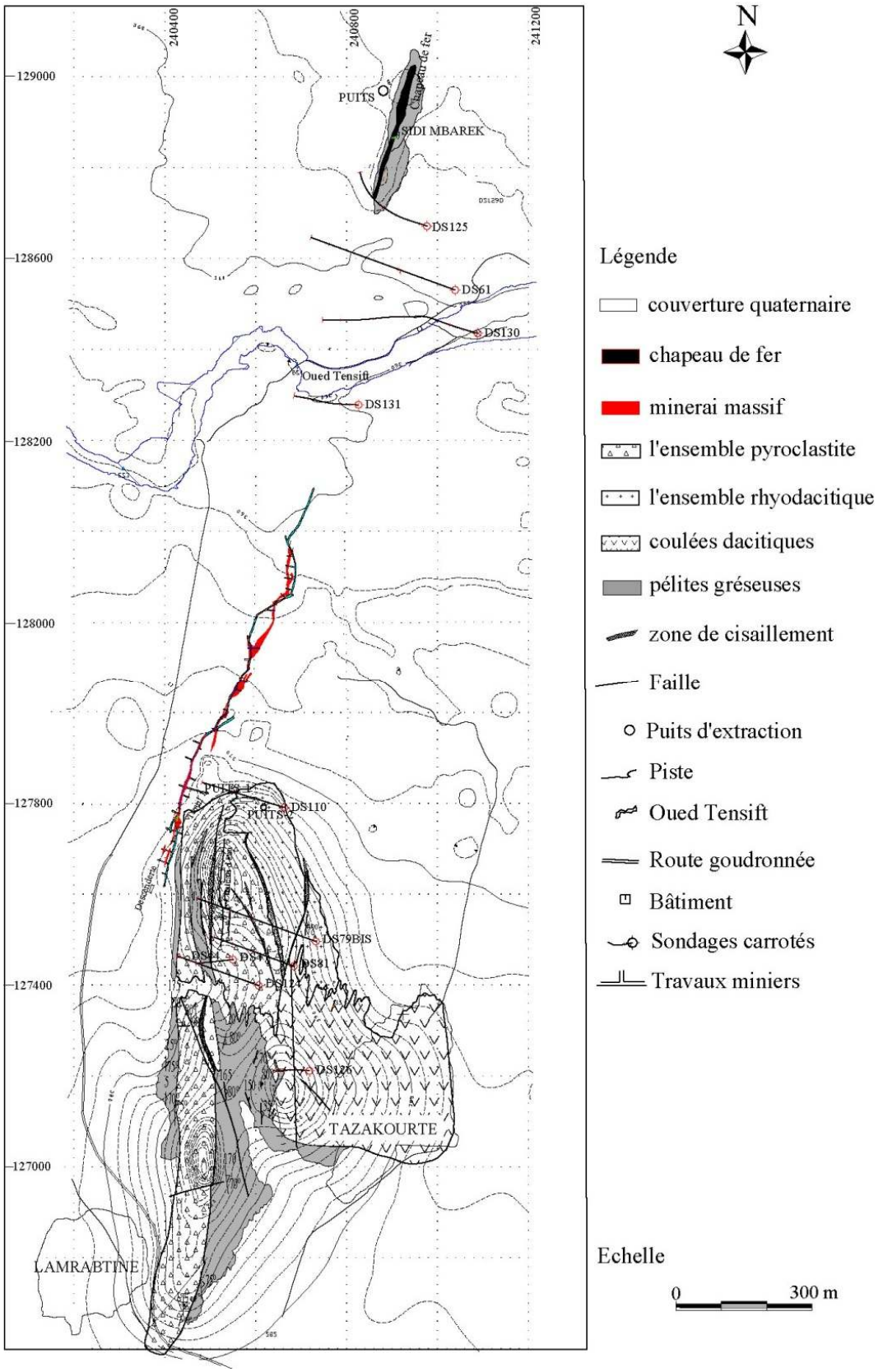


Fig. 2. Carte géologique simplifiée du domaine du Draa Sfar (document modifié de CMG/ Draa Sfar)

4.2 MINÉRALOGIE DES CHAPEAUX DE FER

A l'œil nu, les faciès de chapeau de fer montrent une absence totale de sulfures primaires [14]. Dans ces faciès, la pyrrhotite qui constitue la principale composante du protore de la minéralisation de Draa Sfar s'est en totalité désulfuré. Elle s'est transformée en oxydes et hydroxydes de fer (ocre) accompagnée par la migration de divers éléments chimiques mis en solution dans un milieu acide vers la profondeur (zone de cémentation). La paragenèse minérale est formée principalement par l'hématite et la goethite.

Comme dans d'autres "chapeaux de fer" des Jebilets centrales, des poches de goethite (prédominante) de dimensions variables sont isolées dans une masse d'hématite brune s'observant sur les parois d'anciens grattages (14). L'observation microscopique a permis de constater que l'hématite constitue la phase dominante sous forme de plages xénomorphes qui se transforme depuis les bordures en goethite avec une texture en concrétion. Les minéraux résiduels peu abondants, sont présentés surtout par le quartz et plus rarement par la muscovite. L'établissement d'un ordre chronologique permet d'attribuer les oxydes et hydroxydes de fer à une transformation secondaire des sulfures primaires (altération chimique). La pyrrhotite s'est transformée en premier lieu en pyrite, en hématite en second lieu arrivant à la goethite et rarement en minéraux argileux en phase finale [14].

5 RÉSULTAT

5.1 TRAITEMENT STATISTIQUES DES DONNÉES

Ce travail porte sur dizaine d'analyses de quelques éléments chimiques ne peut se mener sans traitements statistiques. Pour les traitements de données qui vont suivre, nous n'avons d'aucune façon filtré les données brutes pour éliminer telle ou telle valeur erratique ou corriger les valeurs brutes empruntés depuis les anciens travaux [14]. En tout temps, nous nous sommes servis des données brutes, cependant les éléments chimiques dont les valeurs sont au-dessus de la limite de détection ont été ramenés à une valeur nulle pour faciliter les traitements statistiques.

Ainsi pour une bonne description géochimique de l'ensemble des échantillons, les méthodes statistiques usuelles de traitement univariés et à plusieurs variables ont été utilisées.

5.2 STATISTIQUES ÉLÉMENTAIRES

Le but des analyses chimiques des échantillons de chapeau de fer était en plus de déterminer les teneurs de chaque éléments, de définir par la suite les seuils de bruit de fond et celui de l'anomalie pour chaque élément analysé et, s'il y a lieu, de circonscrire des concentrations anomales pour certains éléments qui pourraient servir de guide pour la prospection minière.

Cette étude s'est fondée sur un total de 32 échantillons à 367 analyses récupérées. Dans ce cas des amas sulfurés, les éléments majeurs n'ont pas été pris en compte, de même pour tous les éléments mineurs, du fait que leur contenu était sous la limite de détection suite à l'intense lessivage sous l'action météorique et la probabilité de sa présence dans la minéralisation primaire. En somme, cette approche permettra de minimiser le nombre des éléments chimiques à analyser visons une approche des moyens facilement accessible pour toute opération de prospection minière sur place (Spectromètre de FX (XRF) portatif). Les éléments analysés sont: Ag, As, Ba, Bi, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sn, Te et Zn.

Le tableau 1 présente quelques statistiques élémentaires pour les éléments analysés. Les résultats de ces éléments renferment des valeurs maximum relativement aux valeurs moyennes correspondantes pour chaque élément et pour chaque site minier du district minier de Draa Sfar. Un calcul de l'indice de polymétallisme a été réalisé faisant ressortir la différenciation chimique de deux sites bien distincts géographiquement (Tab. 2). Le site de Sidi Mbarek marque une nette différenciation (1,3) par rapport à celui de Koudiat Tazakourt. Cette différenciation traduit que les éléments chimiques au niveau du site de Sidi Mbarek reflètent la nature polymétallique du protore et qu'ils ont beaucoup été retenus que dans le site de Koudiat Tazakourt traduisant leur pauvreté dans les faciès encaissantes à la suite du degré élevé d'acidité du milieu.

Les éléments tels que l'As, Ba, Bi, et Cu présentent des étendues de plage de données assez important, témoignent de leur fort degré de rétention. Ces éléments dont les valeurs extrêmes auront un impact sur l'interprétation des résultats obtenus par les méthodes classiques en se basant sur les valeurs moyennes. Les autres éléments notamment dans le cas du Zn, Pb, présentent des valeurs minimum avec de faibles étendues et des écarts-type petits qui peuvent être attribué au degré de mobilité des éléments et au lessivage lors des actions météoriques.

Les histogrammes de fréquence des différents éléments chimiques analysés sont illustrés par la figure 3. Ils montrent le caractère unimodal homogène des résultats formés par une seule population. Ce caractère unimodal traduit la mise en place des minéralisations à la suite du même événement minéralisateur et à partir de la même source de fluide.

Tableau 1. Statistique élémentaire des éléments traces analysés des chapeaux de fer du secteur de Draa Sfar

Site	Elém.	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Sidi Mbarek	Max	160,00	2540,00	600,00	380,00	136,00	23400,00	52,00	35,00	460,00	99,00	98,00	315,00
	Min	0,00	141,00	28,00	0,00	36,00	52,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Moy	43,61	1193,75	173,00	127,50	77,33	3329,77	19,86	11,69	66,00	27,29	32,75	75,00
	Ecartype	69,48	1010,48	219,30	172,41	52,20	6281,36	17,82	13,50	130,08	35,74	44,51	93,08
Tazakourt	Max	56,00	309,00	1545,00	86,00	170,00	4033,00	14,00	127,00	74,00	15,00	7,00	240,00
	Min	0,00	0,00	51,00	0,00	32,00	52,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00
	Moy	17,00	104,75	485,00	21,50	98,00	1114,85	6,63	18,62	26,54	4,57	1,75	90,85
	Ecartype	23,09	145,71	617,81	43,00	69,20	1270,68	5,97	34,74	23,58	6,16	3,50	74,87
Draa Sfar	Moy	30,3	649,3	329,0	74,5	87,7	2222,3	12,8	15,2	46,3	15,9	17,3	82,9

Tableau 2. Indice de polymétallisme de Sidi Mbarek et Koudiat Tazakourt

	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn	Indice de Poly-métallisme
Sidi Mbarek	1,4	1,8	0,5	1,7	0,9	1,5	1,6	0,8	1,4	1,7	1,9	0,9	***1,3***
Tazakourt	0,6	0,2	1,5	0,3	1,1	0,5	0,5	1,2	0,6	0,3	0,1	1,1	***0,7***

5.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Une première interprétation des résultats des analyses des chapeaux de fer a été basée sur l'utilisation des courbes gausso-logarithmiques permettant de réduire l'asymétrie de la distribution des populations de données brutes. Il est généralement reconnu que les éléments traces possèdent une distribution naturelle lognormale. Sur un papier à échelle gausso-logarithmique, une telle distribution sera représentée par une droite brisée de trois segments de droite marquée par des points d'inflexions produites par le changement de pente de leur graphisme faisant ressortir trois domaines (bruit de fond, zone de transition et zone anomalique). L'exemple de ce type de distribution est représenté à la figure 4 pour l'ensemble des éléments chimiques analysés. Les résultats d'interprétation de distribution ont été reportés dans le tableau 3. Ces résultats serviront par la suite lors de l'interprétation des données de même à la réalisation cartes isovaleurs géochimiques.

Les corrélations entre les éléments de notre étude ont été réalisées afin de saisir des liens possibles entre eux. De plus, de fortes corrélations nous permettraient peut-être de réduire le nombre d'éléments à analyser pour les prochaines études ou encore de renforcer une anomalie en considérant l'effet conjoint de ces éléments. Les résultats de cette étude sont donnés sur un tableau combiné des corrélations (Tabl. 4). Dans notre cas nous n'avons retenu que la valeur absolue des coefficients de corrélation supérieurs à 0,7. Avant de voir en détail, les principales corrélations, il serait bon, de remarquer que les corrélations observées sont en fait la combinaison de corrélations reliées à la composition chimique du fluide minéralisateur responsable de la mise en place des minéralisations du secteur de Draa Sfar et les faits de l'altération chimique. Les corrélations entre ces éléments mineurs sont en grande partie presque toutes positives et peu généralisées. On peut cependant noter l'existence de deux familles d'affinité préférentielle présente le constat : As-Bi-Te et Pb-Cu. Cette constatation a été prouvée également par la méthode d'ACP (Fig. 5).

Le tableau 5 résume l'ensemble des anomalies de la présence étude. On note une nette association de l'ensemble d'anomalies dans le site de Sidi Mbarek. L'anomalie d'Ag et celle du Pb prouve la présence d'une galène argentifère dans le protore. Les anomalies de Cu, As, Bi, Sn, Te sont attribuées à la présence de la chalcopyrite, la stannite, et l'arsénopyrite. La présence de ces minéraux témoigne leur mise en place à une haute température traduisant la proximité de la zone nouricière "stockwerk".

Tableau 3. Limite de détection des anomalies du chapeau de fer de Draa Sfar

	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Bruit de fond	< 58	< 850	< 600	< 85	< 55	< 5000	< 18	< 30	< 100	< 18	< 25	< 90
Zone de transition	58-120	850-1200	600-900	85-150	55-90	5000-8500	18-32	30-40	100-180	18-50	<25	90-200
Zone anomalique	>120	>1200	>900	>220	>90	>8500	>32	>40	>180	>50		>200

Tableau 4. Matrice de corrélation des éléments traces analysés des chapeaux de fer de Draa Sfar

Variables	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Ag	**1,00**											
As	0,00	**1,00**										
Ba	0,00	0,00	**1,00**									
Bi	0,00	**0,85**	0,00	**1,00**								
Co	0,03	0,00	0,00	0,00	**1,00**							
Cu	0,42	0,18	0,03	0,20	0,42	**1,00**						
Mo	0,29	0,29	-0,01	0,24	-0,22	-0,16	**1,00**					
Ni	-0,02	-0,09	**0,74**	-0,15	0,12	0,23	-0,03	**1,00**				
Pb	0,48	0,30	0,03	0,36	0,34	**0,94**	-0,13	0,03	**1,00**			
Sn	-0,02	0,44	0,00	0,46	0,13	0,19	0,20	-0,10	0,22	**1,00**		
Te	0,00	**0,95**	0,00	**0,94**	0,00	0,21	0,26	-0,10	0,36	0,33	**1,00**	
Zn	0,09	0,03	0,41	0,09	0,18	0,30	0,05	0,29	0,30	0,50	-0,01	**1,00**

Tableau 5. Anomalie des éléments chimiques de chapeau de fer du district de Draa Sfar

Elément	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Sidi Mbarek	**	**	*	**	*	*	*		*	**	**	**
Koudiat Tazakourt			**		**			*				*

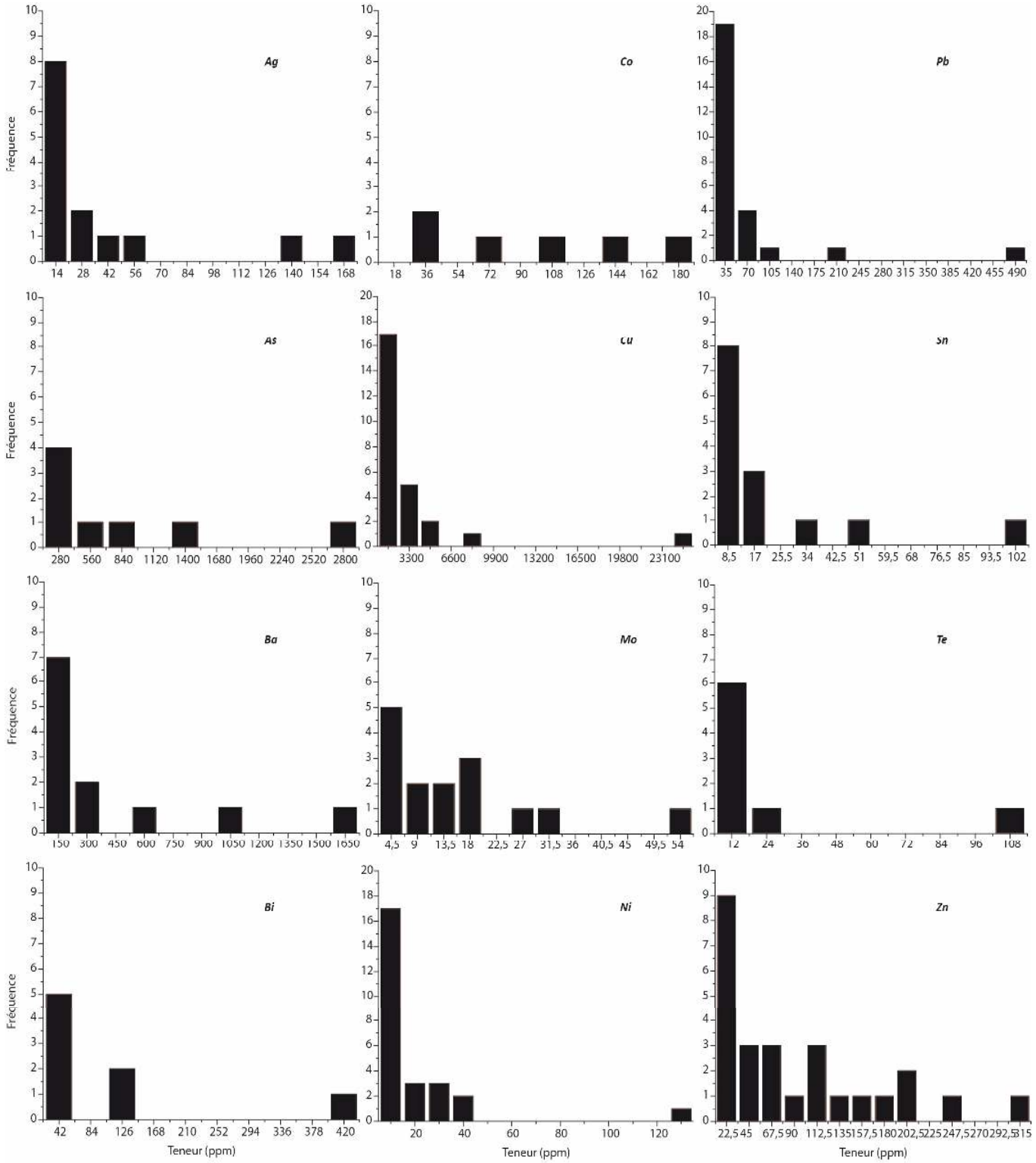


Fig. 3. Histogramme de fréquence des éléments traces du chapeau de fer du secteur de Draa Sfar

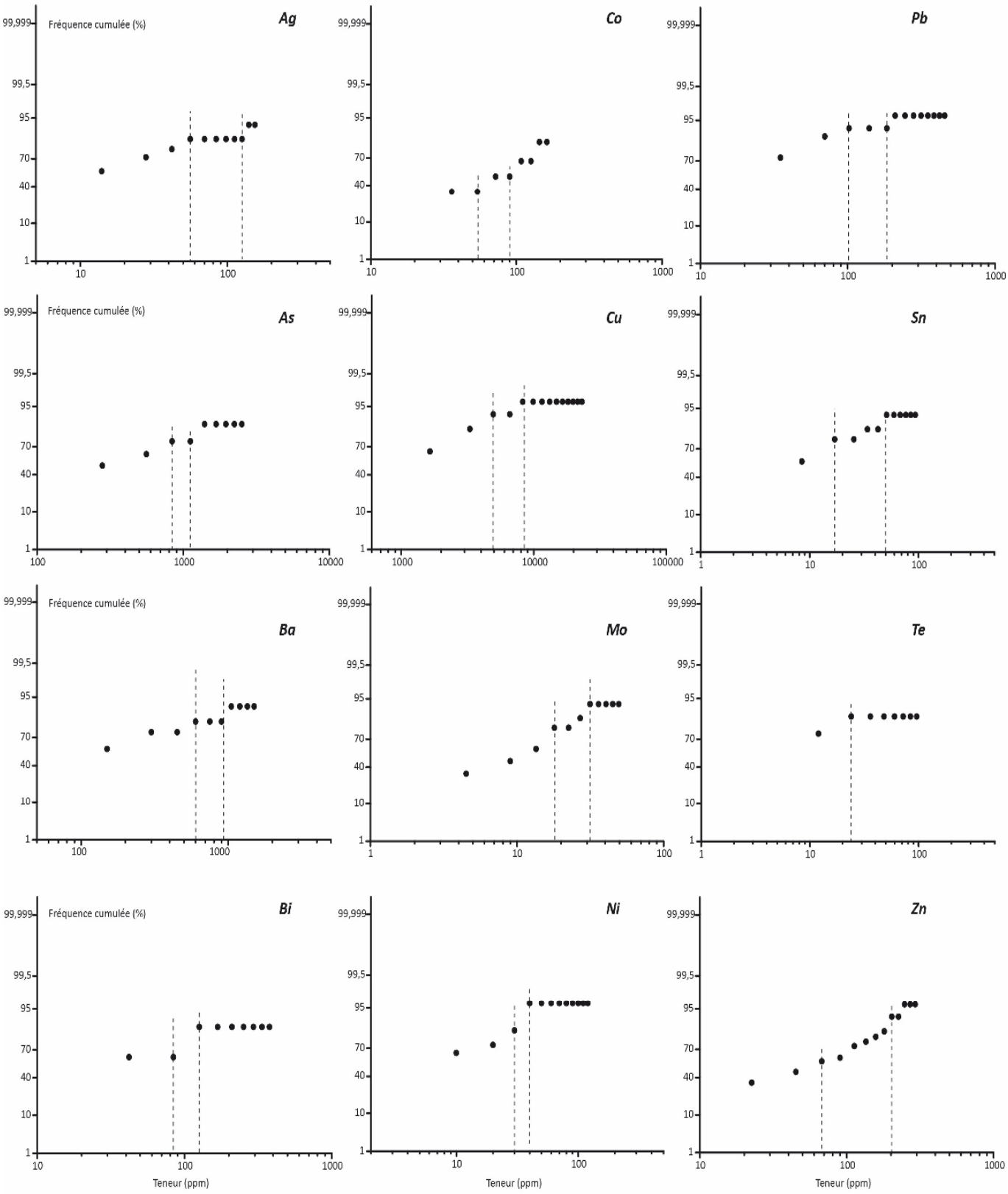


Fig. 4. Représentation graphique des fréquences cumulées des éléments du chapeau de fer en fonction de leurs teneurs

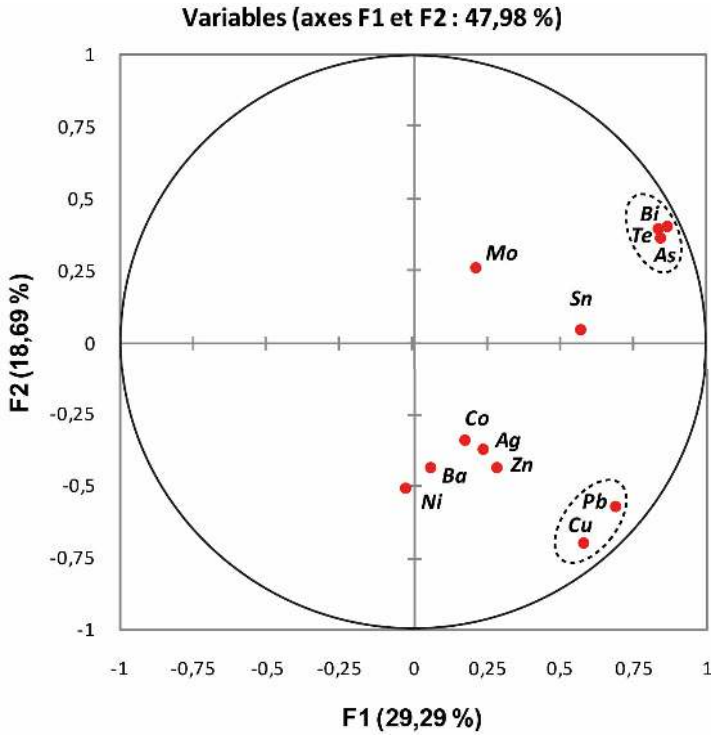


Fig. 5. Analyse des composantes principales des analyses des chapeaux de fer de Draa Sfar

6 DISCUSSION

Cette étude constitue une des applications de la géochimie des chapeaux de fer à l'évaluation du potentiel minéral du secteur de Draa Sfar. Le fait de concentrer l'échantillonnage dans le secteur du district minier de Draa Sfar est intéressant pour dégager quelques guides de prospection locale eau voisinage et au contact immédiat de l'emplacement du gisement, et d'étendre les résultats sur l'ensemble des Jebilets Centrales.

Au niveau du secteur de Draa Sfar, la minéralisation sulfurée est marquée à affleurement par le développement de chapeaux de fer bien individualisé au niveau de Sidi Mbarek et mon évolué dans le secteur de Tazakourt. Les conclusions tirées de la statistique classique et celles déduites des variogrammes concordent assez bien. Le caractère unimodal homogène pour l'ensemble des éléments traduit l'appartenance à la même population et par conséquent au même cycle minéralisateur. Il suffit d'analyser les échantillons de chapeau de fer du même contexte pour l'élément recherché en association avec quelques minéraux indicateurs dont le but d'optimaliser les coûts inhérents à l'amont pour un tel projet par la diminution du nombre d'éléments à analyser et d'augmenter le nombre d'échantillons suffisants pour obtenir une confiance statistique valable.

Les résultats des éléments analysés du chapeau de fer du secteur du gisement de Draa Sfar ont servi de déterminer les seuils pour chaque élément chimique pour un éventuel traçage des cartes de symboles gradués des différents éléments en tenant compte avec les valeurs locales du bruit de fond et anomalique pour chaque élément analysé. Les valeurs élevées du bruit de fond des chapeaux de fer dans le secteur ont été attribuées au caractère minéralisé de la roche mère formant le protore encaissé dans les roches sédimentaires du gisement de Draa Sfar, ainsi qu'au caractère mobile de certains éléments chimiques (Cu) et à la présence de roches carbonatées actives formant un piège naturel des éléments mis en solution.

L'interprétation des données de Draa Sfar fait ressortir deux sites bien distincts : celui de Sidi Mbarek polymétallique bien évolué et celui de Koudiat Tazakourt moins métallique et peu évolué. Elle a cependant montré que les chapeaux de fer associés site de Sidi Mbarek sont liés directement aux lentilles minéralisées situées en profondeur [26]. Cependant les chapeaux de fer de Koudiat Tazakourt ne coiffent pas directement le corps minéralisé situé plus à ouest des affleurements. Cette constatation a été renforcée ultérieurement par les méthodes géophysiques (magnétiques, gravimétriques) et confirmé par les sondages carottés ayant intercepté en plus des unités lithologiques connues à l'affleurement le corps minéralisé en profondeur exploité actuellement et plus polymétallique [25].

En dépit de l'abondance très basse des éléments de Ag, As, Bi, Sn et Te dans les chapeaux de fer du Sidi Mbarek, ces éléments pourraient être employés comme étant de bons éléments indicateurs localisées à la proximité de la minéralisation

polymétallique au cours de l'exploration des minéralisations sulfurées similaires dans les Jebilets centrales et Guemassa, voir son extrapolation vers l'ensemble des terrains hercynien.

7 CONCLUSION

Cette approche d'exploration est basée sur la géochimie des chapeaux de fer, a montré son importance et sa grande utilité dans le but de cibler et de localiser les potentialités métallifères comme dans le prospect de Draa Sfar du grand secteur de Kettara. L'étude a cependant montré que les éléments chimiques tels que le Ag, As, Bi, Sn et Te peuvent être de bon indicateur de la proximité de la minéralisation sulfurée polymétallique en profondeur. Cette constatation a été renforcée par les méthodes géophysiques (magnétiques, gravimétriques) et confirmé par les sondages carottés ayant intercepté en plus des unités lithologiques connues à l'affleurement le corps minéralisé en profondeur. Cependant, l'anomalie de Bi illustre bien la zone nourricière et d'échange au-dessous du corps minéralisé, et pourraient refléter l'appartenance des veines au même système hydrothermal ayant déposé le gisement.

On conclut et à partir des résultats obtenus que les éléments tels que l'Ag, As, Bi, Sn et Te sont les éléments indicateurs les plus favorables à localiser un dépôt de sulfures polymétallique dans ce contexte des Jebilets Centrales.

REFERENCES

[1] A. Michard, "Eléments de géologie marocaine," Notes et Mém. Serv. géol. Maroc, n° 252, 420 p., 1976.
[2] A. Piqué, "Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale". Presses Universitaires Maghrébines Edition, 284 p. Marrakech, 1994.
[3] P. Huvelin, "Etude géologique et gîtologique du massif Hercynien des Jebilets (Maroc Occidental)," Note et Mém. Serv. Géol. Maroc, Rabat, N° 232 bis, 307 p., 1977.
[4] F. Permingeat, "Sur viséen des Jebilets orientales au sud de l'oued Tensift," Notes et mem. Serv. Géol. Maroc. 121 , 17-22, 1954.
[5] H. Bamoumen, "Les déformations superposées contemporaines de la mise en place des nappes gravitaires des Jebilets orientales (Maroc)," Thèse de 3ème cycle, Marrakech, 189p., 1988.
[6] M. Gigout, "Etude géologique sur la meseta marocaine occidentale (arrière-pays de CasaBlanca, Mazagan et Safi)," Trav. Inst. Cher. Rabat. 3. Notes et Mem. Serv. Géol. Maroc, 86 : 507 p., 1951.
[7] J. "Beauchamp, Le Carbonifère inférieur des Jebilets et de l'Atlas de Marrakech (Maroc) : Migration et comblement d'un bassin marin," Bulletin Société Géologique de France 7-XXVI-6, 1025-1032, 1984.
[8] J. Beauchamp, A. Izart, & A. Piqué," Les bassins d'avant-pays de la chaîne hercynienne au Carbonifère inférieur," Canadien Journal of Earth Sciences 28, 2024-2041, 1991.
[9] J.L. Gaillet, "Sur les relations entre les schistes du saghlef et le flysh de Kharrouba dans le massif hercynien des jebilets (Maroc)," C.R. Acad. Sci. Paris, 288, pp. 791-794, 1979.
[10] J.L. Lagarde & P. Choukroune, "Cisaillement ductile et granitoïdes syntectoniques: l'exemple du massif hercynien des Jebilets (Maroc)," Bulletin de la Société Géologique de France, XXIV2, 299-307, 1982.
[11] M. Bordonaro, "Tectonique et pétrographie du district à pyrrhotine de Kettara (Paléozoïque des Jebilets, Maroc)". Thèse de 3ème cycle Université Louis Pasteur de Strasbourg, 132pp, 1983.
[12] M. Bordonaro, J.L Gaillet & A. Michard," Le géosynclinal carbonifère sud-mésétien dans les Jebilets (Maroc) ; une corrélation avec la province pyriteuse du sud de l'Espagne," CR Acad Sci Paris 288-D, 1371-1374, 1979.
[13] Cl. Le Corre, & J. Bouloton, "Un modèle de «structures en fleur» associant décrochement et convergence: Les Jebilets centro-occidentales (Maroc hercynien)," Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris, 304, série II: 751-755, 1987.
[14] A.T. Souaré, "Contribution à l'étude des amas sulfurés du district des Jebilets centrales et de leurs altérations supergènes (chapeau de fer). Comparaison avec les minéralisations sulfurées d'Agouim (Haut Atlas, Maroc)," Thèse 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 273 p., 1988.
[15] El.M. Aarab, "Mise en place du caractère cogénétique des roches magmatiques basiques et acides dans la série volcanosédimentaire de Saghlef (Jebilets, Maroc hercynien) ", Thèse Doctorat de 3ème cycle, Univ. Nancy I 145 p. 1984.
[16] S. Brunet F. Lotfi & A. Belkabir," Les gisements de sulfures massifs hercyniens du Maroc : Exemple du gîte polymétallique de Koudiat Aïcha, Jebilets Centrales. Actes du congrès The 3rd Conference of the Association of African Women Geoscientists 6-8 Mai 2005, El Jadida – Maroc, 2006.
[17] A. Belkabir, H. Gibson, E. Marcoux, D. Lentz, & S. Rziki," Geology and Wall-Rock Alteration at the Hercynian Draa Sfar Zn-Pb-Cu deposit, Morocco," Ore Geology Reviews 658, 33. 3-4, 280-306, 2008.

[18] L. Ben Aissi, "Contribution à l'étude gîtologique des amas sulfurés polymétalliques de Draa Sfar et de Koudiat Aïcha : comparaison avec les gisements de Ben Slimane et de Kettara (Jebilets centrales, Maroc hercynien)," Thèse de doctorat, Uni Cadi Ayyad, Marrakech, 333 p, 2008.

[19] E. Marcoux, A. Belkabir, H. Gibson, & D. Lentz," The Draa Sfar ore deposit (Jebilets, Morocco): an example of pyrrhotite dominant-polymetallic VHMS in Hercynian terranes, " Ore Geology, 658. 33. 3-4, 304-328, 2008.

[20] F. Lotfi, A. Belkabir; A.C. Brown, E. Marcoux, & S. "Brunet, Geology and mineralogy of the Hercynian Koudiat Aïcha polymetallic (Zn, Pb, Cu) massive sulfide deposit, Central Jebilets, Morocco, " Exploration and Mining Geology, 17, Nos. 3–4 : 45–162, 2008.

[21] F. Lotfi, "Utilisation de la géochimie des minéraux d'altération hydrothermale comme guide de prospection des massifs sulfurés volcanogènes (VMS) polymétalliques : cas du gisement de Koudiat Aïcha (Pb, Zn, Cu), Jebilets Centrales – Maroc," Actes des journées géologiques, Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Rabat, 2016.

[22] F. Lotfi, "Contexte géologique et minéralisation à sulfures massifs (Zn, Pb, Cu) du gisement hercynien de Koudiat Aïcha, Jebilets Centrales, Maroc, " PhD Thésis, Université Cadi Ayyad Marrakech, 180 pp, 2009.

[23] F. Lotfi, "Utilisation des chapeaux de fer comme guide de prospection des amas sulfurés : cas du gisement polymétallique de Koudiat Aïcha, Jebilets Centrales Maroc," In: recueil des résumés, Actes du Colloque international 3MA Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées, 9ème édition Taroudant – Agadir, le 02 au 04 avril, 2015.

[24] S. Rziki, A. Alansari, E. M. Mouguina,J. Simard., M. Zouhair & L. Maacha, "Apport du modèle géologique et géophysique 3D dans le développement du gisement polymétallique de Draa Sfar (Massif Hercynien des Jebilets centrales, Maroc)," Estudios Geologicos; 10.3989/egeol.40366.138, 2011.

[25] S. Rziki, "Environnement géologique et modèle 3D du gisement polymétallique de Draa Sfar (Massif hercynien des Jebilets, Maroc) : Implications et perspectives de développement," Thèse présenté à la Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech. Maroc, 2012.

[26] I. Messrar, "Contribution à l'étude structurale, gîtologique et métallogénique du gisement de Draa Sfar Nord (Jebilets centrale, Maroc)," Master F.S.T, Fès, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdellah, 2016.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 574-585
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

نظام التنقيط في الأنظمة التعليمية

[Students evaluation in educational systems]

حسناء اهدي و سعيد الراشدي

جامعة محمد الخامس الرباط، كلية علوم التربية، المغرب

Hasna Hdi and Said Errachdi

Faculté des sciences de l'éducation, Université Mohammed V, Rabat, Maroc

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article aims to define the notation system and identify these elements, these different types and functions, also the contributions of the docimology to explain the factors or the three error sources that defect the notation namely; the evaluation itself, the teacher and the student. Thus, scoring is one of the educational tools used by teachers to make sense of the judgments they make about a student and to monitor how well the students have achieved the goals set for teaching-learning. Grades from 0 to 20, grades or categories ordered A, B, C, D, E, and ratings, are the three most used types of notation in the school system, they are considered a way to communicate between school institutions and parents of students.

KEYWORDS: docimology, evaluation, assessment, correction, multiple-correction.

لخص: يهدف المقال إلى التعريف بنظام التنقيط في النظام التعليمي وتحديد العناصر المكونة له وأنواعه ووظائفه، وأيضا مساهمات علم الامتحان في شرح وتفسير العوامل المؤثرة في عمليتي التصحيح والتنقيط. فنظام التنقيط باعتباره وسيلة من الوسائل التعليمية البيداغوجية التي يعتمد عليها المدرس من أجل التعبير عن الحكم الذي اتخذه بشأن تلميذ ما وقياس مدى تحقق الأهداف التعليمية عنده، فهو يكتسي أهمية كبيرة عند أسر التلاميذ الذين يعتبرونه وسيلة للتواصل بينهم وبين المؤسسات التعليمة. وتعتبر النقطة؛ (من 0 إلى 20)، والفئات المرتبة؛ (A, B, C, D, E)، والتقديرات، (حسن، حسن جدا مستحسن..) هي الأكثر استعمالا في النظام التعليمي، وكلها تندرج في إطار ما يسمى بنظام التنقيط.

كلمات دلالية: علم الامتحانات، التقويم، التقديرات، التصحيح، التعدد في التصحيح.

1 قدمة:

يعد نظام التنقيط عنصرا أساسيا في المسار التعليمي كما يعتبر موضوعا يهم كل الفاعلين في العملية التعليمية التعلمية، فهو من جهة، يساعد التلاميذ على توجيه تعليمهم للنجاح في الامتحانات، ويساعد المدرسين على قياس فعالية التعلم، كما يتيح للمؤسسة التعليمية إمكانية مراقبة المنتوج النهائي للتعلم وقياس درجات الفشل والنجاح، ومن جهة أخرى، يساهم في التواصل بين أسر التلاميذ والمؤسسات التعليمية.

فنظام التنقيط هو عبارة عن أداة تعبر عن أداء التلميذ وطابعه الفردي في التعلم، وتعكس تقسيم العمل والتوزيع الزمني بالنسبة للمدرس. ففي مرحلة معينة من العملية التعليمية، يتوجب اتخاذ قرار معين بشأن تلميذ ما وإصدار أحكام حول وضعيته التعلمية وفق مجموعة من المعلومات المستمدة من مصادر مختلفة ومتعددة.

وقد عرف هذا النظام انتقادات ونقاشات متعددة كانت بالأساس تتمحور حول العدالة والمصداقية في توزيع النقط بين التلاميذ من طرف المدرسين، حيث كان ينظر للنقط أن لها تأثير سلبي على عمل التلاميذ وأنها لا تخدم التعلم خاصة عندما تكون النقطة كعقاب للتلميذ بحيث تدفع بهذا الأخير إلى الاستسلام وإلى الإحباط (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE, 1970, P.25)

فماذا نقصد بنظام التنقيط؟ وما هي الممارسات المتعلقة به في المؤسسات التعليمية؟ وما هي أهم الانتقادات الموجهة له؟ وكيف ينظر الفاعلون في العملية التعليمية إلى النقط المدرسية؟ سنحاول في هذا المقال الإجابة على هذه التساؤلات، وذلك بإدراج علم الامتحانات باعتباره علما شاملا ومُؤطِرا لنظام التنقيط، وتحديد مساهماته في تطوير ممارسات التنقيط في المؤسسات التعليمية.

Corresponding Author: Hasna Hdi

2 أولا: نظام التنقيط

استخدم نظام التنقيط من أجل ترتيب التلاميذ وذلك بالاعتماد على مسابقات تنافسية في جميع التخصصات داخل المدرسة، فالنقطة التي كانت تعطى لأعمال التلاميذ هدفت بالأساس إلى ترتيبهم وخلق المنافسة بينهم (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE, 1970, pp.25.26) ، حيث اعتمد اليسوعيون على ترتيب التلاميذ من أجل حثهم على العمل. وكانوا يرتبون التلاميذ من المتفوقين إلى الأقل تفوقا كما يمنحون جوائز للتلاميذ المتفوقين في كل مؤسسة تعليمية.

وقد استخدموا كوسيلة لترتيب التلاميذ حساب عدد الأخطاء في الامتحانات ثم ترتيب بعد ذلك أوراق الامتحان من الورقة الجيدة إلى الورقة الضعيفة. وكانت نتائج التلاميذ عبارة عن ملاحظات مكتوبة يتم تحويلها إلى أسرهم. بعد ذلك تم تغيير هذه الملاحظات المكتوبة بمؤشرات رقمية Indication chiffrée، واعتماد سلم يتكون من أربع مستويات: 1: حسن، 2: مستحسن، 3: ضعيف، 4: سيء.

وقد تم إدماج هذا السلم في النظام التعليمي في فرنسا إلى حدود سنة 1890 ليتم تغييره بسلم تنقيط من (0 إلى 20) (MAULINI,1996, pp.5.6)

بعد ذلك استمرت فرنسا في اعتماد التنافس بين التلاميذ من جهة، ومن جهة ثانية دعت إلى تقديم فرص النجاح إليهم جميعا وتقويم عملهم وسلوكهم عن طريق النقط، ولم تعد النقط تعني فقط تصنيف التلاميذ في القسم وإنما إعطاء قيمة لأعمالهم إما عن طريق سلم ترقيمي أو عن طريق الملاحظات أو التعليقات (MAULINI, 2002, p.33). وبالتالي أصبحت النقط وسيلة تمثل قيمة عمل التلميذ، ذلك أن المدرس يعرض قيمة عمل التلميذ، أداؤه، استثماره، فهمه وكفاءاته إما عن طريق السلم الترقيمي أو الملاحظات، لإصدار حكم ما حوله إما بهدف إعادة تنظيم التعلم أو السماح له بالانتقال إلى مستوى آخر.

2.1 تعريف نظام التنقيط:

قبل تناول تعريف نظام التنقيط وإبراز خصائصه لابد من الإشارة إلى مفهوم التقويم وذلك باعتبار التنقيط وسيلة من وسائل التقويم.

قوم في معناه الإيتيمولوجي، مستخلص من كلمة «ex valuere» وتعني « extraire de valeur»، أي استخراج قيمة الشيء. (ROEGIERS, 2010, p.44) "وقد تم تعريف التقويم "بالمسار المنهجي الذي يهدف إلى تحديد إلى أي مدى تم تحقيق الأهداف التعليمية من طرف التلاميذ" (DE LANDSHEERE, 1979, p.111)هذا التعريف الذي قدمه دولاندشير يذهب في نفس سياق التعريف الذي أعطاه رالف تايلرRalph Tyler حيث عرف أيضا "التقويم بالمسار الذي نقيس من خلاله مدى تحقق الأهداف التعليمة". (GLASMAN, 1988,p.33)

فالتقويم إذن هو "الحكم على عمل التلاميذ انطلاقا من معارفهم ومكتسباتهم في موضوع التقويم واستنتاج قدراتهم على الإنتاج المعرفي وكذلك صعوباتهم في التعلم". (DAWSON, 2013, p.107). وبالتالي فإن عملية التعليم تستلزم تقويم التعلمات لاكتشاف مكامن الضعف لدى التلاميذ والعمل على تعديلها وتطويرها، ولتحديد مقدار تحقيق الأهداف المرجوة من العملية التعليمية التعلمية.

وبالرجوع إلى التنقيط فهو يعرف "بالمقارنة التي يقوم بها المدرس بين أداء التلميذ وبين مرجع معين وفق معايير معينة" (MORISSETTE, 2002, p.288). وقد عرفه دولاندشير "بالتقدير الذي يعكس تقويم الأداء في مجال التعليم، والذي يلخص قدرات التلميذ"(DE LANDSHEERE, 1979, P.185). إنه "تركيب تقويمي عددي للأداء يمنحه المدرس بناء على سلم ترقيمي، ويكون أحيانا عبارة عن تركيب لمجموعة من النقط فتشكل معدلا لمنتوج دراسي." (LANGOUET, 1998,p.19)

والتنقيط باعتباره وسيلة تقويمية فهو منتشر في جل الأنظمة التعليمية، "حيث يتم تنقيط أعمال التلاميذ بصفة مستمرة ومنتظمة منذ التعليم الأولي إلى الدراسات العليا"(SUCHAUT, 2008, p.2) . وهو يتخذ أشكالا مختلفة وهي: النقطة وتكون مابين (0 و 10 أو 0 و 20)، والتقديرات (حسن، مستحسن، جيد)، والتنقيط حسب نظام النسب المئوية أو حسب نظام الحروف. فإما يتم استخدام النقطة وإما التقديرات وفي بعض الحالات يتم الجمع بين النقط والتقديرات في آن واحد.

فالنقطة هي الوسيلة المهيمنة في التقويم في المؤسسات التعليمية وقد عرفت نقاشات طويلة حيث اعتبر البعض "أن المؤسسة التعليمية هي مكان يقصده التلاميذ من أجل جمع النقط وليس من أجل التعلم" (LECLERCQ et autres, 2013, p. 273) ، واعتبر البعض الآخر أن "النقط تمارس نوعا من العنف على التلاميذ وفي نفس الوقت تولد العنف بينهم، وبعض الدول كفرنسا عمدت سنة 1969على إلغاء النقط من التعليم المدرسي الأولي وتعويضها بالملاحظات أو التقديرات أو التعليقات مثل: متوسط، جيد، جيد جدا، كاف، غير كاف، أو استعمال سلم الحروف مثل: A,B,C,D,E"(GIMONNET, 2007, P.15.16) .

والتنقيط عن طريق الملاحظات أو التعليقات أو التقديرات له أيضا ايجابياته وسلبياته، حيث أن الملاحظات إذا كانت سلبية فهي تعطي صورة سلبية لذات التلميذ وتكون سببا في سوء تقديره لنفسه ولكفاءاته. أما إذا كانت إيجابية فهي تقوي لديه الإرادة في العمل والنجاح (HESSE, p.2).

2.1.1 بعض المفاهيم المرتبطة بمجال التنقيط.

لا بد أيضا من الإشارة إلى بعض المفاهيم ذات الصلة بمفهوم التنقيط من أجل فهمها وإبراز أوجه الاختلاف بينها، وهي:

- La docimatique, (THERER, 1999, p.4) : وتعني تقنيات الامتحانات، الهدف منها هو معرفة كيفية بناء وتطبيق وتصحيح الامتحانات.
- Doxologie (THERER, 1999, p.4): دراسة منهجية للدور الذي يلعبه التقويم في التعليم مثلا دراسة التأثيرات التحفيزية لمختلف أنواع الاختبارات وكذا دراسة ردود الفعل العاطفية للمتعلمين.
- القياسMesure (ROEGIERS, 2010, p.54): هو المسار الذي من خلاله نعطي تقديرا لشيء ما وفق قواعد محددة. والقياس هو دائما كمي.
- المراقبة Contrôle (ROEGIERS, 2010, p.54) : هي عملية تهدف إلى التحقق من التباعد بين وضعية معينة وبين معيار معين أو نتيجة متوقعة.
- الحكم Jugement (ROEGIERS, 2010, p.55) :هو العملية التي يقوم من خلالها الشخص بإعطاء وجهة نظر، أو رأي أو إصدار حكم معين.

2.2 العناصر المكونة لنظام التنقيط:

2.2.1 الأسر

تحتل الأسر مكانة مهمة في النظام التعليمي، فهي "تلعب دورا كبيرا في مساعدة المدرسين في مهامهم وفي تعليم أبنائهم، وتتجلى مساعدتهم للمدرسين في مجموعة من الأنشطة: كالمساعدة في الحياة المدرسية والمشاركة في إدارة المؤسسة في إطار ما يسمى بجمعيات الآباء" (GEORIS, 1987-1988, p.10)، وبالإضافة إلى ذلك فهي تعد محركا أساسا في نظام التنقيط.

فكما أشار بيرينود (PERRENOUD, 1998, P.172)، يشكل نظام التنقيط رابطا قويا بين أسر التلاميذ والمؤسسات التعليمية، ويعتبر مرجعا أساسيا ومؤشرا مهما يلخص الوضعية التعلمية للتلاميذ من جهة، ويساهم في تنظيم العلاقات بين الأسر والمؤسسات التعليمية وليس فقط في تنظيم التعلم من جهة ثانية. فنظام التنقيط بأنواعه وخصائصه، يعتبر إجراءا واضحا بالنسبة للأسر الذين يشاركون من خلاله المؤسسات التعليمية في مهامها خاصة المتعلقة بالتقويم والتنقيط، فالأسر التي تكون على صلة مستمرة مع المؤسسة التعليمية وتشارك عن قرب في تعلم أبنائها، تستفسر دائما حول النقط التي حصلوا عليها خاصة إذا كانت نقطا سيئة فهي تسعى إلى فهم أسباب حصولهم على النقط السيئة ومحاولة التدخل عن طريق حصص الدعم. لكن هل النقطة هي الوسيلة الوحيدة لإبلاغ الأسر عن الوضعية التعلمية لأبنائهم؟

هناك بعض المدرسين يعتمدون في نظامهم للتنقيط على التقارير المكتوبة التي تلخص نقط القوة ونقط الضعف الخاصة بكل تلميذ والتي يتم إرسالها إلى الأسر في نهاية الوحدة أو الدورة الدراسية. هذه التقارير هي مهمة جدا خاصة وأنها غالبا ما تعبر بشكل واضح ومفصل عن الصعوبات التعلمية التي يواجهها التلاميذ في بعض المواد، إلا أنها رغم ذلك تبقى محدودة وغير معبرة بالنسبة للأسر التي يكون مستواها اللغوي والفكري محدودا، وبذلك تبقى النقطة la note chiffrée هي الوسيلة العملية الأكثر تعبيرا عن المستوى التعليمي لأبنائهم.

هناك مجموعة من التساؤلات يطرحها نظام التنقيط المستعمل من طرف المدرسين بالنسبة لأسر التلاميذ مثل: هل منح نقطة معينة -جيدة كانت أو سيئة- بدون ملاحظات مكتوبة يتيح إمكانية فهم دلالة هذه النقطة بالنسبة للأسر؟ وهل النقطة السيئة التي يحصل عليه التلميذ تعبر للأسر عن صعوبات التعلم التي يواجهها التلميذ أم تعبر عن فشله في مادة معينة؟ هذه التساؤلات تشير إلى أن التنقيط يجب أن يمزج بين النقطة (20/13على سبيل المثال)، وبين الملاحظات المكتوبة (عمل جيد أو عمل غير كاف أو غيرها) التي تفسر معنى النقطة التي حصل عليها التلميذ، هذه العملية تمكن الأسر من فهم ما تعكسه النتيجة التي أحرز عليها أبنائهم.

فنظام التنقيط يمكن الأسر من تتبع تطور المعارف لدى أبنائهم، سواء كانت هذه الأسر ذات مستوى معرفي جيد أو متوسط، وهو الطريقة المثلى للحصول على المعلومات بخصوص تقدم مستوى تعلم أبنائهم. وبالتالي فإن هذا النظام له مجموعة من الامتيازات التي تخدم الأسر فهو بالنسبة لهم (PERRENOUD, 1998, p.173) :

- نظام عادل مادام جميع التلاميذ يخضعون نفس الامتحان ولنفس خصائص التصحيح والتنقيط المعتمدة من طرف المدرس.
- نظام سهل وعملي لإخبار الأسر دون الحاجة إلى معرفتهم لتفاصيل البرنامج الدراسي
- نظام مقنع بالنسبة للأسر خاصة أن العمل الجيد يكافأ عليه التلميذ بنقط جيدة والعمل الضعيف يعاقب عليه بالنقط السيئة.

كما أن سلوك الأسر ومواقفهم تجاه النقط التي يحصل عليها أبنائهم سواء كانت عبارة عن دعم أو تحفيز أو تشجيع، أو ضغط أو توبيخ، فهي تؤثر بشكل واضح على أدائهم:

- هناك بعض الأسر تتخذ النقط كمؤشر حقيقي للمستوى التعليمي لأبنائهم حتى إذا كانت ضعيفة فهي لا تعبر إلا عن كفاءاتهم.
- هناك بعض الأسر تضغط على أبنائها من أجل الحصول على نقط مرتفعة
- هناك بعض الأسر تولي أهمية كبيرة لمقارنة النقط التي حصل عليها أبنائهم ونقط التلاميذ الذين يدرسون معهم مما يجعلهم يعيشون توترا وخوفا من الحصول على نقط أقل من نقط زملائهم في القسم.
- هناك بعض الأسر غائبة بشكل تام عن المؤسسات التعليمية وعن تتبع المسار الدراسي لأبنائهم لأسباب مختلفة.

هذه الأمثلة المختلفة لسلوك الأسر تجاه نظام التنقيط تولد مواقف وتمثلات مختلفة للتلاميذ تجاه العملية التعليمية بشكل عام وتجاه عملية التنقيط بشكل خاص.

2.2.2 التلاميذ

باعتبار التلميذ هو "مركز العملية التعليمية فالمكانة التي يحتلها تتوقف على شخصيته وعلى ما تتيحه له التصورات البيداغوجية للمدرسين. هؤلاء المدرسين يشكلون جزءا من مؤسسة تخضع لتأثيرات مختلفة، ويواجهون تيارات تعليمية متضاربة أحيانا"(GEORIS, 1987-1988.p.8.9) . ويعتمدون في تدريسهم وتقويمهم للتلاميذ على طرق ووسائل مختلفة ومتعددة، فحسب المؤسسة التعليمية أو حسب المدرس يتم اختيار نظام تنقيط معين من أجل تقويم التلاميذ. فالتنقيط يندرج في إطار التقويم التكويني والختامي ويهدف إلى "تحسين وتوجيه ومراقبة عملية التعلم لدى التلاميذ، فمن جهة يتيح إمكانية تنظيم التعلم والتميز بين طرق التعليم وفقا للإيقاعات المختلفة لدى التلاميذ، ومن جهة ثانية، النقطة التي يحصل عليها التلميذ تلعب دورا كبيرا في تكوينه ودعمه معرفيا بحيث يتمكن من تحديد أخطائه وفهمها والتالي تفادي ارتكابها في الامتحانات الأخرى" (WEISS, 2013,p.3)

وفي إطار تنظيم التعلم بالنسبة للتلاميذ، هناك بعض الأنظمة التعليمية ككندا واستراليا والولايات المتحدة، التي تعتمد في نظامها للتنقيط على Portfolio الذي يمكن من تعزيز التقويم الذاتي لدى التلاميذ، وقد تم تعريفه من طرف" أرتر وسباندیل "Arter et Spandel، "بمجموع أعمال التلميذ التي تقدم نظرة عامة حول أداءه ومجهوداته وتقدمه في مادة أو في مجموعة من المواد، ويتم صياغة Portfolio بمشاركة التلميذ الذي يختار رفقة المدرس العناصر المكونة والمبادئ الموجهة له والتي يتم اتخاذها بعين الاعتبار من أجل الحكم على إنجازاته، ويتضمن أيضا أمثلة على التنظيم الذاتي للتعلمات لدى التلميذ" (J. ARTER et V. SPANDEL, 1992, P.36).

"وقد أجريت في جنيف تجربة حول Portfolio ل24 تلميذ ما بين (10 و12سنة)، وبينت نتائج التجربة أن هؤلاء التلاميذ تمكنوا من تعلم اختيار الأعمال التي تظهر نقط القوة ونقط الضعف لديهم وتبرير اختيارهم، وتحليل أنشطتهم المدرسية ومناقشة أرائهم مع المدرسين، كما بينت النتائج أيضا أن هذا الملف طور لديهم الاستقلالية في تنظيم زمن التعلم حسب قدراتهم وإيقاعاتهم"(WEISS, 2013, p.4).

2.2.3 المدرسين:

إن مهمة المدرسين ,(GEORIS, 1987-1988. P.9) هي مهمة معقدة فهم:

أ- يقومون بتنظيم أنشطة التعلم أي أنهم يحددون الأهداف العامة والأهداف الخاصة للتعلم ويضعون تسلسلا لتقدم التعلمات، ويتنبؤون بأنواع وأصناف التغذية الراجعة لهم وللتلاميذ، هذا كله يعني أنهم يخططون تعليمهم. وقد وصف Clark et Lampert التخطيط ب"المرحلة التي يخطط فيها المدرس لتدريسه وهي محدد رئيسي لما سيتم تدريسه في القسم. خلال هذه المرحلة، يتم تحويل المناهج النظرية وتكييفها من خلال إضافة وحذف وتفسير العناصر، ويقرر المدرس الإيقاع الذي سيعتمده في درسه [..]، ويحدد الوقت المخصص لكل مادة"

ب- المدرس ليس عبارة عن آلة للتدريس بل هو إنسان ويمكن من خلال مواقفه، أن يكون محركا أو عقبة أمام تقدم التلميذ وتعلمه. وبعبارة أخرى، فإنه يتدخل في العملية التعليمية ليس فقط على المستوى العلائقي وإنما بكل شخصيته العاطفية والاجتماعية والقيمية. علاوة على ذلك، المدرسون ليسوا وحدهم، إنهم على اتصال مع مجموعات لديها ديناميكاتها ومع تلاميذ، لكل واحد منهم شخصية خاصة به وتاريخ خاص وقيم خاصة. وبالتالي فإن نجاح مهمتهم تتوقف على قدرتهم على التنظيم والتخطيط أكثر من قدرتهم على نسج علاقات مع الأفراد.

بالإضافة إلى مهمة التخطيط هناك أيضا مهمة التنقيط التي هي بالنسبة للمدرسين تعبير عن رأيهم حول أداء التلاميذ ويكون تحت مسؤوليتهم الكاملة، فهم الذي يحددون موضوع الامتحان زمنه ومدته ويختارون نوع الأسئلة ويرتبونها حسب الأهمية، ويختارون سلم التنقيط والنقطة الخاصة بكل سؤال، كما يحددون معايير الحكم الذي يتخذومه من خلال التصحيح، ولذلك فإن نوع التنقيط الذي ينهجه المدرسون يعكس طريقتهم في التدريس.

ويلعب التنقيط دورا مهما بالنسبة للمدرسين في تتبع ومراقبة تعلم التلاميذ خلال فترة معينة من التعليم، كما يشكل "وسيلة تواصلية بين المدرسين، فهو يسمح لهم بتبادل المعلومات حول المعارف والقدرات، ومواقف التلاميذ المتعلقة بالتعلم فيما يخص الأهداف"(MORISSETTE, (1996, p.106)

2.3 أنواع نظام التنقيط

يشترط في النقطة التي يمنحها المدرس أن تكون بسيطة ومقتضبة رغم أنها تعد نتاجا لعمليتين معقدتين وهما؛ التصحيح والتنقيط، وذلك لكي يسهل على الأشخاص المتلقين لهذه النقطة، خاصة منهم الآباء، استخلاص المعلومات التي تم تمريرها من خلالها. وبناء على هذين الشرطين تختار كل مؤسسة تعليمية أو كل مدرس نظام التنقيط الذي يناسب منهجيته في التعليم. فيما يلي سنقدم "أنواع نظام التنقيط" ,(MORISSETTE, 1996, p.112-115)، التي يمكن استخدامها من طرف المدرسين.

2.3.1 نظام التنقيط بالأرقام SYSTÈME DE LA NOTATION CHIFFRÉE

يعد نظام التنقيط الأرقام الأكثر استعمالا في الأنظمة التعليمية، ويقوم على اختيار سلم للتنقيط يكون إما بين 0 إلى 10 والمعدل يكون هو5، أو 0 إلى 20 والمعدل يكون هو10، وهو نظام سهل وواضح بالنسبة لأسر التلاميذ وللتلاميذ أيضا، بحيث يعتبرونه مؤشرا على وضعية التلميذ التعليمية. وقد تعرض هذا النظام إلى انتقادات عديدة وذلك باعتبار أن "النقطة التي يحصل عليها التلميذ تلخص القيمة الاجتماعية التي منحها له المدرس ولا تعكس بشكل جيد كفايات التلاميذ."(GOTTLOBER-RAOUAFI.2015. p.15),

2.3.2 نظام النسب المئوية SYSTÈME DU POURCENTAGE

إن استعمال نظام النسب المئوية ينبني على فرضيتين وهما: الفرضية الأولى تقول؛ أن المدرس يمكنه أن يقوم بتنقيط ورقة الامتحان بدقة باستخدامه لكل الفئات من 0 إلى 100، والفرضية الثانية تقول؛ أن النقطة التي يمنحها المدرس والمتعلقة بالأهداف والمهارات التي تم اكتسابها من طرف التلاميذ تكون دقيقة ومناسبة لمقياس النسب المئوية.

أحيانا يضيف بعض المدرسين التقديرات إلى النسب المئوية مثل: من% 90 إلى% 100: ممتاز، من% 80 إلى% 90 : جيد جدا، من% 70 إلى% 80 : مقبول، من 60% إلى% 70 : بالكاد مقبول، أقل من% 60 : فشل، أو يجمعون بين النسب المئوية وبين النظام الحروف مثل:

من% 93 إلى% 100 = A	من% 91 إلى% 100 = A+	من% 70 إل% 72 =C
من% 85 إلى% 92 =B	من% 88 إلى% 90 =A	من% 67 إلى% 69 =C-
من% 78 إل% 84 =C	من% 85 إل% 87 =A-	من% 64 إلى% 66 =D+
من% 70 إلى% 77 =D	من% 82 إلى% 84 =B+	من% 60 إلى% 63 = D
من% 0 إلى% 69 =F	من% 97 إلى% 81 =B	من% 0 إلى% 59 = F
أو	من% 76 إلى% 78 =B-	
	من% 73 إلى% 75 =C+	

2.3.3 نظام التقديرات SYSTÈME D'APPRÉCIATIONS

يستعمل بعض المدرسين نظام التقديرات للتعبير عن مستوى أداء التلميذ ووضعيته التعليمية، ويستخدمون في النتائج الحروف الأولى للتقديرات كاختصار لما تعنيه وما تعبر عنه، وكمثال على ذلك:

- O= Résultat supérieur ou Optimum	نتائج متفوقة، مثالية
- C= Résultat adéquat ou Cible	نتائج مناسبة، موجهة نحو الهدف
- S= Résultat tout juste suffisant, au Seuil	نتائج كافية، على عتبة النجاح
- I = Résultat inadéquat ou échec	نتائج غير ملائمة أو فشل

2.3.4 نظام الحروف SYSTÈME ALPHABÉTIQUE

بالنسبة لنظام الحروف فهو منتشر أيضا بين بعض المدرسين الذين يختارونه من أجل تقويم أعمال التلاميذ، وهو غالبا ما يتكون من 5 حروف؛ A-B-C-D-F، كل حرف يترجم التقديرات أو الميزات التي حصل عليها التلميذ مثلا:

A = جيد B = أكثر من المتوسط C = متوسط D = أقل من المتوسط F = غياب تام للمجهود	أو	A = عمل مشرف B = عمل جيد عموما C = عمل مقبول D = عمل لم يتم بشكل جيد F = غير كاف

وأحيانا يتم استخدام هذه الحروف للتعبير عن وضعية التلميذ فيما يتعلق بقدراته، وأيضا للتعبير عن مستواه بين بقية التلاميذ في القسم، فتكون على الشكل التالي:

تقدم التلميذ فيما يتعلق بقدراته	**ستوى التلميذ بين بقية التلا يذ**
A = قام بعمل ممتاز حسب قدراته	A = فوق المتوسط بشكل جيد
B = قام بعمل جيد حسب قدراته	B = فوق المتوسط
C = قام بعمل متوسط أو قام بما طلب منه	C = متوسط
D = قام بعمل أقل مما نتوقع	D = أقل من المتوسط
F = لم يتقدم	F = أقل من المتوسط بكثير

هذا النظام يوصى به كثيرا لأنه يشكل حافزا للتلاميذ، فمن خلاله يتلقى التلميذ المجتهد تأكيدا على مجهوداته المتمثلة في نتائجه الجيدة، أما التلميذ الضعيف أو المتوسط فهو يضاعف مجهوداته من أجل النجاح.

2.4 وظائف نظام التنقيط

يتيح نظام التنقيط مجموعة من المعلومات التي تهم: 1) المدرسين الذين يطلعون من خلاله على الوضعية البيداغوجية والديداتيكية لحصصهم الدراسية، وعلى المستوى العام للتلاميذ،2) التلاميذ الذين يتمكنون من معرفة مستوى تقدم معارفهم ومكتسباتهم حيث أن التنقيط يلعب دورا مهما في تقويم المكتسبات التي تختلف حسب المواد المدرسة وحسب وضعيات التقويم. بالإضافة إلى أنه يشكل وسيلة تواصلية بين الأسر والمؤسسات التعليمية. والتنقيط له قيمة مزدوجة: فهو تشخيصي يساعد على ترتيب التلاميذ حسب المستويات، وإخباري يساعد في التوجيه البيداغوجي,(DANVERS, 2003, p.405)

2.4.1 الوظيفة البيداغوجية

الوظيفة البيداغوجية لنظام التنقيط عند "مكاريو"Maccario ,(MACCARIO, 1996) تتجلى في كون النقطة تستخدم فقط داخل المؤسسة التعليمية كحافز على التعلم وعلى تقدم التلاميذ، وسواء كانت النقطة تلخص ثمرة عمل التلميذ أو تشجعه على تحسين وضعيته من خلال تحديد التقدم الذي أحرزه، فإن وظيفة النقطة البيداغوجية هي حث التلميذ على الاستمرار والسعي إلى التعلم وبذل المجهول من أجل النجاح. وباعتبار النقطة مصدرا للتحفيز فإنها تهدف إلى مضاعفة التزام التلميذ بالتعلم. وهنا يمكن الإشارة إلى الدراسة التي قامت بها الباحثة "Sabrina Romailler" (ROMAILLER, 2014) سنة 2014 حول "التلاميذ في مواجهة النقط المدرسية: هل هي مصدر للتحفيز من أجل التعلم؟"، والتي أبانت نتائجها على أن 96 % من التلاميذ تشكل النقط بالنسبة لهم محفزا للتعلم، وهي مهمة وأساسية لهم من أجل النجاح في المدرسة، وأن 4 % من التلاميذ لا تشكل النقط مصدرا للتحفيز بالنسبة لهم وإنما اهتمامهم بالمادة الدراسية وإعجابهم بها هو الذي يحفزهم على التعلم.

على عكس "مكاريو"، يشير "كلاباريد" (Claparède, 1913) إلى أن النقطة بعيدة كل البعد على أن تكون حافزا للتعلم بالنسبة للتلميذ، وقد اعتبرها عائقا للتعلم لأنها تشكل تهديدا مستمرا للتلميذ، ولأن ما يدفعه للتعلم هو الخوف من الحصول على نتائج سيئة. وهنا يطرح كلاباريد هذا التساؤل: هل التعلم تحت تأثير الخوف من الفشل يعد حقا تعلما؟ في هذه الحالة يصبح هم التلميذ هو الحصول على النقط الجيدة والنتائج الحسنة وليس التعلم ويعمل فقط من أجل تفادي الحصول على نقط سيئة، وهنا يخرج التعلم عن هدفه الأسمى وهو التنمية المعرفية والسلوكية. ويضيف كلاباريد أن العمل المكثف والشاق لا يساهم في التطور الفكري وتنمية القدرات الحقيقية للتلميذ وإنما يكون سببا في إحباطه وفشله.

2.4.2 الوظيفة الاجتماعية

تخرج النقطة عن سياق المدرسة ليتم مشاركتها مع أشخاص آخرين كالأسر، وتهدف إلى تحديد النتائج التي حصل عليها التلميذ. هنا يشير مكاريو إلى أن النقطة تعرض أداء التلاميذ في كل المواد والتخصصات وتقدم ملخصا عاما لقدراتهم في هذه المواد في نهاية الدورة أو الوحدة، كما تقدم النقطة للأسر بمثابة تقرير عن عمل أبنائهم. ويعتبر كلاباديير أن الوظيفة الاجتماعية لنظام التنقيط قائمة أساسا على "الإخبار" Renseignement ويتفرع عنها عنصرين مهمين وهما:

أ- قياس معارف التلاميذ وتقدمهم: حيث تشكل النقطة مرجعا أساسيا بالنسبة للأسر والمدرسين والتلاميذ، وتكمن أهميتها في كونها تخص بالدرجة الأولى التلاميذ وتسمح لهم بتنظيم تعلمهم. فهي توفر لهم المؤشرات المهمة التي تأخذ بعين الاعتبار مستوى فهمهم واستيعابهم واكتسابهم لمادة معينة. وهذا يمكنهم من تطوير مكامن الخلل في سيرورة تعلمهم.

ب- قياس سلوك التلاميذ: أي قياس مدى التزامهم بالتعلم وتحديد اتجاهاتهم ومواقفهم تجاه ما تعلموه.

2.4.3 وظيفة الانتقاء

تهدف وظيفة الانتقاء حسب كلاباريد أساسا إلى انتقاء التلاميذ وتحديد المتميزين منهم والضعفاء في التعليم، وهنا يؤكد كلاباريد على ضرورة دعم التلاميذ الذين يواجهون صعوبات في التعلم بدل الحكم عليهم كونهم غير مؤهلين للانتقال إلى المستوى الموالي لأنهم حصلوا على نقط سيئة، لأن النقط لا تعتبر معيارا أساسيا يمكن الاعتماد عليه من أجل اتخاذ قرار عدم انتقال التلميذ إلى المستوى الموالي. ويضيف أن مهمة ومسؤولية المدرس لا تقتصر فقط على تعليم التلاميذ وتلقين مجموعة من المعارف لهم، وإنما أيضا تتبع ومواكبة التلاميذ الذين لا يتبعون الإيقاع العام للقسم في التعلم.

وقد أشار برينود (Perrenoud,1984.p15) في كتابه "صناعة التميز المدرسي" «la fabrication de l'excellence scolaire»، أثناء حديثه عن تراتبية التميز « l'hiérarchie d'excellence»، إلى أن النقطة تعكس لكل تلميذ قيمته التعلمية، وأنه انطلاقا من الأداء والعمل اليومي يحصل المدرس على صورة عامة حول التميز المدرسي الخاص بكل تلميذ، كما يحصل على تقرير حول الفشل أو النجاح في الفصل أو في السنة الدراسية يضم مجموعة من التعليمات التي توجه لأسرة التلميذ وتوضع في السجلات الإدارية للمدرسة، وفي حالة فشل التلميذ يتم اتخاذ بعض القرارات في حقه كتخصيص حصص للدعم والتقوية في المواد التي يواجه فيها صعوبات معرفية.

3 ثانيا: ساهمات علم الامتحانات في نظام التنقيط.

اهتم علم الامتحانات في البداية بالامتحانات والتوجيه المدرسي والمهني، فالامتحانات هي بعيدة كل البعد على أن تكون ممارسة حديثة العهد في المدرسة، حيث كانت موضع انتقاد منهجي منذ حوالي 1930. إلا أنها أثارت، قبل ذلك التاريخ، العديد من المحاولات لجعل تصنيفها موضوعي. وقد أسس عالم النفس "هينري بيرون" بعد ذلك الضوابط الموجهة لدراسة الامتحانات التقليدية وأعطاها اسم علم الامتحانات (PIERON, 1969, p.105) ، وعرف هذا الأخير "بالدراسة المنهجية والشاملة للامتحانات؛ طريقة التنقيط، الاختلافات بين المصححين، وعوامل الموضوعية في التصحيح"(C. GIRAUDEAU, G.CHASSEIGNE, 1970, p.27)

فظهور علم الامتحانات كان نتيجة لمجموعة من الدراسات والأبحاث التي قام بها هنري بيرون مع مجموعة من الباحثين أمثال وينبرج Weinberg، هنري لوجيي Henri Laugier وآخرون، حول الامتحانات الكتابية والشفهية، والمبارايات الانتقائية ووضعيات وشروط الانتقاء، واتجاهات وسلوك المقومِين (المدرسين المصححين)، واتجاهات وسلوك المُقومين (التلاميذ، الطلبة، المترشحين لاجتياز مباراة معينة)، وكل ما يخص عمليات التصحيح (PIERON, 1969) .

وكانت أول دراسة أدت إلى بروز علم الامتحانات بين سنة 1930 و1931 قام بها كل من المعهد العالمي لجامعة كلومبيا والباحثان لوجيي ووينبرج، وهي دراسة تمحورت حول التعدد في التصحيح(la multi-correction) ، وتناولت بشكل خاص دراسة وتحليل نقط البكالوريا سنة 1932 بأكاديمية باريس- فرنسا حيث تم نسخ 100 ورقة امتحان إلى 6 نسخ وتم تصحيحها من طرف 6 مصححين بشكل مستقل. وقد أظهرت النتائج وجود اختلافات كبيرة بين المصححين حيث وصل التباعد في النقط التي منحت للورقة الواحدة إلى 10 نقط. (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE. 1970, p.27)

جدول1 : التوافق والاختلاف بالنسبة لتصحيح 100 ورقة امتحان حسب دراسة لوجيي وونبرج:

المواد Disciplines	أوراق رفضت من طرف جميع المقومين Refusés par tous les évaluateurs	أوراق قبلت من طرف جميع المصححين Admis par tous les évaluateurs	أوراق قبلت من طرف البعض ورفضت من طرف آخرين Admis par certains et refusés par d'autres
الفرنسية	**21**	**9**	**70**
اللاتينية	**40**	**10**	**50**
الانجليزية	**37**	**16**	**47**
الرياضيات	**44**	**20**	**36**
الفلسفة	**9**	**10**	**81**
الفيزياء	**37**	**13**	**50**

المصدر: حسب دراسة لوجيي ووينبرج : (NOIZET, CAVERNI, 1978)

وأكد الباحثان أن المصححين لم يمنحوا نفس النقطة لنفس ورقة الامتحان، وقد وضحا التباعد الذي عرفته كل مادة من المواد التي تم تصحيحها على الشكل التالي: 13 بالنسبة للفرنسية، 12 للاتينية، 9 للإنجليزية، 9 للرياضيات، 8 للفيزياء. هذه النتائج يمكن مقارنتها بالنتائج التي حصل عليها بونيول Bonniol الذي تناول بالدراسة والتحليل 26 ورقة امتحان تم تصحيحها من طرف 18 مصحح، والتي أبانت على أن ورقتين حصلتا على نقطة تساوي المعدل 20/10 وهما الورقة رقم 11 ورقم 23 أي نجاح تلميذين فقط في الامتحان، أما التلاميذ الآخرين (24 تلميذ) نجاحهم أو فشلهم كان رهينا بالمصحح. سنعرض في الجدول التالي التباعد في النقط التي أعطاها 18 مصحح ل 26 ورقة امتحان في مادة الإنجليزية:

جدول2: النقط القصوى التي تم□نحها□ن طرف 18□صحح ل 26 ورقة □تحان في□ادة الإنجليزية حسب دراسة بونيول Bonniol

رقم ورقة الا□تحان	النقطة الأدنى الممنوحة□ن طرف المصحح	النقطة القصوى الممنوحة□ن طرف المصحح	التباعد بين النقط القصوى والنقط الأدنى
1	8	14.5	6.5
2	8	16	8
3	8	16	8
4	5	12	7
5	7	15.5	8.5
6	7	16	9
7	0.5	10	9.5
8	5	14	9
9	7	15	8
10	2	15	13
11	10	15	5
12	8	14	6
13	6	15	9
14	6	17	11
15	3	13	10
16	9	16.5	7.5
17	4.5	15	10.5
18	2.5	15	12.5
19	2	13	11
20	7	15.5	8.5
21	6	12.5	6.5
22	5	13.5	8.5
23	10	13	3
24	9	16	7
25	4	15	11
26	4	14.5	10.5

المصدر: حسب دراسة بونيول: (NOIZET, CAVERNI, 1978)

وكان الهدف من هذه الدراسات والأبحاث حول التعدد في التصحيح هو مقارنة توزيع النقط بين المصححين حسب الخصائص الرئيسية، وهي مقارنة المعدلات comparaison des moyennes مقارنة التشتتات comparaison des dispersion، ومقارنة الترتيبcomparaison des classements.

3.1 علم الا□تحان النقدي: LA DOCIMOLOGIE CRITIQUE

إن تطور علم الامتحانات والتساؤل حول النقط المدرسية يرجع تاريخه إلى بداية القرن العشرين. ففي سنة 1910عملت الولايات المتحدة على نهج طريقة (الأسئلة المتعددة الاختيارات) في اختبارات الانتقاء لضمان الموضوعية وكذا ردا على الصعوبات التي يعرفها نظام التنقيط. أما في فرنسا سنة 1922 فقد حاول هينري بييرون معالجة المشاكل التي تتعلق بالتنقيط. ومنذ سنة 1929 وهو يثير الانتباه إلى مسألة نظام التنقيط. (LECLERCQ et autres, 2013, p.273),

وقد اهتمت الأبحاث الأولى لعلم الامتحانات بمسألة العدالة والمصداقية في النقط أكثر من اهتمامها بقيمة النقطة خاصة فيما يتعلق بتوجيه التلاميذ مدرسيا ومهنيا. كما اهتمت أيضا بدراسة الطرق المستخدمة في تصحيح أوراق الامتحان وعوامل الاختلاف أو مصادر الأخطاء في التنقيط والتصحيح.

3.1.1 الطرق المستخد□ة في تصحيح أوراق الا□تحان.

الطرق المستخدمة في تصحيح أوراق الامتحان ترتكز على مجموعة من الإجراءات التي تختلف حسب نوع وضعيات التنقيط (LECLERCQ et autres, 2013, p.275),

أ- تصحيح نفس ورقة الامتحان من طرف نفس المصحح في أوقات مختلفة: هذا يسمح بقياس استقرار التصحيح الداخلي *Mesurer la stabilité intra-correcteurs;*

ب- تصحيح نفس ورقة الامتحان من طرف مجموعة من المصححين : هذا يتيح إمكانية قياس الانسجام بين المصححين *La concordance inter-correcteurs*

ت- وضع نفس ورقة الامتحان بين مجموعة من أوراق الامتحان في وضعيات مختلفة (الأوراق الجيدة والأوراق الضعيفة) لقياس تأثير التباين أو التسلسل *Mesurer l'effet de contraste ou de séquence*

ج- تصحيح نفس ورقة الامتحان من طرف مجموعة من المصححين مما يتيح إعطاء مجموعة من المعلومات حول التلميذ وحول نقطه السابقة.

3.1.2 العوامل المؤثرة في تصحيح أوراق الامتحان:

لدراسة عوامل الاختلاف أو مصادر الأخطاء التي تدخل في عملية التنقيط، حدد الباحثون في علم الامتحان ثلاث مصادر أساسية تهم: موضوع التقويم والمدرس المصحح والتلميذ.

3.1.2.1 المادة الدراسية موضوع التقويم:

تعتبر المادة الدراسية موضوع التقويم عنصرا مهما في عملية التقويم بشكل عام، وتكمن أهميتها في كونها المصدر الأساسي الذي يتيح مجموعة من المعلومات حول التعلمات التي اكتسبها التلاميذ خلال الوحدة أو السنة الدراسية، وهي بذلك تشكل أول متغير مشوش في عمليتي التصحيح والتنقيط، ويرجع ذلك إلى "مستوى صعوبة أسئلة التقويم (أسئلة الحفظ، أسئلة تركيبية أو مبنية على التفكير)، ونوعها (كتابي أو شفهي، فردي أو جماعي، نص مقالي أو أسئلة متعددة الاختيارات) وإلى متطلبات المصحح" (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE,1970., p.28) .

في نفس السياق، ذكرت"أنا بونبواغ" أيضا في كتابها "علم الامتحانات" أن" هناك اختلافات كبيرة بين المواد تتعلق بالأهداف المتوخاة من تقويمها من جهة، وبنوع المادة من جهة أخرى، فالمواد التي تعتمد على الحفظ تختلف على المواد التي تعتمد على التفكير المنطقي كالرياضيات سواء من حيث الأهداف أو من حيث طرق التنقيط، بالإضافة إلى ذلك هناك التباين الكبير الذي يكون بين الاختبارات الشفهية والكتابية بالنسبة لنفس المادة" .(BONBOIR. 1972, p.117) .

ويعد السياق العام للمدرسة أيضا عنصرا مشوشا في التصحيح ويجب أخذه بعين الاعتبار في عمليات التنقيط، حيث أن هذا الأخير يؤثر على عمليات وإجراءات التقويم بشكل عام، كما تؤثر قاعات الدرس التي يتواجد فيها التلميذ بشكل خاص. فقد أشار جريساي Grisay في بداية القرن العشرين إلى "قانون بوستموس" Loi de Posthumus، الذي يوضح "أن السياق العام لقاعة الدرس يلعب دورا كبيرا في تقويم التلميذ، حيث أنه يمكن تقويم تلميذ ما كأحسن تلميذ من طرف مدرس معين في حين يمكن لنفس التلميذ أن يكرر سنته الدراسية إذا تم تقويمه من طرف مدرس آخر، يعني أن ذلك لا يتعلق بأداء التلميذ الخاص وإنما بأدائه بين بقية التلاميذ، فالمدرس يقوم أداء التلميذ وفقا للأداء العام لمجموع التلاميذ (LECLERCQ et autres, 2013, p.275).

وقد أشار دولاندشير أيضا إلى "قانون البوستوموس" Posthumus بخصوص توزيع النقط بين التلاميذ وعرفه على الشكل التالي: "يميل المدرس إلى تعديل مستوى تعليمه وتقييماته لأداء التلاميذ بطريقة تجعله يحافظ على نفس توزيع النقط سنة بعد أخرى وعلى نفس النسبة المئوية من الفشل أي 25% من التلاميذ مستواهم ضعيف، 50% مستواهم متوسط، و25% مستواهم جيد." (De LANDSHEERE, 1979, p.167), في هذه الحالة يتم توزيع النقط حسب "منحنى غوس Courbe de Gauss" الذي يمثل تردد نتائج عينة معينة حول المعدل ويتم استخدامه بحساب المعدل La moyenne والانحراف المعياري l'écart type، فتكون النقط المتوسطة في مركز المنحنى بينما النقط الجيدة والضعيفة في جانبي المنحنى.

وقد تم استخدام هذا المنحنى لتمثيل النتائج التي حصل عليها لوجيي ووينبرغ في الدراسة التي كانت حول تحليل نقط البكالوريا والتي خصت دراسة التباعد بين نقط مادة الفرنسية. حيث تم تصحيح 3 أوراق امتحانات لمادة الفرنسية من طرف 76 مصحح: فبالنسبة لورقة الامتحان الأولى، كانت أدنى نقطة تم منحها هي 1 وأعلى نقطة هي 13 أي تباعد ب12 نقطة [معدل يساوي 6.48 والانحراف المعياري 2.30]، وبالنسبة لورقة الامتحان الثانية، أدنى نقطة كانت هي 3 وأعلى نقطة كانت هي 16 أي تباعد ب 13 نقطة [المعدل يساوي 10 والانحراف المعياري يساوي 2.60]، أما بالنسبة لورقة الامتحان الثالثة، فقد كانت أدنى هي 4 نقطة وأعلى نقطة هي14 أي تباعد ب 10 نقط [المعدل يساوي 8.60 والانحراف المعياري يساوي 2.27] (NOIZET, CAVERNI, 1978, p.44).

جدول3: توزيع النقط بالنسبة لنفس ورقة الامتحان (النسخة الأولى) من طرف 76 مصحح

النقط	1- 0	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13
عدد المصححين	1	6	20	34	10	3	2

المصدر: (PIERON, (1969, p.123)

ويمثل المنحنى أسفله، توزيع النقط حسب منحنى غوس بالنسبة للنسخة الأولى:

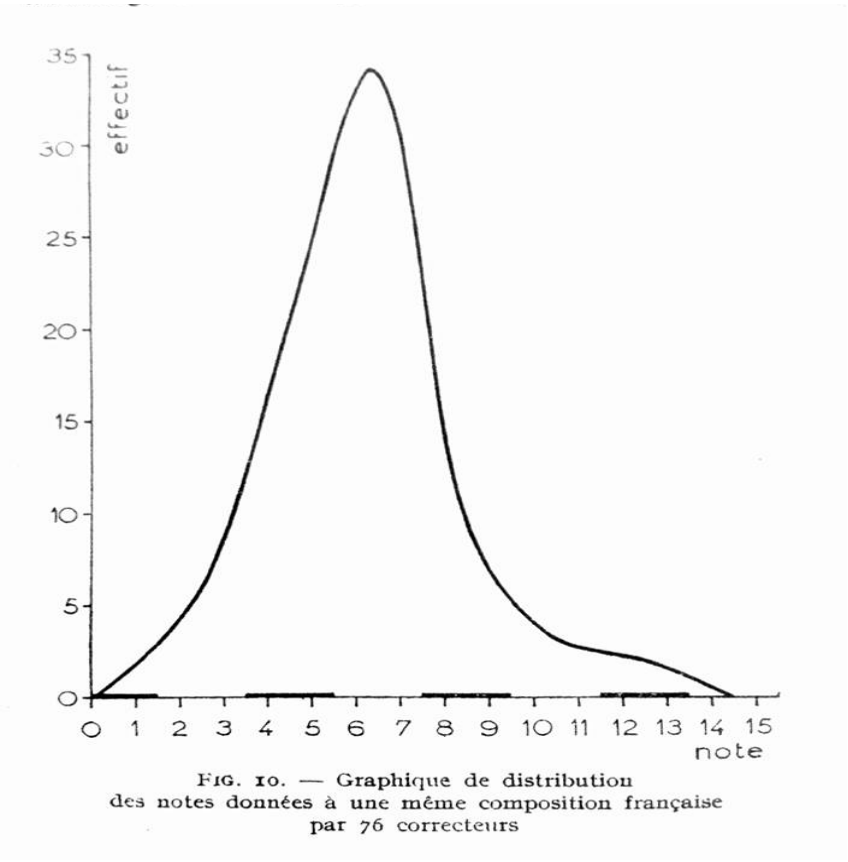


FIG. 10. — Graphique de distribution des notes données à une même composition française par 76 correcteurs

بيان 1: منحنى غوس يمثل توزيع نقط ورقة امتحان في مادة الفرنسية تم تصحيحها من طرف 76 مصحح

المصدر: (PIERON, 1969, p. 124)

3.1.2.2 المدرس:

المدرس هو الذي يقوم بتقويم التلاميذ واتخاذ حكما على أعمالهم، فهذا ما يفرضه عليه دوره كمدرس باعتبار فعل التقويم داخل في جل العملية التعليمية التعلمية. (GIMONNET, 2007, p.14), فمهما حاول المدرس أن يكون موضوعيا في التصحيح فهو يرتكب بعض الأخطاء التي تؤثر على النتيجة النهائية للتلميذ، "فيمكن لمدرسين اثنين أن يعطيا نقطة مختلفة لنفس نسخة الامتحان كما يمكن لنفس للمدرس أن يعطي نقطتين مختلفتين لنفس النسخة بعد مرور مدة معينة من التصحيح" (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE,1970, p.28),.

- **عوامل مرتبطة بالمدرس:**

أ- **الاهتمام الذي يوليه المدرس للتلميذ** (BONBOIR, 1972, p.123): عندما يكون الامتحان شفهيا ويجري فقط بين المدرس والتلميذ، تتدخل مجموعة من العوامل التي تشوش على المدرس، كطريقة طرح المدرس للأسئلة والتسلسل الذي يتبعه وموقفه واهتمامه بالأجوبة التي يقدمها التلميذ. هذا بالإضافة إلى أنه في الامتحانات الشفهية بشكل عام لا يتم تقويم الأجوبة فقط وإنما شخصية وسلوك التلميذ.

ب- **الأخطاء المنطقية Les erreurs logiques**: أحيانا لا يتم تقويم معارف التلميذ وإنما عناصر أخرى مثل: مستوى ذكاء التلميذ في الامتحان، كيفية تقديمه الأجوبة، منهجيته في العمل، والمجهود الذي بذله في الامتحان(BONBOIR, 1972, p.122) .

ج- **أثر التباين والترتيب Effet de contraste et d'ordre:** يؤثر هذا المتغير على المدرس أثناء التصحيح، لأن "النقط التي يمنحها المصحح لورقة معينة لها علاقة بترتيبها بين بقية الأوراق، فيمكن لورقة أن تحصل على نقط ضعيفة لأنه تم تصحيحها بعد ورقة تم تقيمها على أنها جيدة أو ممتازة، كما لها علاقة ببداية تصحيح الأوراق ونهايتها حيث أن المصحح غالبا ما يكون صارما في التصحيح في الأوراق الأولى على عكس الأوراق الأخيرة " (BONNIOL et VIAL, 1997, p.59),وهذا يعني أن نقط التلميذ رهينة بالترتيب التي تحظى به ورقته أثناء التصحيح.

د- **أثر هالو Effet de Halo**، يلعب هذه المتغير دورا مهما في عملية التصحيح وعلى أساسه يتخذ بعض المدرسين قراراتهم بخصوص النقط التي يمنحونها للتلاميذ، "فالخصائص الشخصية للتلميذ وانتماءه الاجتماعي وطريقة لباسه وسمعته داخل المؤسسة، كلها عناصر تتدخل في العلاقة البيداغوجية التي تجمع بين المدرس والتلميذ" (BONNIOL et VIAL, 1997, p.60). ويضيف دولاندشير في تعريفه لأثر هالو أن جودة كتابة التلميذ أي خطه في الامتحان والأخطاء الإملائية ومظهره الخارجي (لطيف، مهذب، جميل..)،وأيضا وسطه السوسيو-ثقافي يؤثر على التنقيط (De LANDSHEERE, 1979, p.92),

ه- **أثر الصورة النمطية L'effet de stéréotype** (De LANDSHEERE, 1979, p.250), **:** وهو ميل الأستاذ إلى منح نفس النقطة للتلميذ رغم اختلاف وتيرة أدائه، فهو يقوم عمل التلميذ ويمنحه نفس النقطة التي حصل عليها في الامتحان السابق. مثالا على ذلك: لا يركز المدرس على الأخطاء

الإملائية أثناء تصحيحه ورقة تلميذ مجتهد حتى أنه يمكنه تجاوزها، أما إذا كان التلميذ ضعيفا فهو يبحث عن الأخطاء حتى يصل إلى الحكم الذي اعتاد أن يتخذه بشأنه

و- **تحكم المدرس في تقنيات الامتحان**: يعتمد نجاح التلاميذ على طريقة التدريس التي ينهجها المدرس خلال حصته الدراسية، "فالمدرس هو الذي يحضر موضوع وأسئلة الامتحان ويسهر على مراقبة التلاميذ خلال الامتحانات، كما أنه هو الذي يتخذ الحكم من خلال المعلومات التي تتيحها أوراق الامتحان حول التلميذ، وبالتالي عند التصحيح يصبح مقتنعا بمهاراته وبكونه المصدر الوحيد للعلم والمعارف" (BONBOIR, 1972, p.118).

كل هذه المتغيرات تشير إلى أن وضعية المدرس أثناء التصحيح وموقف وسلوكه خلال الامتحانات خاصة الامتحانات الشفهية يؤثر بشكل كبير في عملية التنقيط وبالتالي في النتائج النهائية للتلميذ.

3.1.2.3 التلميذ:

تتدخل مجموعة من العوامل في عملية تنقيط التلميذ، فمستواه وكفاءاته المعرفية تحدد جودة العمل الذي يقدمه للتقويم، فهو يجيب على أسئلة الاختبار بناء على ما اكتسبه من معارف وبناء على وضعيته خلال الاختبار. ويعد زمن التقويم ولغة الاختبار وسهولة أو صعوبة الأسئلة، عوامل تؤثر على نقطة التلميذ وتتدخل في الحكم الذي يصدره المدرس على التلميذ والذي يترجمه عن طريق النقط فإما تكون جيدة، متوسطة أو ضعيفة.

كما أن النوع الجنسي للتلميذ يؤثر أيضا على النقطة خاصة في ما يتعلق بالسلوك، فالفتيات غالبا ما يحصلن على نقط عالية نظرا لسلوكهن الجيد عكس الذكور الذين يتم عقابهم على سلوكهم عن طريق النقط. وهذا يبين أن المدرس يتأثر في حكمه وتنقيطه بمظهر التلميذ وليس فقط بمعارفه وخبراته ومهاراته المدرسية خاصة في الامتحانات الشفهية. (LECLERCQ et autres, 2013, p.276),

بعد دراسة العوامل التي تتدخل في عمليتي التصحيح والتنقيط والأخطاء التي تؤثر في أعمال التلاميذ. كيف ينظر علماء التقويم إلى هذه الأخطاء؟ وماذا يقترحون من أجل معالجتها بشكل خاص وتطوير نظام التنقيط بشكل عام؟

3.2 علم الامتحان التوجيهي: LA DOCIMOLOGIE PRESCRIPTIVE

عرف نظام التنقيط في المؤسسات التعليمية انتقادات كثيرة ومشاكل عدة سواء من طرف المدرسين أو من طرف التلاميذ، ولتجاوز هذه المشاكل اقترح علماء التقويم مراجعة وتصحيح هذه المشاكل بناء على اتجاهين: (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE, 1970, p.29) 1) تحسين نظام التنقيط وبشكل أدق تحسين كيفية قياس أعمال التلاميذ، 2) تحقيق الانسجام في توزيع النقط بين مختلف المقومين أو المصححين.

3.2.1 تحسين التنقيط أو تحسين كيفية قياس أعمال التلاميذ:

لتناول مسألة تحسين التنقيط (GIRAUDEAU, CHASSEIGNE, 1970, p.30) اعتمد علماء التقويم على ثلاث معايير أو مفاهيم تطبيقية في نظام التنقيط وأساسية في ميدان التقويم والقياس النفسي وهي الصدق la fidélité، الدقة la validité والموضوعية la sensibilité، بحيث أنه لكي تجيب النقطة على معيار الصدق يجب على المصححين تعيين قيم كمية مطابقة لأعمال التلاميذ وفق سلم معين. وبالنسبة لمعيار الدقة فيجب تحديد قيمة مطلقة تمثل عمل التلميذ بعيدا عن العوامل الأخرى التي تدخل في التنقيط، وهذا يفرض إبعاد كل ما يمكن أن يؤثر على التصحيح من عوامل خارجية أو كما أشار لها دولاندشير المتغيرات المشوشة «Les Variables Parasites»، التي رأيناها سابقا. في الأخير بالنسبة لمعيار الموضوعية، فهو يتيح إمكانية إبراز أوجه الاختلاف بين التلاميذ ومقارنة أعمالهم بناء على ما اكتسبوه وليس بناء على وضعيتهم بين بقية التلاميذ.

3.2.2 تحقيق الانسجام في توزيع النقط بين المصححين:

هذا الاتجاه الثاني يهدف إلى تصحيح التباعد في النقط بين المصححين بخصوص نفس المادة الدراسية كما هو الشأن في امتحانات البكالوريا، بناء على الإجراءات التقويمية التالية:

3.2.2.1 اختيار سلم تنقيط مناسب CHOIX D'UNE ÉCHELLE DE NOTATION APPROPRIÉE

إن اختيار سلم تنقيط مناسب (NOIZET, CAVERNI, 1978, p.52).أثناء عملية التصحيح من شأنه أن يقلل من التباعد بين المصححين، ذلك يعني أنه يجب الاتفاق على سلم تنقيط يوحد بين جميع المصححين، خاصة إذا تعلق الأمر بتصحيح نفس المادة أو نفس ورقة الامتحان من طرف مجموعة من المصححين، كما يجب الاعتماد على سلم من خمس فئات أو درجات (من 0 إلى 5) بدل سلم من عشرين درجة (من 0 إلى 20)، لأنه حسب "روشلان Reuchlin" يضمن الصدق والموضوعية في التنقيط.

3.2.2.2 استعمال قياس تنقيط خارجي UTILISATION D'UN BARÈME EXTERNE

بالنسبة للإجراء الثاني الذي يمكنه أن يقلل من الاختلافات في التنقيط بين المصححين هو "استعمال مقياس تنقيط خارجي خاصة في الحالة التي يكون فيها المصحح ليس هو الذي وضع موضوع الامتحان، كما هو الحال بالنسبة لامتحانات البكالوريا. على سبيل المثال، مقياس التنقيط مادة الرياضيات يكون على الشكل التالي: حل المسألة- المشكلة 12 نقطة، 8 نقط موزعة بين بقية الأسئلة. أو في مادة الفرنسية، بالنسبة للنص المقالي: 6 نقط على غنى الأفكار، 5 نقط على قوة وتسلسل الأفكار، 4 نقط على سلامة التعبير. يعني الاعتماد على مقياس تنقيط يسهل على التلميذ تحقيق العمل المطلوب منه" (NOIZET, CAVERNI, 1978, p.54).

3.2.2.3 التشاور بين المصححين CONCERTATION ENTRE ÉVALUATEURS

إن التشاور (NOIZET, CAVERNI, 1978, p.54) بين المصححين حول الأهداف المتوخاة من عملية التقويم بشكل عام ومناقشتهم لسلاليم ومقاييس التنقيط يتيح إمكانية تحقيق الانسجام بينهم أثناء التصحيح، لأن اتفاقهم على هذه العناصر كفيل بضمان الموضوعية في التنقيط خاصة عندما يتعلق الأمر بامتحانات البكالوريا أو المباريات. فعندما يجتمع مدرسي مادة معينة ويتناقشون حول كيفية التصحيح وحول السلم الذي سيعتمدونه أثناء التنقيط فهم بذلك يساهمون في تحقيق الانسجام في التصحيح.

في هذا السياق قام بونيول Bonniol، كافيرني Caverni ونوازيت Noizet بتجربة للتحقق إذا كان التشاور بين المصححين يمكنه أن يقلل من الاختلافات في التصحيح. وقد جرت التجربة على ثلاث مراحل: في المرحلة الأولى: حصل المصححين على نفس أوراق الامتحان التي عليهم تصحيحها بشكل فردي، في المرحلة الثانية: المصححين من المجموعة التجريبية توزعوا على مجموعات صغرى وتشاوروا فيما بينهم حول بناء شبكة التصحيح، في المرحلة الثالثة: نفس المصححين يحصلون على عمل للتصحيح بشكل فردي. وتم الاعتماد على مجموعة أخرى تحكيمية لم تشهد المرحلة الثانية أي التشاور.

جدول 4: تجربة حول أثر التشاور في عملية التصحيح[1]

المجموعات	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة
المجموعة التجريبية	تقويم فردي (التنقيط)	التشاور حول التقويم بشكل جماعي	التقويم الفردي (التنقيط)
المجموعة التحكيمية	تقويم فردي (التنقيط)	غياب التشاور	التقويم الفردي (التنقيط)

المصدر: (NOIZET, CAVERNI, 1978, p.56)

أبانت نتائج التجربة التي خصت 40 مصحح لمادة الفرنسية على انسجام تام في توزيع النقط وفي ترتيب أوراق الامتحان عند المجموعة التجريبية التي شاركت في النقاش وفي التشاور حول كيفية التصحيح والتنقيط على عكس المجموعة التحكيمية. وهذا يؤكد أثر التشاور في التقليل من الاختلافات في التصحيح.

بعد تصنيف الأخطاء التي تحدث أثناء التصحيح والعوامل التي تتدخل في عملية التقويم بشكل عام، ودراسة الحلول المقترحة من أجل تحسين وضعية التنقيط، يضيف علماء التقويم أن نظام التنقيط الهادف والدقيق يجب أن يجيب على المعايير الأساسية للقياس وهي: (الصدق: احترام هوية التلميذ، والدقة: اعتماد سلم تنقيط محدد، والموضوعية: قياس عمل التلميذ بعيدا عن المتغيرات المشوشة مثل سياق القسم والانتماءات الاجتماعية وغيرها).

4 □اتمة:

ختاما، باعتبار نظام التنقيط جزءا لا يتجزأ من العملية التعليمية التعلمية، فهو يلعب أدوارا مختلفة في المجتمع: 1) إنه عنصر مكون في المسار التعلمي للتلاميذ؛ فمن خلاله يتلقى التلميذ معلومات عن مؤهلاته وعن المستوى الذي وصل إليه مما يتيح له فرصة تحسين تعلماته وتطوير مكتسباته وتعزيز العناصر الضعيفة في تعلمه، 2) وأداة إرشادية للمدرسين؛ أي أنه يتيح لهم إمكانية مراجعة وتحليل الصعوبات التي تواجه بعض التلاميذ، وبمجرد الحصول على هذه المعلومات يعرف المدرس المفاهيم التي تشكل عائقا في التعلم لدى التلاميذ فيشرع في العمل عليها إما بشكل فردي أو جماعي.3) ووسيلة إخبارية للأسر؛ أي أنه يعتبر بالنسبة لهم مقياس لأداء أبنائهم التعليمي. فرغم الانتقادات التي عرفها نظام التنقيط، فإنه يخدم كل هذه العناصر التي تعتبر أساسية في المسار التعليمي.

[1] G. NOIZET, J.P. CAVERNI, La psychologie de l'évaluation scolaire, Ibid. P. 56

REFERENCES

[1] A. BONBOIR. (1972). La docimologie. 1ère édition, Presses Universitaire de France
[2] B. GIMONNET. (2007). Les notes à l'école ou le rapport à la notation des enseignants à l'école élémentaire. L'Harmattan.
[3] B. SUCHAUT. (2008). La loterie des notes au bac : un réexamen de l'arbitraire de la notation des élèves. Irédu-CNRS et Université de Bourgogne.
[4] B. MACCARIO, (1996), L'école à l'heure de l'évaluation, SEDRAP éducation,
[5] C. GIRAUDEAU, G. CHASSEIGNE. (1970). Psychologie éducative et vie scolaire. Edition Publibook.
[6] Dieudonné LECLERCQ, Julien NICAISE, Marc DEMEUSE. Docimologie critique : des difficultés de noter des copies et d'attribuer des notes aux élèves, archives ouvertes, 15 juillet 2013
[7] D. MORISSETTE. (2002). Les examens de rendement scolaire. La presse de l'université Laval. 3ème édition.
[8] D. MORISSETTE, (1996), Guide pratique de l'évaluation sommative: Gestion des épreuves et des examens, De Boeck,
[9] E.CLAPAREDE, (1913), Les notes scolaires ont-elles une valeur pédotechnique? Revue de pédotechnie, 1, 1 -12.
[10] F. DANVERS. (2003). 500 mots-clefs pour l'éducation et la formation tout au long de la vie. Presses universitaire du Septentrion 2ème édition.
[11] G. LANGOUET. (1998). Mesure et statistique en milieu scolaire. Les éditions ESF. 6ème édition
[12] G. NOIZET, J. P. CAVERNI. (1978). Psychologie de l'évaluation scolaire. Presses universitaire de France. 1ère édition
[13] G. MEYER, (2007), Evaluer, pourquoi? Comment?, Hachette éducation.
[14] G. De LANDSHEERE, (1979), Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation, Puf, 2ème édition
[15] H. PIERON. (1969). Examen et docimologie. Presses Universitaire de France. 2ème édition.
[16] Inspection générale de l'éducation nationale. (2013). La notation et l'évaluation des élèves éclairées par des comparaisons internationales. Rapport – n° 2013-072.
[17] J. M. De KETELE et autres. (2008). Evaluer pour former: Outils, dispositifs et acteurs. De Boeck, 1ère édition.
[18] J. J. BONNIOL et M. VIAL, (1997), Les modèles de l'évaluation: Textes fondateurs avec commentaires, De Boeck Université,
[19] J. WEISS, (2013), Evaluer plutôt que noter, Revue internationale d'éducation de Sèvre 11/1996, Evaluation des élèves
[20] M. HESSE. Les impacts de l'évaluation scolaire sur les élèves. Rubrique recherche n° 105.
[21] M. CRITON. (2008). Les systèmes de notation. Tangente éducation n° 04.
[22] M. S. GOTTLOBER-RAOUAFI.(2015), Evaluer sans dévaluer, Université Grenoble
[23] O. MAULINI. (2002). Rangs, notes et classement dans l'histoire de l'enseignement, Texte publié dans l'Educateur, numéro spécial « Un siècle d'éducation en Suisse Romande »
[24] O .MAULINI, (1996), Qui a eu cette idée folle un jour d'inventer les notes à l'école? Petite histoire de l'évaluation chiffrée à l'usage de cette et ceux qui désirent s'en passer er des autres, Groupe de recherche et d'innovation, Genève
[25] P. MERLE. (2012), L'évaluation par les notes, quelle fiabilité et quelles réformes, Revue regards croisés sur l'économie
[26] P. PERRENOUD, (1984), La fabrication de l'excellence: du curriculum aux pratiques de l'évaluation, Vers une analyse de la réussite de l'échec et des inégalités comme réalités construites par le système scolaire, Librairie DROZ, 1ère édition,
[27] P. PERRENOUD, (1998), L'évaluation des élèves ; de la fabrication de l'excellence à la régulation des apprentissages, entre deux logiques, 1ère édition, De Boeck, Belgique
[28] P. GEORIS, (1987-1988), Syllabus du cours d'organisation et documentation scolaires .
[29] S. ROMAILLER, Les élève face à la notation scolaire: Sources de motivation à apprendre? , Suisse, 2014
[30] X. ROEGIERS. (2006). L'évaluation selon la pédagogie de l'intégration
[31] X. ROEGIER. (2010). L'école et l'évaluation ; des situations complexes pour évaluer les acquis des élèves. De Boeck, 2ème édition.
[32] J. ARTER et V. SPANDEL, (1992), Using portfolios of student work in instruction and assessment, an MCME instruction module, Education measurement; issues and practice
[33] N. S. GLASMAN. (1988). Evaluation in decision making; The case of school administration. Springer edition.
[34] P. DAWSON. (2013). Assessment Might Dictate the Curriculum, But What Dictates Assessment? Teaching & Learning Inquiry: The ISSOTL Journal, Vol. 1, No. 1
[35] R. E. Bennett. (2011). Formative assessment: a critical review. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice
[36] P. Black. (1998). Assessment and Classroom Learning. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 586-601
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Apport de la géochimie des chapeaux de fer à la prospection des amas sulfurés volcanogènes des Jebilets centrales, Maroc

[Contribution of the geochemistry of the gossan to the prospection of volcanogenic sulphide deposits of Central Jebilets, Morocco]

Fouad Lotfi[1], M. Sohassou[1], Z. E. A. Morjani[1], A. Saad[1], S. Brunet[2], M. Chaïb[3], and A. El Mimouni[4]

[1]Exploration et Gestion des Ressources Naturelles et Environnementale, Université Ibn Zohr, Faculté Polydisciplinaire de Taroudant, Morocco

[2]Managen, Casablanca, Morocco

[3]ONHYM, 5, Avenue Moulay Hassan, Rabat, Morocco

[4]Laboratoire de Géosciences et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques-Guéliz, BP 549, Marrakech, Morocco

Copyright © 2018 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 central Jebilets are occupied by the Saghlef series attributed to the upper Visean, are materialized by a predominance of the gossans, some of which directly cover massive sulphide predominantly pyrrhotite. These gossan with oxides and hydroxides of iron can be distinguished from East to West in three main plurikilometric axes sub-parallel to the meridian direction. The present study is concerned with the interpretation of geochemical data covering all Central Jebilets gossans. The analyzed elements such as Ag, As, Bi, Sn, Mo and Te, in addition to the base metals researched, made it possible to classify these gossans into three classes: 1) very promising class contains the Draa sfar and Koudiat Aïcha deposits, 2) moderately promising class includes the Kettra deposit and Ben Slimane and Lachach indices, 3) and the least promising class contains the rest of the sites. These chemical elements can be used as a basic prospecting guide for gossan in Central Jebilets province and extrapolate these results to all Hercynian lands.

KEYWORDS: Central Jebilets, Gossan, geochemical exploration, base metal.

RÉSUMÉ: Les Jebilets centrales sont occupées par la série de Saghlef attribuée au viséen supérieur, sont matérialisées par une prédominance à l'affleurement des chapeaux de fer dont certains coiffent directement des amas sulfurés à prédominance de pyrrhotite. Ces chapeaux de fer à oxydes et hydroxydes de fer, peuvent se distinguer d'Est en Ouest en trois principaux axes plurikilométriques sub-parallèles à la direction méridienne. Le présent travail porte sur l'interprétation des données géochimiques couvrant l'ensemble des chapeaux de fer des Jebilets centrales. Les éléments analysés tel que Ag, As, Bi, Sn, Mo et Te en plus des métaux de base recherchés, ont permis de bien ranger ces chapeaux de fer en trois classes: 1) Classe très prometteuse renferme les gisement de Draa sfar et Koudiat Aïcha, 2) Classe moyennement prometteuse englobe le gisement de Kettra et les indices de Ben Slimane et Lachach, 3) et la classe la moins prometteuse contient le reste des sites. Ces éléments chimiques peuvent être employés comme guide de prospection de base des chapeaux de fer dans la province des Jebilets centrales et d'extrapoler ces résultats vers l'ensemble des terrains hercyniens.

MOTS-CLEFS: Jebilets centrales, chapeau de fer, exploration géochimique, métaux de base.

Corresponding Author: Fouad Lotfi

1 INTRODUCTION

Dans un contexte où la plupart des gisements de surface ont été exploité, il devient crucial, afin de cibler de futurs zones potentielles, de mieux comprendre l'architecture et la genèse des sites miniers. Cependant dans un champ aussi bien connu que celui des Jebilets centrales, de nouvelles découvertes demandent des analyses et des interprétations de plus en plus poussées pour lesquelles les observations de surface ne suffisent pas.

En effet, les gisements de type VMS, tant qu'une origine hydrothermale, ce type de gisement est souvent accompagné d'une forte zone d'altération aux alentours. Des altérations en chlorite, en séricite peuvent ainsi être observées mais également des altérations ferrugineuses et développement de chapeaux de fer à l'affleurement [1]. La présence des minéraux d'oxyde et d'hydroxyde de fer rend l'utilisation des méthodes géochimiques très pertinentes. De plus, les sulfures métalliques à prédominance pyrrhotitique qui constituent ce type de gisements recherchés dans la province des Jebilets centrales ont une densité et une conductivité électrique beaucoup plus élevée que les roches ignées encaissantes, peuvent être détectés par un simple levé magnétique, compte tenu de la forte susceptibilité de ce minéral. Cependant, avant d'effectuer de coûteux levés géophysiques, et des sondages carottés par la suite, il est important de savoir en exploration minérale si les différentes lithologies présentent des données géochimiques intéressantes et discriminatoires que l'on pourra par la suite exploiter pour choisir les méthodes de prospection ultérieures qui conviennent le mieux à notre cas d'étude.

Les objectifs fixés sont donc de confirmer ou d'infirmer les observations géologiques de surface, d'évaluer leurs pertinences en profondeur par la géologie et la géochimie actuellement et si possible de déterminer des cibles ou des anomalies clés pour l'exploration minière. Cette démarche permettra la compréhension du champ dans son ensemble compte tenu de l'ensemble des données accumulées au cours de la prospection des amas sulfurés de la province.

Ce thème de recherche a pour but d'établir les relations de prospection entre les chapeaux de fer prometteurs et les amas sulfurés enfuient dans leurs contextes géologiques. L'idée de départ est qu'un chapeau de fer étant une altération météorique d'une extraordinaire accumulation en un point et en un temps donné des mêmes éléments de soufre, fer et métaux de base, issus de fluides hydrothermaux sur ou au-dessous du plancher sous-marin dans un milieu anoxique et faible fugacité en O_2. Le résultat de cette altération météorique pourra garder l'empreinte minéralogique et la nature des éléments chimiques contenus au sein de la minéralisation primaire tout en tenant compte de leur degré de mobilité, et contribuer à déterminer la qualité du corps minéralisé en profondeur.

2 HISTORIQUE ET CADRE DE LA PROSPECTION

Les véritables recherches des amas sulfurés remontent au début du siècle dernier. Elles avaient pour but essentiel la recherche de minerai sulfureux source de soufre et de métaux de base. Le B.R.P.M (Bureau de Recherche et de Participation Minière), actuellement L'*ONHYM* (Office National des Hydrocarbures et des Mines) avait entrepris la reconnaissance des gisements de pyrrhotine des Jebilets centrales. Il a été chargé de la mise en valeur du gisement Kettara à pyrrhotine. Cette dernière a constitué la matière première de soufre destinée à alimenter le complexe chimique de Safi qui traitait le soufre pour la fabrication de l'acide sulfurique H_2SO_4 et l'enrichissement des phosphates qui comporte un intérêt majeur pour l'Office Chérifien des Phosphates (O.C.P). En effet, le BRPM a entrepris des recherches systématiques, en premier lieu à l'intérieur du domaine minier de Kettara, ensuite à l'extérieur visant tous les indices ferrugineux (Draa Sfar, J. Ahmar, J. Sarhlef et autres). Ces recherches étaient pour but d'une part d'augmenter le tonnage de pyrrhotine de Kettara (11 MT démontrées), et d'autre part, de découvrir des gisements analogues, mais si possible plus riches en Cu (> 0,7 % Cu) et même riche en métaux de base.

De ce fait là, les recherches à Draa Sfar (Sidi Mbarek et Tazakourt) et à Koudiat Aïcha -Lachach avaient prouvé cette possibilité de renfermer un véritable minerai polymétallique dans une paragenèse à pyrrhotine actuellement exploité à Draa sfar. Comme ces métaux de base, plus intéressants que le fer et le soufre, ne se dénotaient guère en affleurement, une recherche systématique de tous les chapeaux de fer même de petites dimensions s'imposait dans le but de découvrir de tels gisements à minéralisation polymétallique (Pb-Zn-Cu) analogue à celui de Draa Sfar et Koudiat Aïcha.

3 GÉOLOGIE RÉGIONALE

3.1 LES DOMAINES STRUCTURAUX DU MAROC

Le Maroc se situe au coin nord-ouest de la plateforme saharienne (Fig. 1a). Il est entouré par les plaques mobiles de la mer méditerranée au Nord et l'océan atlantique à l'Ouest. Son histoire géologique est polyphasée, et marquée par la succession des cycles orogéniques précambrien, hercynien et atlasique. Ces derniers sont responsable de la configuration structurale actuelle, et ont permis une subdivision en cinq domaines d'importances inégales [2]:

- Le domaine *Saharien* ou dorsale des Reguibates constitué essentiellement de terrains du protérozoïque inférieur, structurés par l'orogenèse Eburnéenne (2000 Ma) [3].
- Le domaine *Anti-Atlasique* est formé d'un socle précambrien façonné par l'orogenèse panafricaine (680-570 Ma) [4]. Sa couverture protérozoïque terminale et paléozoïque est affectée par une déformation hercynienne relativement modérée.
- Le domaine *Atlasique* correspond à la chaîne intracontinentale du Moyen-Atlas et du Haut-Atlas formée par des terrains mésozoïques et cénozoïques structurés par l'orogenèse Atlasique (Jurassique supérieur et phases de plissements tertiaires).
- Le domaine *Rifain* qui constitue une partie de la chaîne alpine est caractérisé par un empilement de nappes de charriages à vergence principale sud.
- Le domaine *Mésetien* qui représente la chaîne hercynienne plissée est formé par des massifs paléozoïques discontinus affleurant au sein d'une couverture mésozoïque et cénozoïque non déformées [5].

3.2 DOMAINE MÉSETIEN

Le domaine mésetien regroupe deux grandes provinces qu'on désigne par Méseta orientale (Méseta oranaise) et Méseta occidentale (Méseta Marocaine). Il est subdivisé en six zones structurales [5], [6] :

- La *zone orientale* qui correspond à l'ensemble de la Méseta oranaise est constituée d'affleurements de schistes du paléozoïque inférieur et de flyschs dévoniens.
- La *zone de transition* appelée aussi « zone de nappes » est représentée par la partie orientale du Maroc central formée par des bassins viséens [5].
- La *zone centrale* est représentée par les massifs des Rehamna oriental, Jebilets centrales, Guemassa, la majeure partie du massif central et les boutonnières paléozoïques du Haut Atlas occidental.
- La *zone occidentale* correspond aux parties ouest de la Méseta côtière nord-occidentale, des Rehamna et des Jebilets.
- La *zone Sud* ou avant pays saharien se située au Sud de l'accident sud-atlasique et s'étend jusqu'à la plateforme saharienne en bordure du craton ouest africain.
- La *zone Nord* ou bloc de Sehoul est formée des terrains paléozoïques situés au Nord de la Méseta Centrale et limités au Sud par l'accident Rabat-Tifelt.

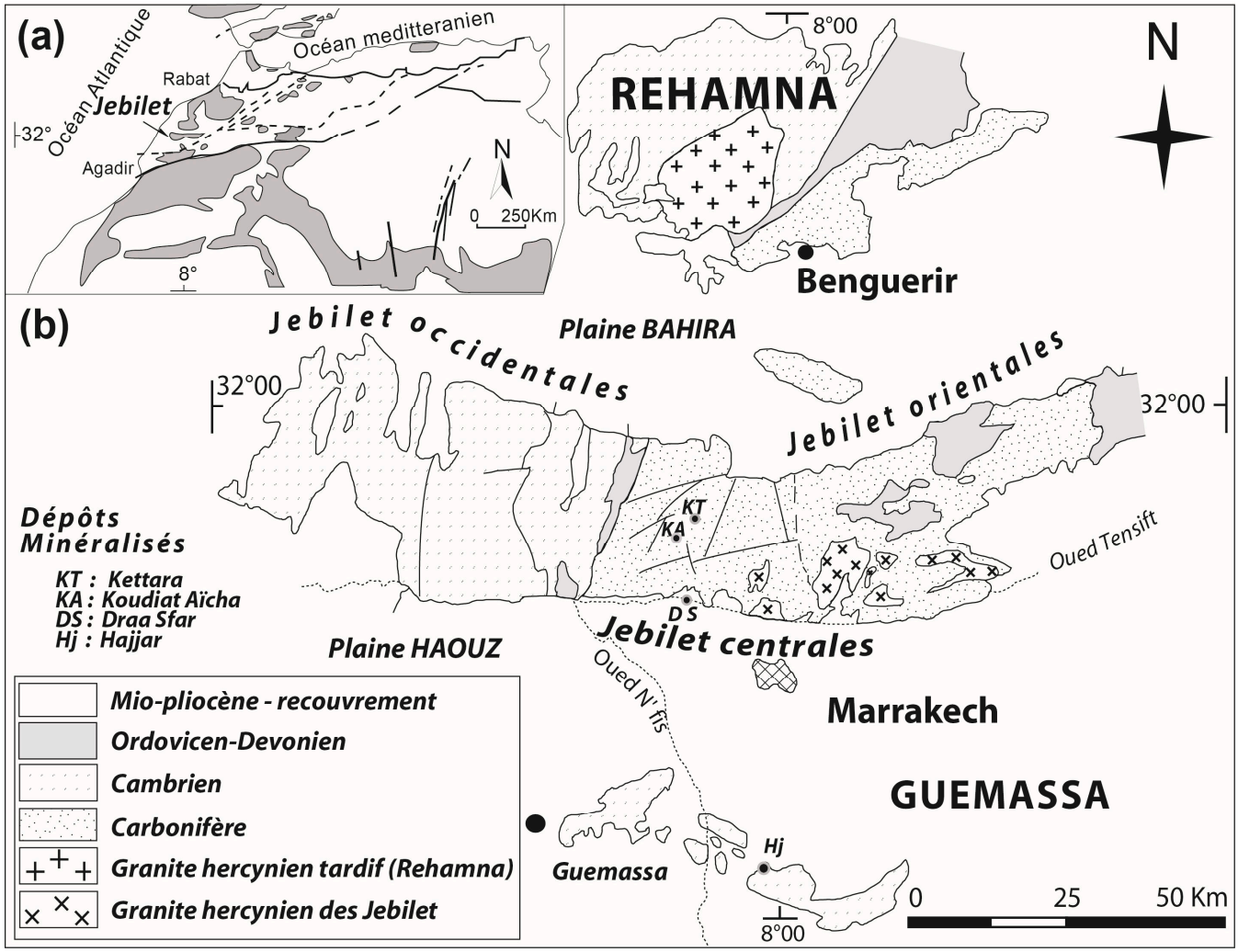


Fig. 1. (a) Situation géographique du massif des Jebilet dans le Maroc hercynien, (b) Esquisse géologique des massifs hercyniens du Maroc : Rehamna, Jebilet et Guemassa

3.3 PLACE DU MASSIF DES JEBILETS DANS LE BÂTI HERCYNIEN DU MAROC

Le massif hercynien des Jebilets (Jebilet, Djebilets) ou "petites montagnes", constitue un pays de collines d'accès facile, voisin des côtes du Maroc et des grands itinéraires. Il est localisé dans le Maroc occidental, renferme un ensemble de collines rocheuses et de plaines, constituées de terrains paléozoïques plissés en direction N-S, qui s'étendent au Nord de Marrakech sur 170 km environ d'Ouest en Est et sur 7 à 40 km du Nord au Sud, montrent une superficie d'environ 3800 km^2 entre les longitudes 7°W et 8°50'W et les latitudes 31°45'N et 32°05'N.

Le massif des Jebilets, est parallèle à celui du Haut-Atlas de Marrakech, est encadré par la plaine de la Bahira au Nord de la plaine du Haouz (ou plaine de Marrakech) au Sud, les collines de Jurassique-Crétacé des Mouissat à l'Ouest et les montagnes de l'Atlas de Beni Mellal à l'Est (Fig.1b). Il appartient à la dorsale marocaine ou promontoire africain, haut fond de terrains anciens. Ce massif constitue l'une des aires où affleure largement au Maroc le socle paléozoïque fortement affecté par l'orogenèse hercynienne. Selon des critères géologiques, structurales et géomorphologiques le massif des Jebilets a été subdivisé en trois unités distinctes [7] (Fig. 1b) :

- *Unité orientale*, constituée de méta-sédiments d'âges Viséen supérieur (Les flysch de Kharouba).
- *Unité centrale*, composée des schistes de Sarhlef attribués au Viséen supérieur- Namurien.
- *Unité occidentale*, formée essentiellement de séries cambro-ordoviciennes.

C'est cette partie centrale qui intéresse notre étude, puisque cette série dont les formations volcano-sédimentaires dévono-dinantiennes qui encaissent les amas minéralisés exploités à Kettara, en cours d'exploitation de Draa Sfar (Tazakourt et Sidi Mbarek), et en phase de développement de Koudiat Aïcha.

4 GÉOLOGIE LOCALE : LES JEBILETS CENTRALES

4.1 LITHOSTRATIGRAPHIE

L'unité centrale des Jebilets est principalement formée d'une entité volcano-sédimentaire désignée par série de Sarhlef (Fig. 2), datée du Viséen supérieur Namurien, elle est constituée de Shales fins à passés lenticulaires, de calcaire bioclastiques et de grès. Leur dépôt a été accompagné d'une activité volcanique pré-orogénique très intense [8], [9], [10], [11], qui se manifeste par des épanchements de laves acides et basiques, ainsi que par des cinérites, des jaspes et des tufs acides auxquels sont associées des minéralisations sulfurées connues dans les Jebilets centrales.

Stratigraphiquement, deux séries principales sont reconnues dans les Jebilets centrales [12]:

- Une série basale dite série de Sarhlef est constituée principalement de pélites et caractérisée par une activité volcanique qui débute par des manifestations laviques (brèches, tufs, etc.) et se poursuit par un volcanisme extrusif à caractères basiques (Viséen Supérieur-Namurien). Les minéralisations stratiformes sulfurées sont liées aux épisodes tardivolcaniques acides de la phase paroxysmale de la série de Sarhlef [9].
- Une série sommitale essentiellement carbonatée, appelée série de Teksim est formée de calcaires micro-conglomératiques et bioclastiques à la base et de pélites et grés au sommet (Viséen supérieur-Namurien).

4.2 STRUCTURATION DES JEBILETS CENTRALES

Les terrains carbonifères (schistes de Sarhlef) sont affectés par une intense déformation hercynienne caractérisée par une histoire tectono-métamorphique complexe. Toutefois, les caractéristiques structurales des Jebilets centrales sont le résultat de la succession de plusieurs événements tectoniques, enregistrés par la série de Sarhlef [8]:

- Mise en place de nappes de glissement d'âge Viséen supérieur après le dépôt des flysch de Kharouba,
- Plissement majeur post-Viséen caractérisé par des plis isoclinaux associés à une schistosité de flux ou une schistosité de fracture voire même de crénulations,
- Compression post-granite soulignée par des cisaillements et des remontées de magma acide,
- Distension postérieure à la granitisation responsable de la mise en place des filons microdioritiques et quartzo-carbonatés de direction E-W,
- Compression tardi-hercynienne.

4.3 MAGMATISME ET MÉTAMORPHISME

La fin du Carbonifère se traduit dans le massif des Jebilets par une intense activité magmatique (Fig. 2). Les Jebilets centrales, à l'encontre des parties occidentales et orientales, sont en effet lardées de roches magmatiques intrusives très variées [8], [9], [10] [11], [12], [13]. Cette activité magmatique des Jebilets centrales (série de Sarhlef) compte trois épisodes [8], [9], [14], [15], [16] :

- Magmatisme prétectonique : bimodal (2/3 basique, 1/3 acide) volcanique et plutonique, sous forme de coulées de laves acides et basique interstratifiées dans la série viséenne ou sous forme de plutons gabbroïques et kératophyriques,
- Magmatisme syn. à post tectonique : il est représenté par les granitoïdes hercyniens qui sont étroitement liés aux couloirs de cisaillements d'âges et des sources magmatiques variées,
- Magmatisme post-orogénique: correspond à la mise en place d'un faisceau de filons de micro-diorite, riches en enclaves d'origine crustale (Huvelin, 1977). Ces filons recoupent les granites orogéniques, ils sont issus d'un liquide initial basique d'affinité lamprophyrique.

Les terrains paléozoïques de la méseta occidentale ont été affectés par les cycles orogéniques aussi bien hercyniens qu'atlasiques. Au niveau du massif des Jebilets, l'orogenèse hercynienne parait la mieux enregistrée. La faible profondeur du bassin de sédimentation des Jebilets n'a pas permis l'établissement de métamorphisme de type Barrow [7]. La structuration de la chaîne hercynienne durant la phase compressive a entraîné la réorganisation des grains parallèlement à la schistosité et aux plans de clivages ardoisiers. L'intensité du métamorphisme n'a pas dépassé le faciès de schiste vert à chlorite. Le métamorphisme a provoqué dans toute la région, dans les schistes à chlorite et à séricite et la transformation des grès en quartzite.

L'effet des flux thermiques est localement ressenti autour des intrusions de roches éruptives. Il se manifeste localement par l'apparition des faciès à schistes tachetés à biotite, voire des faciès cornés et tachetés, en particulier à proximité des intrusions basiques et des batholites acides syntectoniques [18].

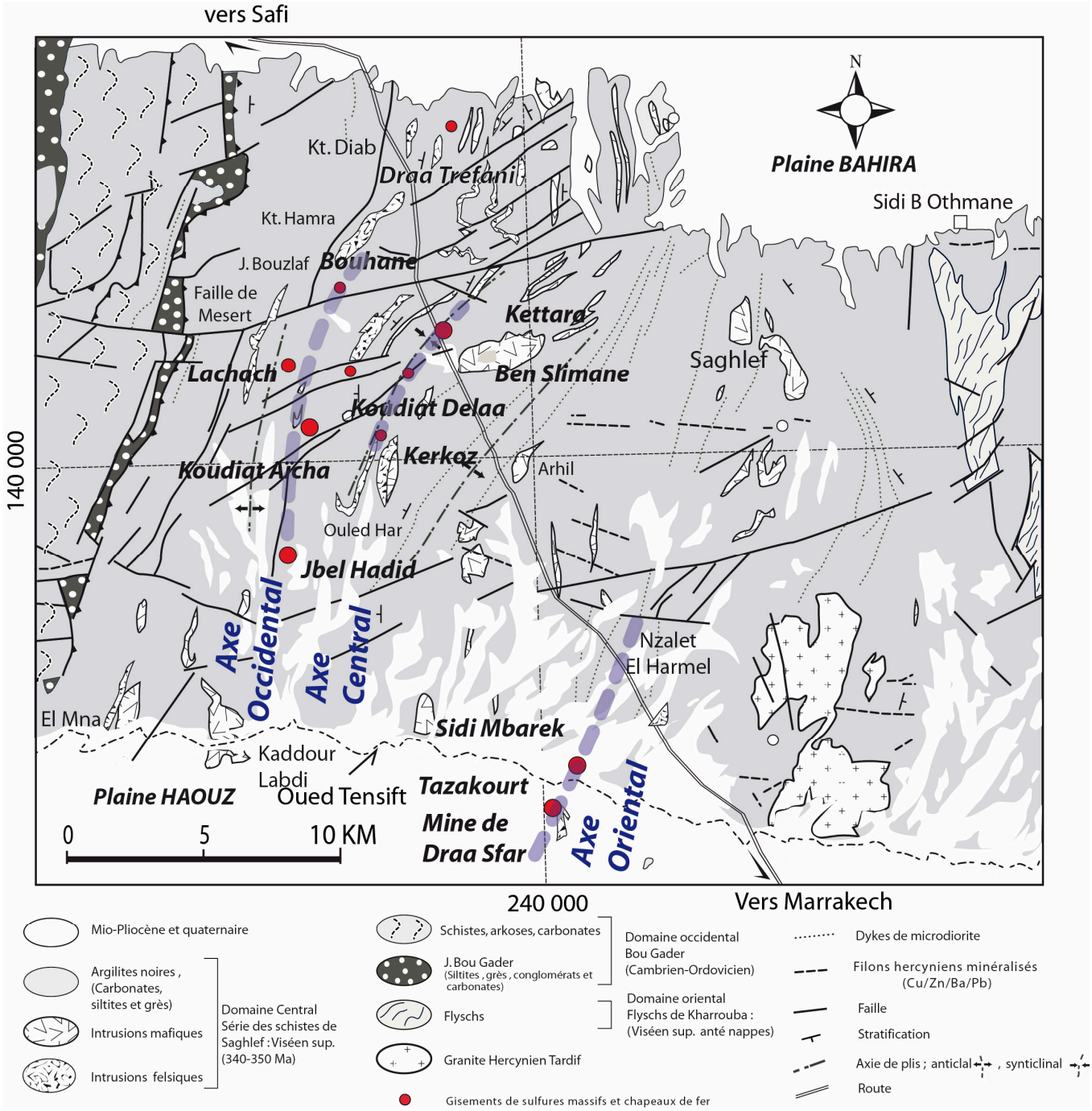


Fig. 2. Carte géologique simplifiée des Jebilet centrales et localisations des chapeaux de fer (Huvelin, 1977)

5 GÎTOLOGIE DES CHAPEAUX DE FER JEBILETS CENTRALES

5.1 DISPOSITION MINÉRALISATION DES DES JEBILETS CENTRALES

Dans cette région plus profondément érodée que celle de l'Atlas, et en ce qui concerne l'aspect gîtologique des Jebilets centrales, plusieurs catégories de gîtes ont été distinguées par Huvelin [8] (Fig. 2):

- les gîtes pré-hercyniens ou hercyniens : gîtes stratiformes du viséen supérieur et gîtes liés aux granites hercyniens,
- les gîtes pré-atlastiques : filons se mettant en place pendant les périodes de tectonique des blocs (ex.: filon du Sarhlef (Pb/Zn).

Seule la première catégorie des gisements qui répond à la thématique de prospection des amas sulfurés car elle est la seule à répondre à la problématique de la présente étude.

L'ensemble des chapeaux de fer connus dans les Jebilets centrales répertoriés par Huvelin [8] sous la dénomination lentilles de pyrrhotine s'organise, d'après, Bordonaro [9] selon deux niveaux stratigraphiques. L'un en liaison avec les tuffites du membre inférieur, l'autre avec les volcanites acides du membre supérieur :

D'un point de vue génétique, le niveau inférieur est considéré comme stratiforme et interstratifié dans les tuffites acides. Quant au niveau supérieur, Bordonaro le divise en deux sous-types:

- L'un directement en contact avec les volcanites dans le cas de Draa Sfar, et le magmatisme basique dans le cas du gisement de Koudiat Aïcha,
- L'autre, sans contact direct avec le volcanisme dans le cas de Kettara, Ben Slimane et Kerkoz, ou les amas seraient remobilisés par la tectonique et affleurent dans un encaissant étranger (série de Teksim à Kettara).

5.2 DISPOSITION DES MINÉRALISATIONS SULFURÉS ET LEURS CHAPEAUX DE FER

Les minéralisations sulfurées encaissés dans la série de Saghlef des Jebilets centrales affleurement en surface et présentent un chapeau de fer (gossan) bien développé. Ces derniers traduisent une nette association aux appareils magmatiques (Fig. 2). Ces chapeaux de fer montrent un tracé cartographique longiligne qui dépasse 20 km de long dans la mesure que l'on associe chapeau de fer, rubéfaction et altération ferrugineuse comme cela est le cas sur la carte de P. Huvelin [8] (Fig. 2). Pour ceci, un couloir ou axe minéralisé traduit l'alignement des chapeaux de fer et des schistes intensément rubéfiés. Dans les Jebilets centrales, les amas sulfurés peuvent se distinguer d'Est en Ouest en trois couloirs principaux plurikilométriques sub-parallèles à la direction méridienne (Fig. 2):

- Axe oriental : le couloir Draa Sfar - Nzalet El Harmel,
- Axe central : le couloir de Kerkoz - Ben Slimane - Kettara,
- Axe occidental: le couloir Jbel Hadid - Koudiat Aïcha – Lachach - Bouhane.

5.3 MINÉRALOGIE DES CHAPEAUX DE FER

A l'œil nu, les faciès de chapeau de fer montrent une absence totale de sulfures primaires. Dans ces faciès, la pyrrhotite qui constitue la principale composante du protore de l'ensemble des minéralisations des Jebilets centrales s'est en totalité désulfuré [18]. Ce minerai s'oxyde facilement à l'air libre et entraine la formation de chapeaux de far à l'affleurement. La pyrrhotite s'est transformée en oxydes et hydroxydes de fer (ocre). Cette altération chimique entraine un lessivage et la migration de divers éléments chimiques mis en solution dans un milieu acide vers la profondeur "zone de cémentation" au-dessus du protore à pyrrhotine. La paragenèse minérale est formée principalement par l'hématite, magnétite, goethite et ocre.

Comme dans l'ensemble des chapeaux de fer des Jebilets centrales, des poches de goethite (prédominante) de dimensions variables sont isolées dans une masse d'hématite brune s'observant sur les parois d'anciens grattages (Kettra, Draa Sfar Koudiat Aïcha) [18]. L'observation microscopique a permis de constater que l'hématite constitue la phase dominante sous forme de plages xénomorphes qui se transforme depuis les bordures en goethite avec une texture en concrétion. Les minéraux résiduels peu abondants, sont présentés surtout par le quartz et plus rarement par la muscovite. L'établissement d'un ordre chronologique permet d'attribuer les oxydes et hydroxydes de fer à une transformation secondaire des sulfures primaires (altération chimique). La pyrrhotite s'est transformée en premier lieu en pyrite, en hématite en second lieu arrivant à la magnétite et la goethite et tardivement en minéraux argileux en phase finale.

6 GÉOCHIMIE DES CHAPEAUX DE FER

6.1 TRAITEMENT STATISTIQUES DES DONNÉES

Ce travail porte sur centaines d'analyses de quelques éléments chimiques ne peut se mener sans traitements statistiques. Pour les traitements de données qui vont suivre, nous n'avons d'aucune façon filtré les données brutes pour éliminer telle ou telle valeur erratique ou corriger les valeurs brutes empruntés depuis les anciens travaux [18]. En tout temps, nous nous sommes servis des données brutes, cependant les éléments chimiques dont les valeurs sont au-dessus de la limite de détection ont été ramenés à une valeur nulle pour faciliter les traitements statistiques.

Ainsi, pour une bonne description géochimique de l'ensemble des échantillons, les méthodes statistiques usuelles de traitements univariés et à plusieurs variables ont été utilisées. Ces techniques dites exploratoires ont été utilisées dont le but est de faciliter la visualisation des données par l'utilisation de représentations graphiques adaptées sous une forme synthétique qui facilite leur interprétation.

6.2 STATISTIQUES ÉLÉMENTAIRES

Le but des analyses chimiques des échantillons de chapeau de fer était en plus de déterminer les teneurs de chaque éléments, de définir par la suite les seuils de bruit de fond et celui de l'anomalie pour chaque élément analysé et, s'il y a lieu, de marquer des concentrations anomales pour certains éléments qui pourraient servir de guide pour la prospection minière.

La présente étude s'est fondée sur un total de 376 échantillons à 1748 analyses récupérées. Les analyses pris en considérations concernent un ensemble de sites répertoriés selon les trois axes minéralisés. Il s'agit des sites de Kettara, Ben Slimane, Kerkoz, Draa Tarfani, Koudiat Delaa, Jbel Hadid, Koudiat Aïcha, Lachach, Bouhane, Draa Sfar "Sidi Mbarek, et Tazakourt". Dans ce cas des chapeaux de fer, les éléments majeurs n'ont pas été pris en considération, de même que pour tous les éléments mineurs, du fait que leurs contenus était soit sous la limite de détection (intense lessivage), soit non analysés en totalité séparément dans chaque projet. En somme, cette approche de recherche tient à minimiser le nombre des éléments chimiques à analyser visons une approche des moyens facilement accessible pour toute opération de prospection minière (Spectromètre de FX (XRF) portatif). Les éléments considérés pour cette étude et analysés sont: Ag, As, Bi, Cu, Mo, Ni, Pb, Sn, Te et Zn.

Le tableau 1 présente quelques statistiques élémentaires pour les éléments analysés. Les résultats de ces éléments renferment des valeurs maximum relativement aux valeurs moyennes correspondantes pour chaque élément et pour chaque site minier de la province métallogénique des Jebilets centrales.

Les éléments tels que l'As, Cu, Pb Ni, et Zn présentent des étendues de plage de données assez important, témoignent de leur fort degré de rétention ainsi que la nature anomalique du protore. Ces éléments dont les valeurs extrêmes auront un impact sur l'interprétation des résultats obtenus par les méthodes classiques en se basant sur les valeurs moyennes. Les autres éléments présentent des valeurs minimum avec de faibles étendues et des écarts-type petits qui peuvent être attribués au fort degré de mobilité de ces éléments et au lessivage intense lors des actions météoriques.

Un calcul de l'indice de polymétallisme a été réalisé faisant ressortir la différenciation chimique des différents axes minéralisés. Les deux axes occidentale et orientale présentent des indices de polymétallisme plus différenciés par rapport à l'axe central. Dans cette optique, un calcul de cet indice a été réalisé pour chaque site des Jebilets centrales (Tabl. 2). Ce calcul à fait ressortir deux classes de chapeaux de fer. La première classe englobe le site de Sidi Mbarek (Draa sfar Nord), Kettara, Ben Slimane, Koudiat Aïcha, et Lachach qui est considérée comme polymétallique. La seconde classe renferme les indices de Jbel hadid, Bouhane, Koudiat Delaa, Draa Trefani, et Kerkose ont été considéré comme moins polymétallique et ne peuvent pas être des chapeaux de fer prometteurs. L'indice polymétallique faible du site de Tazakourt (Draa Sfar Sud) en cours d'exploitation actuellement est dus au fait que les échantillons analysés ne coiffent pas directement le corps minéralisé polymétallique en profondeur et sont situés à l'est et l'ouest du corps magmatique volcanique du Draa Sfar.

Tableau 1. ***Statistique élémentaire des éléments traces analysés des chapeaux de fer de l'ensemble des chapeaux de fer des Jebilets centrales***

élément	*Ag*	*As*	*Bi*	*Cu*	*Mo*	*Ni*	*Pb*	*Sn*	*Te*	*Zn*
Max	160	6910	380	23400	170	970	7580	100	98	15700
min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moy	7,8	412,1	33,0	818,4	16,1	43,1	291,8	6,4	6,8	605,4
Ecartype	23,3	970,4	65,5	1612,5	29,8	122,4	906,9	17,2	16,3	1535,5

Tableau 2. ***Indice de polymétallisme de l'ensemble des chapeaux de fer des Jebilets centrales, (* indice calculé sur 3 éléments, ** indice calculé sur 7 éléments)***

Site	**Kettara**	**Ben Slimane**	*** Kerkoz**	**Kt. Delaa**	**Sidi Mbarek**	**Tazakourt**	**** Draa Tarfani**	**J. Hadid**	**Kt. Aïcha**	**Lachach**	**Bouhane**	**Axe Occidentale**	**Axe centrale**	**Axe orientale**
Indice de polymétallisme	**1,0**	**1,4**	**0,9**	**0,2**	**1,7**	**0,8**	**0,7**	**0,2**	**1,3**	**1,3**	**0,6**	**1,0**	**0.8**	**1.2**

Les histogrammes de fréquence des différents éléments chimiques analysés sont illustrés par la figure 3. Ils traduisent le caractère unimodal homogène des résultats formés par une seule population. Ce caractère unimodal illustre la mise en place des minéralisations à la suite du même événement minéralisateur et à partir de la même source des métaux dans les mêmes conditions de dépôt dans le bassin des Jebilets centrales.

6.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Une première interprétation des résultats des analyses des chapeaux de fer a été basée sur l'utilisation des courbes gausso-logarithmiques permettant de réduire l'asymétrie de la distribution des populations de données brutes. Il est généralement reconnu que les éléments traces possèdent une distribution naturelle lognormale. Sur un papier à échelle gausso-logarithmique, une telle distribution sera représentée par une droite brisée de trois segments de droite marquée par des points d'inflexions produites par le changement de pente de leur graphisme faisant ressortir trois domaines (bruit de fond, zone de transition et zone anomalique). L'exemple de ce type de distribution est représenté à la figure 4 pour l'ensemble des éléments chimiques analysés. Les résultats d'interprétation de distribution ont été reportés dans le tableau 3. Ces résultats serviront par la suite lors de l'interprétation des données de même à la réalisation cartes isovaleurs géochimiques.

Tableau 3. Limite de detection des anomalies du chapeau de fer des Jebilets centrales

Elément	*Ag*	*As*	*Bi*	*Cu*	*Mo*	*Ni*	*Pb*	*Sn*	*Te*	*Zn*
Bruit de fond	< 58	< 2000	< 120	< 7500	< 42	< 300	< 4500	< 25	< 45	< 5500
Zone de transition	58–120	2000-3000	120-220	7500-14000	42-65	300-550	4500-5500	25-40	25-80	5500-8000
Zone anomalique	> 120	> 3000	> 220	> 14000	> 65	> 550	> 5500	> 40	> 80	> 8000

6.4 CARTOGRAPHIE ET PRÉSENTATION DES DONNÉES DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Les cartes de compilation et d'interprétation géochimique donnent la possibilité aux géochimistes de repérer et d'identifier rapidement les dispersions ou les zones d'activités géochimiques. Dans le cas des chapeaux de fer des Jebilets centrales, la méthode des cartes de symbolisation graduées a été adoptée compte tenu de la morphologie et la disposition des chapeaux de fer. Elle permet de visualiser rapidement les sites anomaliques tout en établissant une idée générale de la force des teneurs. Au cours de la réalisation des cartes, les résultats des traitements statistiques des courbes de distribution gausso-logarithmique faisant ressortir l'individualisation des zones de bruit de fond, la zone de transition et la zone anomalique et ont été pris en considération. Dans notre cas, nous nous restreindrons à l'interpolation et l'extrapolation spatiale en deux dimensions. Dans un premier temps, les anomalies pour chaque élément chimique sur une carte distincte ont été localisées pour chaque site. En second lieu, les cartes obtenues ont été superposées de façon à faire ressortir les sites présentant des anomalies à plusieurs éléments.

Les cartes des éléments contenus dans les chapeaux de fer ont été reportées sur la figure 5 pour l'ensemble des éléments et résumé dans le tableau 4. L'important constat immédiat, en se référant aux résultats obtenus des cartes des anomalies fait ressortir l'individualisation de trois catégories de sites. La première catégorie renferme celle de Draa sfar (Sidi Mbarek) et Koudiat Aïcha avec un ensemble important d'anomalies. La seconde catégorie englobe les sites de Ben Slimane, Lachach et kettara. La troisième classe englobe les autres sites de moindre importance. Cette subdivision permettra de focaliser les recherches et de comprendre les différentes corrélations entre éléments chimiques et d'étendre les résultats sur l'ensemble des terrains hercyniens des Jebilets voir leur extrapolation vers l'ensemble des terrains hercyniens.

Tableau 4. Anomalie des éléments chimiques de chapeau de fer du district des Jebilets centrales

	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Te	Zn
Kettara			*							
Ben Slimane					*		*	*		
Kerkoz										
Kt, Delaa										
Sidi Mbarek	*		*	*				*	*	
Tazakourt										
Draa Tarfani										
Jbel Hadid										
Koudiat Aïcha		*				*	*			*
Lachach							*			
Bouhane										

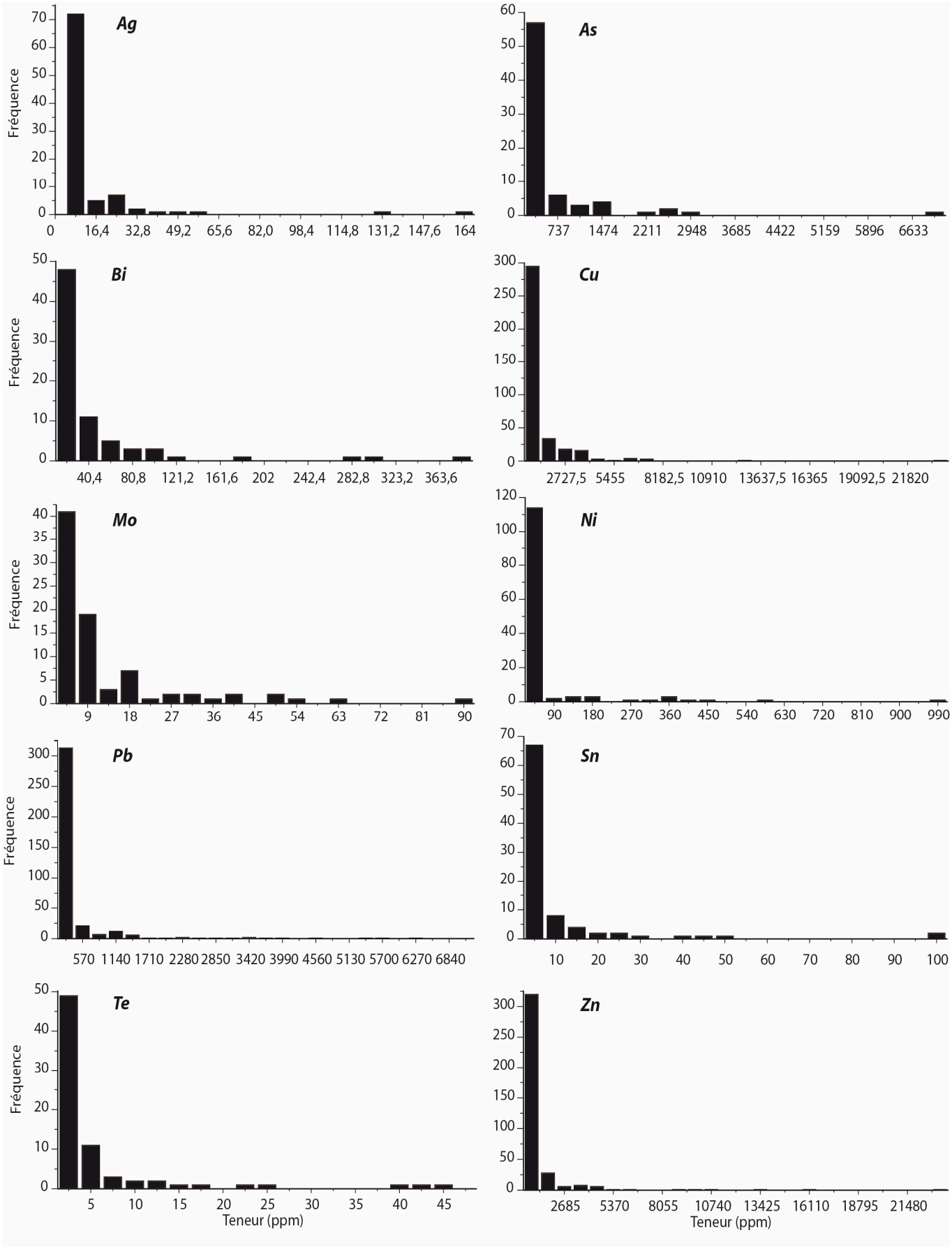


Fig. 3. Histogramme de fréquence des éléments traces des chapeaux de fer des Jebilets centrales

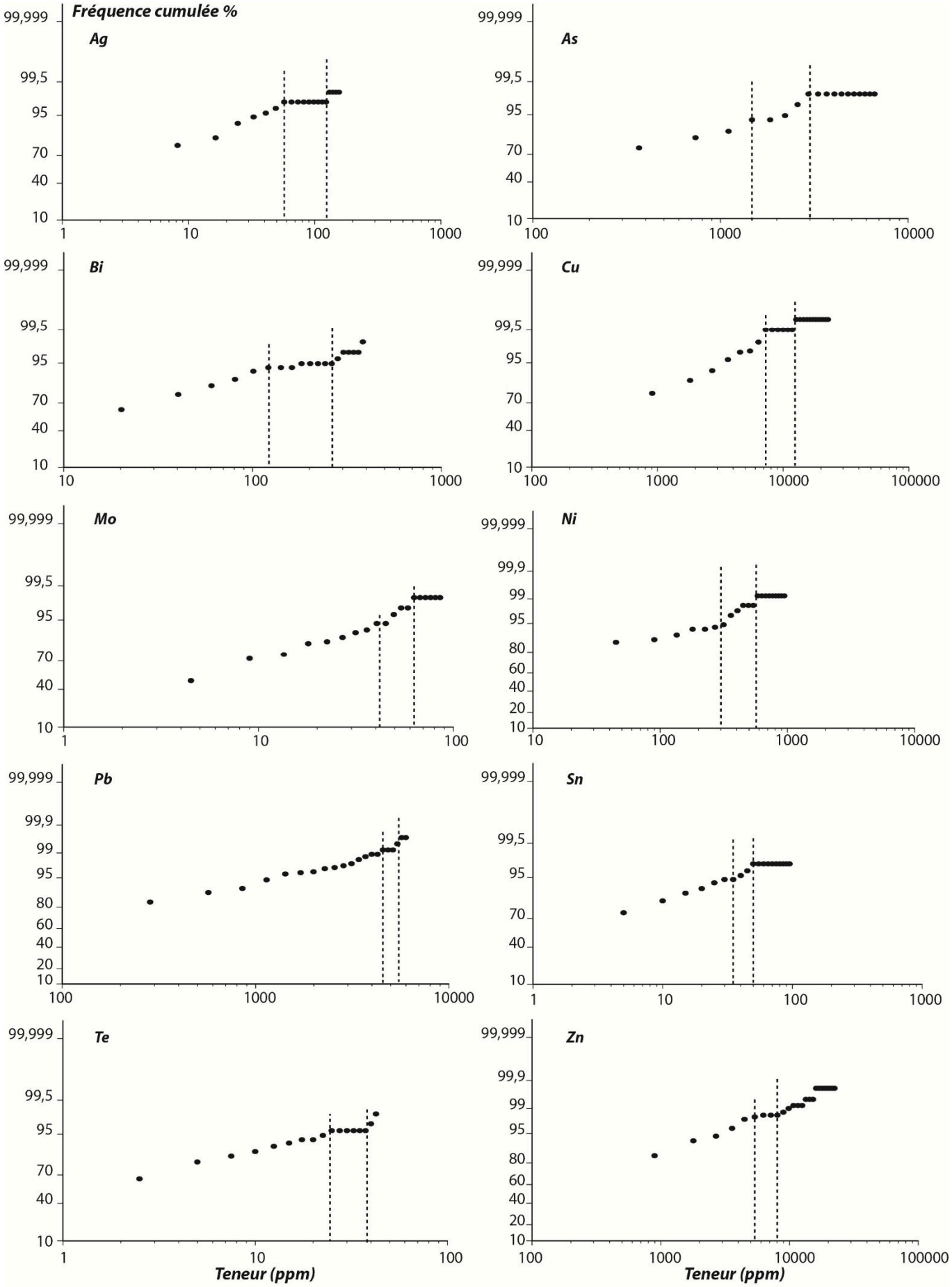


Fig. 4. Représentation graphique des fréquences cumulées en fonction de leurs teneurs des éléments des chapeaux de fer des Jebilets centrales

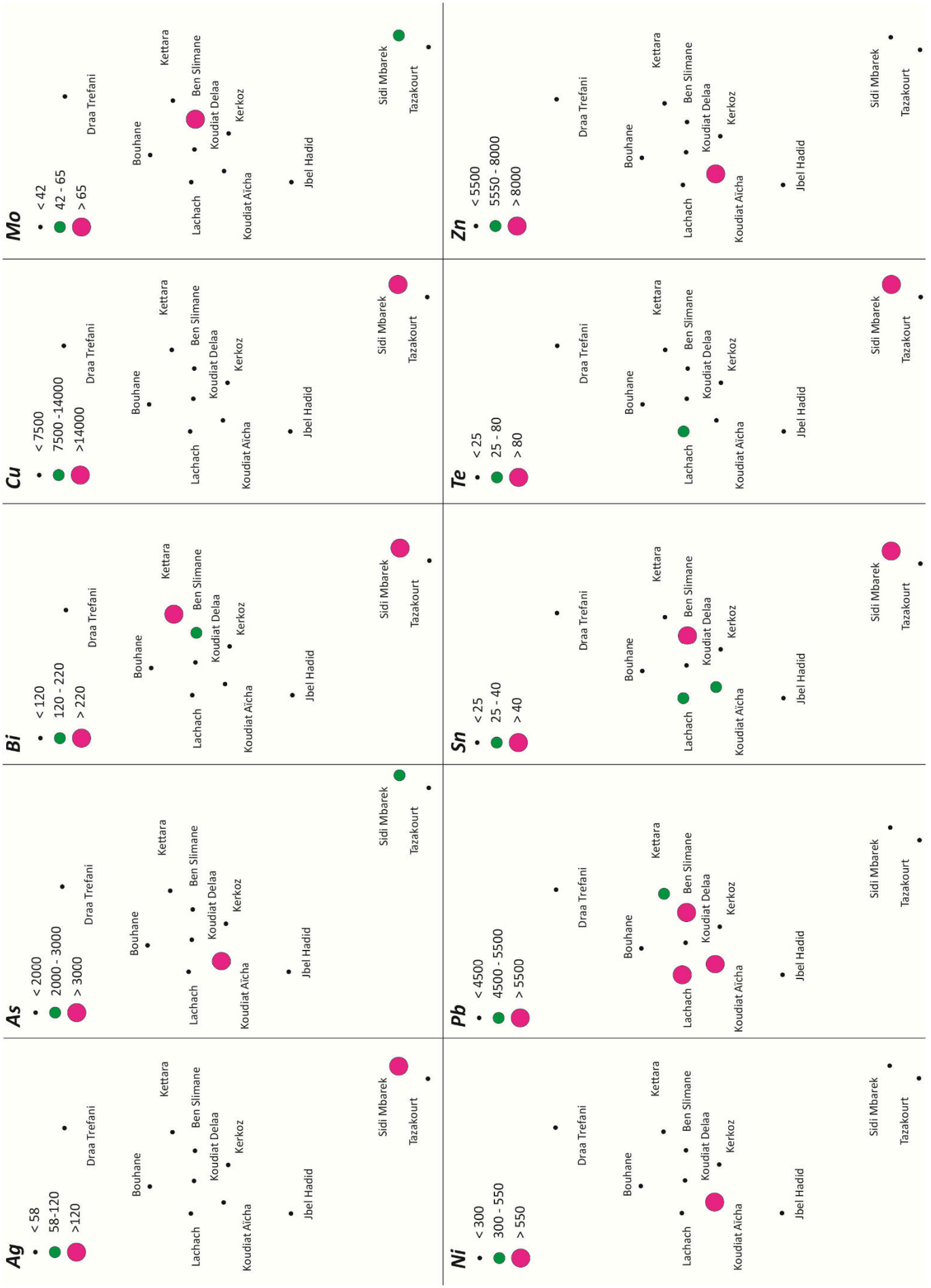


Fig. 5. Carte de distribution des anomalies des analyses des chapeaux de fer des Jebilets centrales

7 DISCUSSION

Cette étude constitue une des applications de la géochimie de prospection destinée aux chapeaux de fer et à l'évaluation du potentiel minéral de la province métallogénique à amas sulfurés des Jebilets centrales. La géochimie en tant qu'une méthode de prospection minière incontournable par sa simplicité et la quantité d'informations, peut être un outil de cartographie géochimique par excellence.

La province métallogénique des Jebilets recèle dans son sol un important potentiel minier attesté par les nombreux gisements de métaux de base et des métaux précieux qu'elle abrite. Le fait de concentrer l'échantillonnage dans tout le secteur des Jebilets centrales est intéressant pour classer les chapeaux de fer étudiés et d'essayer de dégager quelques guides de prospection régionale, et d'étendre les résultats sur l'ensemble des terrains hercyniens.

Au niveau du secteur de Jebilets centrales, la minéralisation sulfurée est marquée à affleurement par le développement de chapeaux de fer bien individualisé. Les conclusions tirées de la statistique classique et celles déduites des variogrammes concordent assez bien. Le caractère unimodal homogène pour l'ensemble des éléments traduit l'appartenance à la même population et par conséquent au même cycle minéralisateur lors de l'ouverture du bassin des Jebilets centrales et la mise en place des corps minéralisés sur le plancher sous-marin. De ce fait là, Il suffit d'analyser les échantillons de chapeau de fer du même contexte pour l'élément recherché en association avec quelques minéraux indicateurs dont le but d'optimaliser les coûts inhérents à l'amont pour un tel projet par la diminution du nombre d'éléments à analyser et d'augmenter le nombre d'échantillons suffisants pour obtenir une confiance statistique valable.

Les résultats des éléments analysés du chapeau de fer du secteur du la province des Jebilets centrales ont servi de déterminer les seuils pour chaque élément chimique pour un éventuel traçage des cartes de symboles gradués des différents éléments en tenant compte avec les valeurs locales du bruit de fond et anomalique pour chaque élément analysé. Les valeurs élevées du bruit de fond des chapeaux de fer dans le secteur par rapport à ceux du Clark des éléments correspondant ont été attribuées au caractère minéralisé de la roche mère formant le protore encaissé dans les roches sédimentaires de la série de Saghlef.

L'interprétation des données des chapeaux de fer a fait ressortir trois grands ensembles distincts de point de vue le nombre d'anomalies obtenus en superposant les données de la géologie et des donnés des travaux récents.

La première classe renferme les gisements de Draa Sfar "Sidi Mbarek" en cours d'exploitation et celui de Koudiat Aïcha en cours de développement. Le chapeau de fer de Sidi Mbarek, montre une association de cinq anomalies (Ag, Bi, Cu, Sn et Te). De tels éléments localisés au niveau de la zone oxydée traduisent la présence d'un minerai primaire polymétallique riche en galène argentifère, la chalcopyrite sphalérite et la stannite [19] [20] [21]. Les ressources géologiques sont de l'ordre de 10Mt à 5,39% Zn, 1,94%Pb et 0,34%Cu [22] [23]. Les récents travaux et l'élaboration des modèles tridimensionnels ont démontré l'enracinement des minéralisations en profondeur (-1500 m) et ont permis la remise en activité de la mine Draa Sfar après 23 ans d'arrêt [22] [23] [24]. Le chapeau de fer de Koudiat Aïcha rangé dans la première catégorie montre une association de quatre anomalies (As, Ni, Pb et Zn). La présence de ces éléments traduit une richesse de la minéralisation primaire en arsénopyrite, galène et sphalérite [25] [26]. Les récents travaux de recherches géologiques et géophysiques et des sondages ont été entrepris dans le but d'intercepter et de déterminer l'allure générale et la morphologie du corps minéralisé en profondeur. Ces travaux ont permis de déterminer un enracinement de la minéralisation massive (-500 m) qui s'épaissit en aval (5-20m) et de mettre en évidence des ressources potentielles en métaux de base de 3.6 Mt à environ 3% Zn, 1% Pb et 0.6% Cu [27] [28] [29].

La seconde classe renferme les indices et gisements de Ben Slimane, kettara et Lachach. Elle est moins polymétallique par rapport à la première. L'indice de Ben Slimane renferme l'association de trois anomalies (Mo, Pb et Sn). Il constitue la continuité SW du chapeau de fer de Kettara. Les sondages réalisés récemment sur ce secteur ont montré l'enracinement du corps minéralisé au moins jusqu'à la cote -350m. La minéralisation se présente sous forme d'une lentille unique de pyrrhotine massive avec seulement des traces de métaux de base sauf pour le cuivre qui est présent en quantité non-négligeable (2%). Le gisement de kettara, avec son chapeau de fer bien développé, il a été le premier amas sulfuré découvert et exploité dans le massif des Jebilet. Les ressources calculées sont d'environ 25 millions de tonnes à 25% S et 0.7% Cu [7] [8]. Ce chapeau de fer a été exploité pour ses ocres "jaune et rouge" en premier lieu, pour sa pyrite de la zone de cémentation et la pyrrhotite primaire en second lieu pour l'enrichissement de l'acide phosphorique au profit de l'OCP. Cependant, la mine a été abandonnée suite à la pauvreté de la minéralisation en métaux de base (0.7% Cu) ainsi que pour ses problèmes environnementaux [30]. Cette pauvreté en métaux de base s'est bien manifestée par l'absence d'anomalies géochimiques de son chapeau de fer bien développé. Bien que le secteur de Lachach semble être, au moins géographiquement, la continuité directe du secteur de Koudiat Aïcha, le chapeau de fer ne montre qu'une seule anomalie à Pb compte tenu du contexte géologique et minier du secteur étudié. Le fait marquant d'une campagne de sondage réalisé récemment a donné des résultats intéressants de plus de 20m de stockwerk à pyrrhotine avec traces de métaux de base (chalcopyrite, galène et sphalérite). L'interprétation géophysique des anomalies magnétiques mises en évidence a permis de caractériser la structure profonde des corps

magnétiques de Lachach, qui pourraient correspondre à des amas sulfurés enracinés plus en profondeur [31] [32].

La troisième catégorie des chapeaux de fer ne montre pas d'anomalie. Il s'agit des chapeaux de fer de moins évolués tels que ceux de Draa Trefani, Kerkoz, Jbel Hadid, Bouhane et Koudiat Delaa. L'interprétation primaire des résultats obtenus permet de constater l'absence d'enracinement d'une minéralisation polymétallique en profondeur et pourraient pas être une cible pour les métaux de base actuellement.

8 CONCLUSION

La géochimie d'exploration a contribué de façon significative à la découverte de nombreux gisements métallifères. Elle constitue un outil de reconnaissance incontournable en particulier dans les zones où le socle hercynien, a été redressé à la verticale et marqué par une importante épaisse série de recouvrement. Cette approche d'exploration, a montré son importance et sa grande utilité dans le but de cibler et de localiser les potentialités métallifères en profondeur comme dans le prospect de la province métallogénique des amas sulfurés des Jebilet Centrales. L'étude a cependant montré que les éléments chimiques tels que l'Ag, As, Bi, Sn, Mo, et Te en plus des éléments de métaux de base recherchés peuvent être de bons indicateurs de la proximité de la minéralisation sulfurée polymétallique en profondeur. Ces résultats très intéressants peuvent être combinés avec les levés de géophysique et s'étendre sur l'ensemble des chapeaux de fer non étudiés de la présente province pour d'éventuelles découvertes futures.

REFERENCES

[1] A.G. Galley, M.D. Hannington, & I.R. Jonasson, "Volcanogenic massive sulphide deposits, in Goodfellow, W.D., ed., Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods", Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, p. 141-161, 2007

[2] A. Piqué, "Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale", Presses Universitaires Maghrébines Edition, 284 p. Marrakech, 1994.

[3] J. Fabre, "Structure de l'Algérie saharienne. Eléments pour une carte tectonique", *Bull. Serv. Géol., Algérie, Nouvelle série, V. 41, 161-185,* 1971.

[4] M. Leblanc & J. Lancelot, "Interprétation géodynamique du domaine pan-africain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir de données géologiques et géochronologiques", *Can. J. of Earth Sci., 17, 142-155,* 1980.

[5] M. Bouabdelli, **"**Tectonique et sédimentation dans un bassin orogénique: le sillon viséen d'Azrou-Khénifra (Est du massif central du Maroc) **",** *Thèse d'état, Univ. Strasbourg, 262 p.,* 1989.

[6] A. Piqué & A. Michard, **"**Moroccan Hercynides. A synopsis. The Paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of West Africa**"**. *Amer. J. Science 29, 286-330*., 1989.

[7] A.J. Bernard, O.W. Maier & A. Mellal, **"**Aperçu sur les amas sulfurés massifs des hercynides marocaines, **"** *Mineralium Deposita 23, 104-114,* 1988

[8] P. Huvelin, "Etude géologique et gîtologique du massif Hercynien des Jebilets (Maroc Occidental)," Note et Mém. Serv. Géol. Maroc, Rabat, N° 232 bis, 307 p., 1977.

[9] M. Bordonaro, "Tectonique et pétrographie du district à pyrrhotine de Kettara (Paléozoïque des Jebilets, Maroc)". Thèse de 3ème cycle Université Louis Pasteur de Strasbourg, 132pp, 1983.

[10] El.M. Aarab, "Mise en place du caractère cogénétique des roches magmatiques basiques et acides dans la série volcanosédimentaire de Saghlef (Jebilets, Maroc hercynien), " Thèse Doctorat de 3ème cycle, Univ. Nancy I 145 p., 1984.

[11] A. Essaifi, **"**Relation entre magmatisme, déformation et altération hydrothermale. L'exemple des Jebilet centrales (hercynien, Maroc) **",** *Thèse d'Etat es sciences, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, 331p,* 1995.

[12] M. Bordonaro, J.L Gaillet & A. Michard," Le géosynclinal carbonifère sud-mésétien dans les Jebilets (Maroc) ; une corrélation avec la province pyriteuse du sud de l'Espagne," CR Acad Sci Paris 288-D, 1371-1374, 1979.

[13] A. El Harti, **"**Mode de gisement, étude structurale et contexte de mise en place des corps magmatiques preorogéniques des Jebilet centrales. Sur l'exemple des intrusions de Koudiat Kettara (Maroc Hercynien), **"** *Thèse de 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, Marrakech, Maroc, 142 p.,* 1995.

[14] R. El Mouraouah, **"**Mise en évidence du caractère lamprophyrique des filons Tardihercyniens des Jebilet: Implication petrogénétique**",** *Thèse de 3ème cycle, Marrakech, 104p.,* 1992.

[15] Z. Mrini, **"**Chronologie (Rb-Sr, U-Pb), traçage isotopique (Sr-Nb-Pb) des sources des roches magmatiques éburnéennes, panafricaines et hercyniennes du Maroc**",** *Thèse d'Etat, Uni. Cadi Ayyad, Marrakech, 198 p.* 1993

[16] Z. Mrini, **"**Age et origine des granites hercyniens du Maroc, apport de la géochronologie et de la géochimie isotopique (Sr, Nb, Pb), **"** *Thèse, Uni. Clermont Ferrand II, 156p.,* 1985.

[17] C. Le Corre, & A. Saquaque, **"**Comportement d'un systbme plutonencaissant dans un champ de déformation régional: le granite du Bramram (Jebilet, Maroc hercynien)**",** Bull. Soc. géol. France, (8), t. III, n ° 4, pp. 665-673, 1987.

[18] A.T. Souaré, "Contribution à l'étude des amas sulfurés du district des Jebilets centrales et de leurs altérations supergènes (chapeau de fer). Comparaison avec les minéralisations sulfurées d'Agouim (Haut Atlas, Maroc)," Thèse 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 273 p., 1988.

[19] A. Belkabir, H. Gibson, E. Marcoux, D. Lentz, & S. Rziki," Geology and Wall-Rock Alteration at the Hercynian Draa Sfar Zn-Pb-Cu deposit, Morocco," Ore Geology Reviews 658, 33. 3-4, 280-306, 2008.

[20] L. Ben Aissi, "Contribution à l'étude gîtologique des amas sulfurés polymétalliques de Draa Sfar et de Koudiat Aïcha : comparaison avec les gisements de Ben Slimane et de Kettara (Jebilets centrales, Maroc hercynien)," Thèse de doctorat, Uni Cadi Ayyad, Marrakech, 333 p, 2008.

[21] E. Marcoux, A. Belkabir, H. Gibson, & D. Lentz,"The Draa Sfar ore deposit (Jebilets, Morocco): an example of pyrrhotite dominant-polymetallic VHMS in Hercynian terranes, " Ore Geology, 658. 33. 3-4, 304-328, 2008.

[22] S. Rziki, A. Alansari, E. M. Mouguina,J. Simard., M. Zouhair & L. Maacha, "Apport du modèle géologique et géophysique 3D dans le développement du gisement polymétallique de Draa Sfar (Massif Hercynien des Jebilets centrales, Maroc)," Estudios Geologicos; 10.3989/egeol.40366.138, 2011.

[23] S. Rziki, "Environnement géologique et modèle 3D du gisement polymétallique de Draa Sfar (Massif hercynien des Jebilets, Maroc) : Implications et perspectives de développement," Thèse présenté à la Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech. Maroc, 2012.

[24] I. Messrar, "Contribution à l'étude structurale, gîtologique et métallogénique du gisement de Draa Sfar Nord (Jebilets centrale, Maroc)," Master F.S.T, Fès, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdellah, 2016.

[25] F. Lotfi, Contexte géologique et modèle de mise en place de la minéralisation à sulfures massifs du gisement polymétallique (Zn, Pb, Cu) de Koudiat Aïcha, Jebilet centrales, Maroc, in recueil des résumé, Actes de la 10ème édition du colloque International : Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées – 3MA10, 2017.

[26] F. Lotfi, A. Belkabir; A.C. Brown, E. Marcoux, & S. Brunet, "Geology and mineralogy of the Hercynian Koudiat Aïcha polymetallic (Zn, Pb, Cu) massive sulfide deposit, Central Jebilets, Morocco, " Exploration and Mining Geology, 17, Nos. 3–4 : 45–162, 2008.

[27] F. Lotfi, "Utilisation de la géochimie des minéraux d'altération hydrothermale comme guide de prospection des massifs sulfurés volcanogènes (VMS) polymétalliques : cas du gisement de Koudiat Aïcha (Pb, Zn, Cu), Jebilets Centrales – Maroc," Actes des journées géologiques, Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Rabat, 2016.

[28] F. Lotfi, "Contexte géologique et minéralisation à sulfures massifs (Zn, Pb, Cu) du gisement hercynien de Koudiat Aïcha, Jebilets Centrales, Maroc," PhD Thésis, Université Cadi Ayyad Marrakech, 180 pp, 2009.

[29] F. Lotfi, "Utilisation des chapeaux de fer comme guide de prospection des amas sulfurés : cas du gisement polymétallique de Koudiat Aïcha, Jebilets Centrales Maroc, " In: recueil des résumés, Actes du Colloque international 3MA Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées, 9ème édition Taroudant – Agadir, le 02 au 04 avril, 2015.

[30] R. Hakkou, M. Benzaazouam & B. Bussière: "Acid Mine Drainage at the Abandoned Kettara Mine (Morocco) : 1. Environmental Characterization; 2. Mine Waste Geochemical Behavior", Mine Water Envir. 27, 145-159 and 160-170, 2008.

[31] M. Jaffal, N. El Goumi, M. Hibti, A. Adama Dairou, A. Kchikach, A. Manar, "Interprétation des données magnétiques du chapeau de fer de Lachach (Jebilets centrales, Maroc): Implications minières", Estudios Geológicos, 66(2) 171-180, 2010

[32] M. Jaffal, L. Maacha, A. Jarni, A. Kchikach, P. Berube, M. Zouhair, A. Ouadjou, A. Radnaoui, J. Ait Taleb & O. Saddiqi, "Application des méthodes géophysiques à la recherche d'amas sulfurés : Cas du chapeau de fer de Lachach, Jebilets centrales, Maroc", in recueil des résumé, Actes de la 10ème édition du colloque International : Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées – 3MA10, 2017.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 602-612
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contribution à l'amélioration de la surveillance de l'usure de l'outils de coupe en tournage par analyse des signaux vibratoires : Analyse de puissance de coupe

[Contribution to the improvement of the usury surveillance of the turning cutting device by the analysis of vibrating signals: Analysis of the cutting device power]

Jean Claude Mukaz Ilunga[1], Dany Katamba Mpoyi[2], and Moise Avoci Ugwiri[2]

[1]Institut Supérieur de Techniques Appliquées, Kinshasa, RD Congo

[2]Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work is based on the analysis of vibrations generated during the classical shooting. The main objective is to improve the surveillance of the cutting device usury during its three phases of life. This analysis aims to demonstrate if there is a relation between the evolution of the usury and the measured length(vibrations)during the machining. To succeed , we have made many great campaigns by using tools in platelet and the monobloc in metallic carbureted engine. Thus, generated vibrations during the machining operations have been registered, following two axes on the machine tool thanks to the mono axial accelerometer situated on the turret. The first is oriented following the vertical direction x (radial), the second following z(axial) and parallel to cut effort. These directions have been qualified of privileged directions . however signals have been treated via two methods ; temporal method based on statistic indicators (RMS, kurtosis, skewness, variance, variance, average) and frequential method. Furthermore,, we'll measure the electrical power and we have visualized and measured the width of the usury thanks to an optic microscope. Finally, the proposed methods in this work have permitted to determine the vibrating level of the signal and pertinent indicators permitting a surveillance of the tool usury of the classical turning cut.

KEYWORDS: turning, cutting tool, usury tool surveillance, vibrating analysis, power cut analysis.

RESUME: Ce travail est basé sur l'analyse des vibrations générées pendant le tournage classique. L'objectif principal est d'améliorer la surveillance de l'usure de l'outil de coupe pendant ces trois phases de vie. Cette analyse vise à démontrer s'il y a une relation entre l'évolution de l'usure et les grandeurs mesurées (vibrations) pendant l'usinage. Pour y arriver nous avons effectué plusieurs campagnes de mesure en utilisant les outils en plaquette et le monobloc en carbure métallique. Ainsi les vibrations générées pendant les opérations d'usinage ont été enregistrées, suivant deux axes sur la machine-outil à l'aide de deux accéléromètres mono axial positionnés sur la tourelle. Le premier est orienté suivant la direction verticale X (radiale), le second suivant Z(axiale) et parallèle à l'effort de coupe. Ces directions ont été qualifiées de directions privilégiées. Cependant les signaux ont été traités via deux méthodes : la méthode temporelle basée sur les indicateurs statistiques (RMS, Kurtosis, skweness, variance, moyenne) et la méthode fréquentielle. Par ailleurs nous allons mesurer la puissance électrique et nous avons visualisé et mesuré la largeur de l'usure en dépouille à l'aide d'un microscope optique. Enfin les méthodes proposées dans ce travail ont permis de déterminer le niveau vibratoire du signal et des indicateurs pertinents permettant une surveillance de l'usure de l'outil de coupe en tournage classique.

MOTS-CLEFS: tournage, outil de coupe, surveillance de l'usure d'outil, analyse vibratoire, analyse de la puissance de coupe.

Corresponding Author: Dany Katamba Mpoyi

1 INTRODUCTION

L'usinage par enlèvement de matière est un procédé de fabrication le plus important dans l'industrie mécanique ou les opérations de coupe sont basées sur l'usinage à grande vitesse (UGV) sont largement utilisées les pièces dans une large gamme d'applications (de l'aérospatiale à l'industrie mécanique) [1]. La minimisation de couts se présente comme une exigence incontournable dans tous les secteurs de production, car avec la mondialisation de l'économie seuls les produits réalisés à un cout raisonnable peuvent encore trouver leur place sur les marchés. L'état de l'outil et sa durée de vie sont des composantes critiques du cout d'usinage [2]. Il est donc important de pouvoir élaborer un moyen de détection d'usure et de prédiction de la durée de vie de l'outil pour une gestion rationnelle du temps de production, Les tolérances dimensionnelles et la qualité des pièces usinées en dépendent.

Il ne sera pas question d'empêcher l'usure qui est un phénomène inhérent à tout processus de coupe vu les niveaux de contraintes, de frottement et de température auxquels l'outil est soumis. Mais une méthode permettant la détection de l'apparition de l'usure et son évolution est un réel besoin dans le cadre d'une politique « **juste à temps** » de changement d'outil [3,4].

Les trois principaux mécanismes responsables de l'usure des outils de coupe sont l'adhésion, l'abrasion et la diffusion [5]. La durée de vie de l'outil de coupe est principalement liée au développement de deux types d'usures : l'usure en face de dépouille et l'usure en caractère. La première et due aux frottements entre la matière et la face de coupe de l'outil, tandis que la seconde est induite par le contact entre les copeaux et la face d'attaque [6].

Plusieurs travaux ont proposé d'exploiter différents types de signaux issus de l'usinage tels que les efforts de coupe [7], l'émission acoustique [8], et les vibrations [9,10,11] dans le but d'en extraire l'information nécessaire pour réaliser une surveillance efficace. Plusieurs techniques de traitement de signal ont été adoptées, notamment les méthodes fréquentielles, temporelles, statistiques et l'analyse conjointe temps-fréquence.

Les méthodes de surveillance d'outils sont généralement classées en deux groupes dont :

1) Les méthodes directes où l'usure est directement mesurée en utilisant des capteurs optiques, radioactifs ou des capteurs basés sur la résistance électrique ;
2) Les méthodes indirectes qui procèdent par une évaluation de l'usure sur base des paramètres mesurées pendant le processus de coupe : l'effort de coupe, l'émission acoustique ou les vibrations.

Toutes ces méthodes peuvent être classées en méthodes on-line appliquées pendant la coupe et en méthodes off-line où l'on interrompt le processus pour procéder au Contrôle.

2 EVALUATION DE LA DUREE DE VIE D'UN OUTIL DE COUPE

La définition de la durée de vie d'un outil selon la norme ISO 8688 : « C'est le temps coupe total de l'outil pour atteindre une valeur spécifiée de critère de durée de vie ».

Dans les conditions d'usinage normales, l'usure en dépouille est considérée comme l'usure prépondérante. Le développement de ce type d'usure sur une plaquette de coupe n'est pas un phénomène aléatoire, mais on peut observer trois phases au cours de la vie de l'outil (rodage, usure stabilisée et usure accélérée) [6].

Si la frange de cette usure est uniforme, il est conseillé d'accepter une largeur d'usure, notée Vb, égale à 0.3 mm. Si non, la limite admissible est fixée à 0.6 mm [14]. Dans notre cas, l'évolution limite admissible est fixé à 0.3 mm.

3 METHODES D'ANALYSE DES VIBRATIONS

Il existe différents outils d'analyse vibratoire permettant de détecter et de diagnostiquer l'apparition précoce des défauts. Elles sont généralement classées en deux grandes familles, analyse temporelle et fréquentielle.

L'analyse temporelle est basée sur l'analyse statistique du signal recueilli, elles s'appliquent à des machines simples et consistent à effectuer des mesures de vitesse dans des gammes de fréquences faibles et des mesures d'accélération dans des gammes de fréquences élevées. Le but est de minimiser l'influence des vibrations induites par la rotation des arbres. Cette méthode utilise des indicateurs scalaires qui permettent de suivre l'évolution d'une grandeur dérivant de la puissance ou de l'amplitude crête du signal. Sa valeur peut ne pas avoir de signification intrinsèque, mais c'est son évolution dans le temps qui est significative du défaut.

L'analyse du contenu fréquentiel est basée sur la transformation de Fourier. La connaissance des fréquences caractéristiques permet d'identifier et de localiser les défauts issus des composants mécaniques en analysant leur spectre. Elles sont souvent utilisées pour les machines complexes comportant beaucoup de composants mécaniques.

3.1 ANALYSE DANS LE DOMAINE TEMPOREL

En surveillance vibratoire, les outils les plus simples pour la détection sont basés sur les inducteurs extraits dans le domaine temporel. Dans le domaine temporel, les indicateurs sont généralement définis sur base des moments statique [12].

$$F(x) = P(X \prec x) \qquad (1)$$

la fonction de densité de probabilité est:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \qquad (2)$$

L'espérance mathématique d'une fonction g(x) est l'intégrale

$$E\{g(x)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x)f(x)dx \qquad (3)$$

on définit la fonction caractéristique de variable aléatoire comme la transformé de Fourier de sa fonction de densité de probabilité f(x) moyennant un changement de signe. Elle est donnée par:

$$\Phi(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{jwx} f(x)dx = E\left\{e^{jwx}\right\} \qquad (4)$$

Cette fonction est aussi appelée *fonction de génération des moments statistiques*. En effet, les moment sont les coefficients de puissance de *jw* dans son développement en série de Taylor

$$E\left\{e^{(jwx)}\right\} = E\left\{1 + (jw)x + \frac{(jw)^2x^2}{2!} + \frac{(jw)^3x^3}{3!} + \ldots\right\} \qquad (5)$$

Soit encore

$$E\left\{e^{(jwx)}\right\} = 1 + (jw)E\{x\} + \frac{(jw)^2}{2!}E\left\{x^2\right\} + \frac{(jw)^3}{3!}E\left\{x^3\right\} + \qquad (6)$$

Les moments d'ordre *n* sont:

$$E\{x^n\}\, m_n \qquad (7)$$

On pourra aisément remarquer que les moments sont des dérivées de la fonction caractéristique par rapport à *jw* et calculées au point *w*=0

$$m_n = \frac{d^n\Phi(0)}{d(jw)^n} \qquad (8)$$

La transformation consistera à représenter le signal temporel dans l'espace d'indicateurs basés sur les moments statistiques dont les plus utilisés sont :

3.1.1 LA VALEUR EFFICACE (RMS)

temporel qui mesure le contenu énergétique dans un signal vibratoire. Pour une série temporelle $\{x_i\}$ longueur n, la valeur efficace s'exprime par:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (9)$$

Ou x bar est la valeur moyenne de $\{x_i\}$. la valeur de RMS est la racine carrée du deuxième moment statistique m_2. la valeur efficace calculées ont des bandes fréquentielles données peuvent servir d'indicateurs particulièrement simple à utiliser [13]: on considère généralement un ensemble de quatre à dix bandes de fréquences pour leur définition. Pour un signal aléatoire, la fonction de réparation des amplitudes suit une *loi normale* de moyenne nulle et d'écart-type sigma. La valeur efficace RMS doit être égale 1/3 de la valeur crête.

3.1.2 COEFFICIENT D'ASYMETRIE (SKEWNESS)

Il caractérise le degré de dissymétrie d'une distribution autour de la moyenne. il est calculé

$$Skew = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i - \bar{x}}{RMS}\right)^3 \qquad (10)$$

Pour un système mécanique le signal vibratoire de bon fonctionnement à une distribution qui suit la loi normale. Le Skeweness doit être égale à zéro par contre l'apparition d'un défaut modifie l'allure de sa distribution et si nous observerons une déviation de la loi normale le skweness sera diffèrent de zéro par contre l'apparition d'un défaut modifie l'allure de sa distribution et si nous observerons une déviation de la *loi normale* le skweness sera diffèrent de zéro.

3.1.3 COEFFICIENT D'APLATISSEMENT (KURTOSIS)

Il est un indicateur de la proportion d'échantillons qui s'écartent faiblement de la valeur moyenne comparée à ceux qui s'en écartent largement. l'allure aplatie d'une distribution par rapport à la distribution normale est calculé par:

$$Kurt = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i - \bar{x}}{RMS}\right)^4 - 3 \qquad (11)$$

La présence d'un terme de puissance 4 donne un poids considérable aux amplitudes élevées. le *kurtosis* permet de détecter l'apparition de chocs et suivre l'évolution des défauts induisant des forces impulsionnelles périodiques. la valeur du Kurtosis est de 1,5 pour un signal harmonique et de 3 pour un signal aléatoire. Pour un outil en bon état, la valeur du Kurtosis est de l'ordre de 3 (entre 2,75 et 3,25) alors qu'elle s'approche de 4 lorsque l'outil se détériore.

3.1.4 FACTEUR DE CRETE FC

Le facteur de crête est un des indicateurs spécifiques qui accentuent l'apparition de chocs dans les vibrations. Les pics dans le signal temporel correspondront à un accroissement du facteur de crête. Cet indicateur, comme le kurtosis, est utilisé pour la détection des anomalies qui se traduisent par des chocs liés par exemple au contact de surfaces dégradées [14]. Dès l'apparition du défaut, l'augmentation des chocs induit la croissance du niveau de crête alors que la valeur efficace évolue de manière moins marquée. Il en résulte une augmentation significative du facteur de crête. Le facteur de crête est donné par:

$$FC = \frac{max(x_i)}{RMS} \qquad (12)$$

Si une dégradation survient, la vibration devient alors aléatoire et le rapport de crête devient supérieur à 3. Le suivi du rapport de crête permet donc détecter les apparitions de défauts, sans toutefois permettre d'en diagnostiquer la source.

An fi de mieux capturer le contenu informationnel les signaux de vibration, il est toujours conseillé, been qu'étant dans le domaine temporel, d'extraire les indicateurs suivant des plages fréquentielles judicieusement choisies. Dans cet objectif, les filtres analogiques et digitaux fourniront un traitement adéquat au signal.

Pour que ces indicateurs puissent être comparés, il faut veiller à ce que les échantillons temporels soient filtrés dans des conditions rigoureusement identiques; il a en effet été constaté que les caractéristiques d'un filtre influencent fortement la valeur des niveaux extrêmes. De plus, la comparaison de valeur de crête ne put être logiquement effectuée que sur des échantillons de même durée, si le signal comporte une composante aléatoire. Un facteur crête supérieur à 6 est caractéristique de l'apparition de forces impulsionnelles [15].

3.2 ANALYSE DANS LE DOMAINE FRÉQUENTIEL

L'intérêt de cette analyse est donc d'éliminer les bruits qui perturbent la lecture du signal (climatique, par exemple) dont témoigne une courbe, et de distinguer les différents éléments qui interfèrent dans la composition de ce signal. La transformation de Fourier est l'une des méthodes utilisées fréquemment en analyse spectrale [16].

L'analyse spectrale « en fréquence » est devenue l'outil fondamental pour le traitement des signaux vibratoires. Elle s'appuie sur la transformée de Fourier:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt \qquad (13)$$

Ou x(f) est la transformée de Fourier, t est la variable de temps, f est la variable fréquence qui permet le passage du domaine temporel au domaine fréquentiel. Cette représentation permet de connaître le contenu spectral d'énergie ou de puissance, présent dans le signal à la fréquence f, et donc de détecter la présence d'un défaut générant un choc périodique à une fréquence de défaut.

Dans la pratique, on utilise la transformée de Fourier discrète rapide (FFT) sur des signaux numérisés:

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left|x(n)^2\right| = \int_{\frac{-1}{2}}^{\frac{1}{2}} \left|X(f)^2\right| df \qquad (14)$$

permet de rendre compte du fait que, le premier membre étant par définition l'énergie temporelle du signal, $|X(f)^2|$ s'interprète comme la distribution de l' énergie le long de l'axe des fréquences. On appelle densité spectrale de puissance (DSP) ou spectre de puissance, le carré du module de la transformée de Fourier, rapportée au temps d'observation. Elle présente l'avantage d'être corrélée à la sévérité d'un défaut. Elle est la représentation fréquentielle (spectre de puissance) la plus utilisée dans le diagnostic vibratoire des éléments des machines tournantes, des roulements, des outils de coupe, etc...

$$DSP(f) = \frac{\left|X(f)^2\right|}{d} \qquad (15)$$

Où DSP (f) est la densité spectrale de puissance, X (f) est la transformée de Fourier du signal, *d* est la durée d'observation. La mesure n'étant réalisée que sur un échantillon de signal de durée finie, la précision se trouve limitée. Le spectre est constitué de raies élargies, entourées de lobes latéraux. Il faut donc nécessairement introduire une fenêtre de pondération pour réduire l'effet des ondulations dues à la troncature du signal:

$$DSP_p(f) = \left|\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} f(k) - x(k)e^{j2\pi fk}\right|^2 \qquad (16)$$

Où est la densité spectrale de puissance pondérée, x (k) représente le signal discret à analyser, f (k) la fenêtre de pondération, N le nombre d'échantillons prélevés dans le signal temporel.

4 ETUDE EXPÉRIMENTALE

4.1 CADRE DE L'ÉTUDE

Les essais d'usinage ont été réaliser à l'atelier mécanique de l'institut supérieure des techniques appliquées (ISTA) sur un tour classique de marque HYDROGALLIC, elle porte un moteur Siemens à deux vitesses de puissance de 10 cv alimenté en triphasé 3×220, un mandrin 250 mm, alésage de broche de 45 mm, les vitesses de broche correspondantes sont :40 à 2000 tours/min avec une avance de travail de0:005 à 4;5 mm avec le poids net approximatif de 2200 Kg. Le matériaux choisi est un acier dur, les dimensions du cylindre usiné sont 300 mm de longueur et 50 de diamètre nous avons utilisé les outils en plaquette et le monobloc en carbure métallique.



Fig. 1. Système d'acquisition

4.2 DISPOSITIF D'ACQUISITION

4.2.1 CAPTEURS ET ACQUISITION DES SIGNAUX VIBRATOIRES

Dans notre démarche expérimentale, le premier problème à résoudre sur site est le positionnement des capteurs. Ce dernier est défini selon les contraintes d'installation suivantes: à proximité de la zone de coupe, Independent du changement de l'outil et sur une partie fixe de la machine. Cependant, Plusieurs endroits de la machine sont inaccessibles ce qui limite le nombre de capteur et leur positionnement. Dans cet esprit, l'accéléromètre utilisé est fixé sur la tourelle afin de mesurer les réponses vibratoires dans l'outil de coupe selon les deux axes de la machine:

- Le premier est orienté suivant la direction verticale X (radiale);
- Et le deuxième suivant la direction de Z (axiale) au plan de la tourelle et parallèle à l'effort de coupe.



Fig. 2. Positionnement des capteurs

La mesure des signaux accélérométriques en cours d'usinage a été réalisée à l'aide une chaine d'acquisition composée d'un accéléromètre piézoélectrique mono-axial de type et d'un système d'acquisition de National instrument (NI) dont le Compact DAQ sur lequel nous avons monté le module 9233 pour le conditionnement de ces signaux est piloté par le logiciel LAbVIEW qui nous a permis de programmer l'interface d'acquisition, la fréquence d'échantillonnage est de 25000 Hz, et les nombres d'échantillon de 250000 Hz ainsi nous avons enregistrés les réponses générées au cours d'un usinage dans son intégralité.

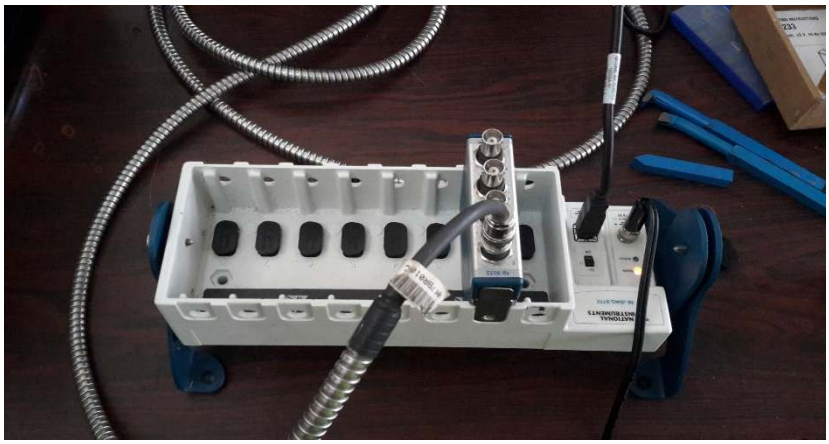


Fig. 3. Module NI d'acquisition Compact DAQ

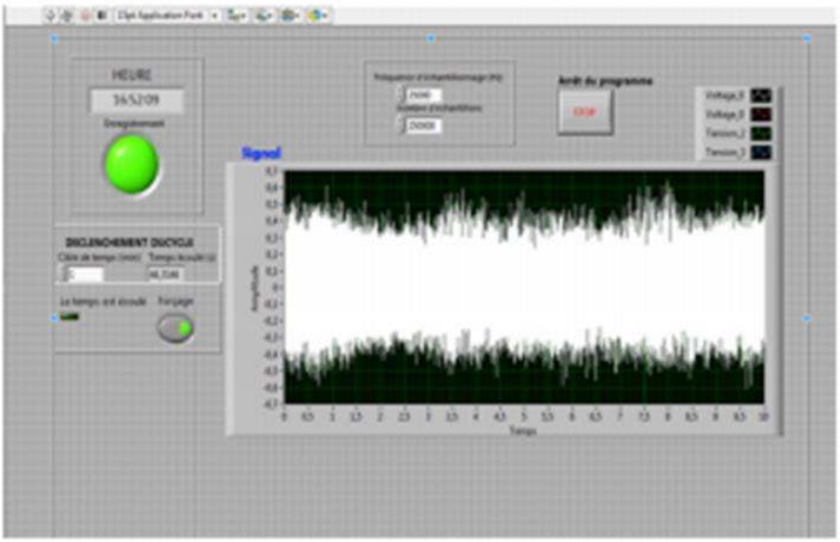


Fig. 4. Interface d'acquisition

4.2.2 MICROSCOPE OPTIQUE

Afin de mieux cerner le comportement dynamique associé à l'usinage, une expertise ex-situ a systématiquement été effectuée. Cette expertise a consisté en une observation au microscope optique à grossissement jusqu'à 4 fois la taille réelle avec une incertitude de mesure de 2%. Ceci afin de mesurer l'usure en d'épouille de nos outils de coupe (plaquette, monobloc).

4.2.3 PROCÉDURE DES TESTS

Les campagnes de mesures vibratoire sont effectuée sur trois phases principales de fonctionnement caractérisant l'état de l'outil de coupe: Outil neuve(N), Faible usure(U1), Usure avancée (U2) en variant le paramètre de coupe (vitesse de coupe, avance, passe) sans lubrification à sec et avec un montage mixte (entre mandrin et pointe).

Les essais de chariotage ont été réalisés sur une ébauche cylindrique de longueur 160mm et avec un diamètre 60mm pour un acier dur AISI 52100(66HRC).

5 INDICATEURS ET QUELQUES SPECTRES CARACTÉRISTIQUES

La figure 4 présente le filtrage d'un signal du fonctionnement de l'outil à l'état neuf par le moyen du filtre butterwoth d'ordre 5.

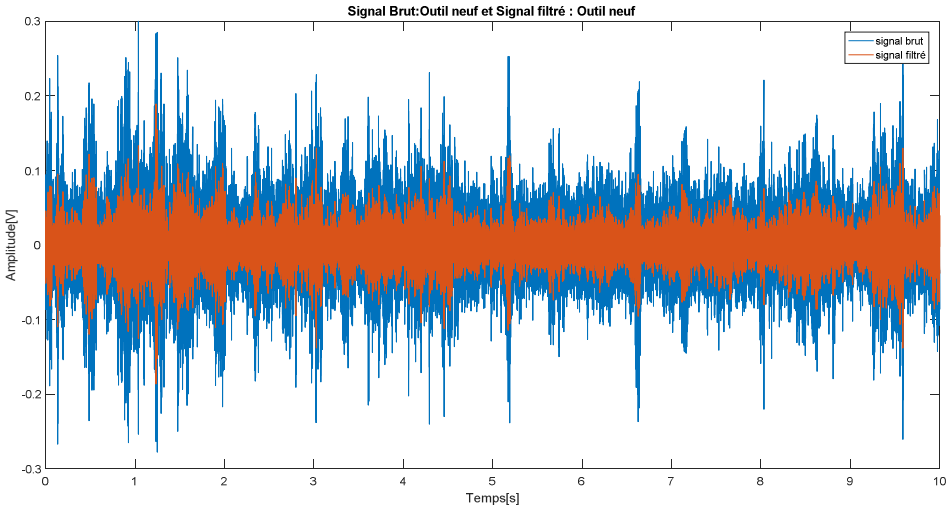


Fig. 5. Signal brut (blue) et filtré(rouge)

Sur la figure 5 on retrouve différents indicateurs temporels :

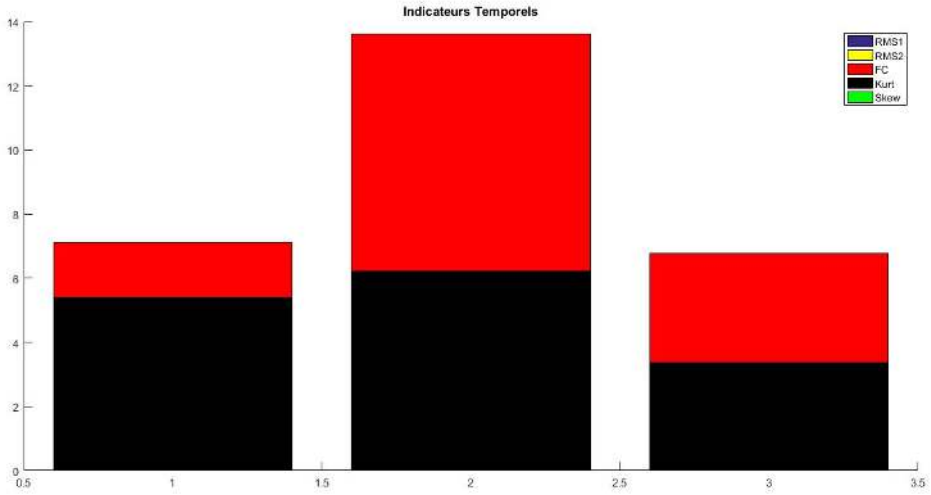


Fig. 6. Indicateurs temporel

La figure 6 montre que l'essentiel de l'information se trouve contenu dans les composantes fréquentielles entre 4 et 6 kHz.

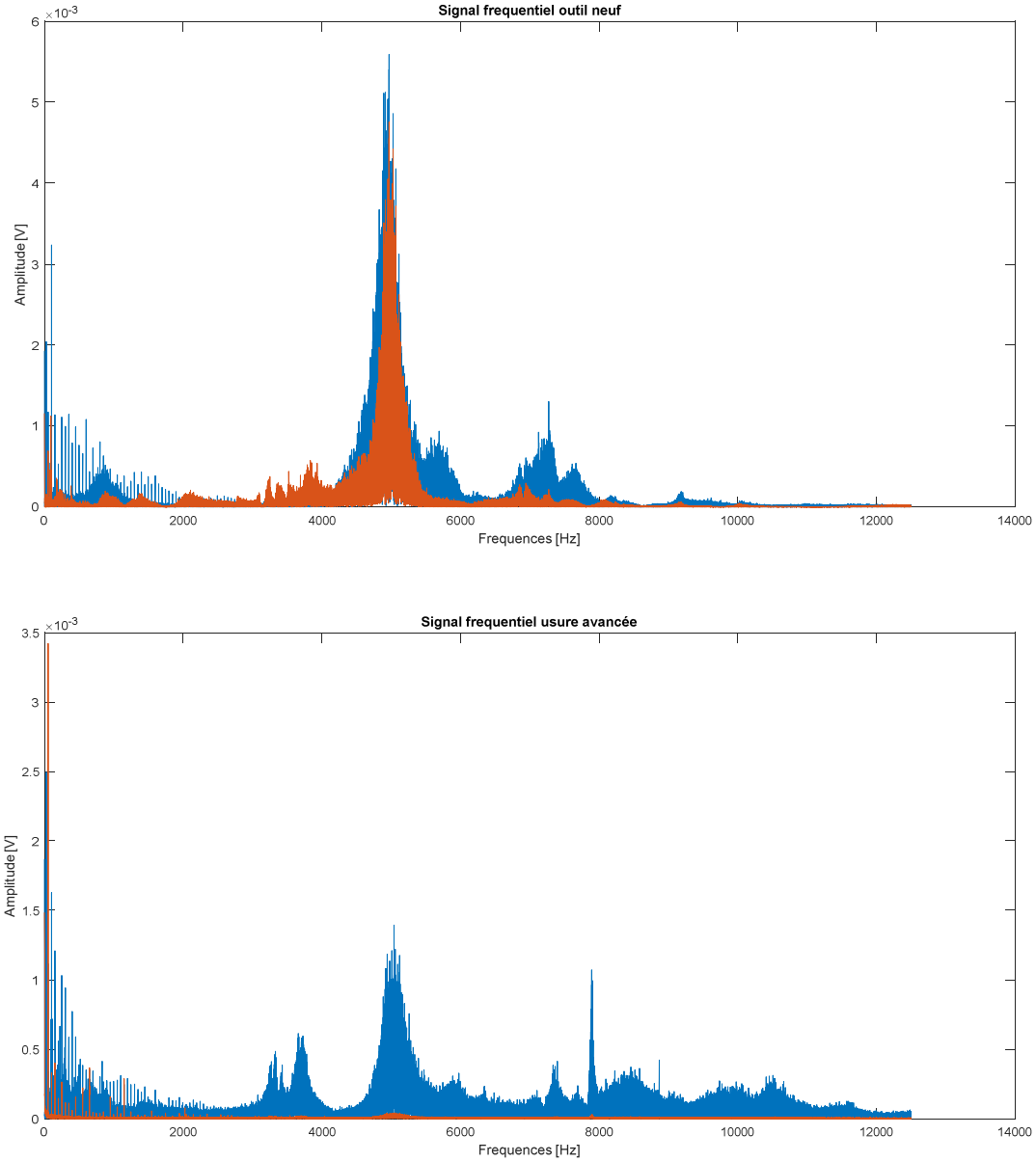


Fig. 7. Quelques spectres fréquentiel du processus de tournage

6 RÉSULTATS ET DISCUSSION

6.1 CONTRÔLE DIRECT DE L'OUTIL DE COUPE

La campagne expérimentale décrite précédemment nous a permis de prélever plusieurs observations depuis l'état neuf de la plaquette (figure 5-a) jusqu'à sa destruction (figure 5-b).

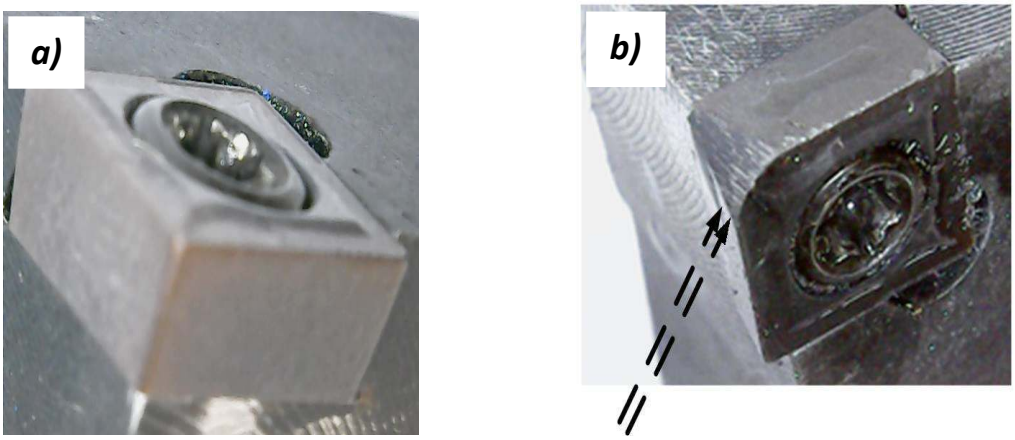


Fig. 8. Image de la plaquette neuve et usée

6.2 RESULTATS ISSUES DES VIBRATIONS

Deux domaines de traitement (temporel et fréquentiel) ont été exploités sur l'ensemble de données présentées ci-haut.

7 CONCLUSION

La surveillance de l'usure d'outils par des méthodes indirectes demeure un champ d'investigation ouvert, particulièrement pour la détermination du type de signal à utiliser et le traitement à lui imposer pour l'extraction d'indicateurs. Cette étude s'est essentiellement intéressée à l'état de l'outil.

Cette étude a mis en évidence deux aspects importants : la forte richesse en information des composantes hautes fréquences des signaux vibratoires et la robustesse des indicateurs définis qui prouve la possibilité de s'affranchir du bruit inutile par un filtrage passe-bande.

REFERENCES

[1] W. Rmili, Roger Serra, A. Ouahabi, Suivi d'usure des outils de coupe en tournage par analyse vibratoire, ResearchGate, June 2006.
[2] B. KILUNDU, Erkki Jantunen, Indirect multi signal monitoring and diagnosis of drill wear, PhD thesis, Helsinki University of technology, Janvier 2006
[3] C.S. Lee, D.A. Dornfeld, Design and implementation of sensor-based tool-wear monitoring systems, Mechanical Systems and Signal Processing, 10(1996)328--347
[4] M. NOUARI, "Modélisation de l'usure par diffusion des outils de coupe en usinage à grande vitesse", thèse de doctorat de l'université de technologie de Metz, 2000.
[5] S. ZIEBA, "Une méthode de suivi évolutif. Application au diagnostic de la qualité d'usinage" thèse de doctorat de l'université de technologie de Compiègne, 1995.
[6] X. LI, "A brief review: acoustic emission method for tool wear monitoring during turning", Machine Tools & Manufature, 42, 2002, pp. 29-34.
[7] E. KULJANIC, M. SORTINO, "A method based on cutting forces monitoring tool wear in face milling", Machine Tools and Manufacture,45, 2005, pp. 29-34.
[8] P. MARTIN, "influence de l'usure d'un outil de tour sur les vibratoires entretenues en coupe", Thèse de doctorat de l'université de Nancy I, 1973.
[9] C. SCHEFFER, P.S HEYNS, "wear monitoring in turning operations using vibration and strain measurements", Mechanical systems and Signal Processing, 15(6), 2001,pp.1185-1202.
[10] A. OUAHABI, W. RMILI, R. SERRA, C. GONTIER "Vibratory analysis for tool wear monitoring during machining (Turning, Milling)", 5th International Conference Acoustical and Vibratory Surveillance Methods and Diagnostic Techniques, Senlis, France, Octobre 2004.
[11] A. PAPOULIS, McGrawHill, Probability Random Variables and Stochastic Processes, 1965.
[12] T. TOUTOUNTZAKIS et D.MBA, observations of acoustic measurement methods for the Detection of defects in rolling element bearings, Tribology International, 2003.

[13] J. P DRON, F. BOLAERS et RASOLOFONDRAIBE, Optimisation de la détection de défauts de roulement par débruitage des signaux par soustraction spectrale, Mécanique et industries, 2003.
[14] CHOUIKHI NADJETTE, Diagnostic des états de surface par analyse vibratoire dans les procédés d'usinage, université BADJI MOKHTAR-ANNABA, 2008.
[15] Frank P. Bowden et David Tabor, Introduction à la tribologie, nature et comportement des surfaces frottantes, aspects géométriques, Heinemann, 1073.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 613-622
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Cognitive Restructuring in the Group Treatment of Test Anxiety among Learners Studying in Remedial Centres in Ibadan, Oyo State

Afusat Olanike Busari

Department of Guidance and Counselling,
University of Ibadan,
Ibadan, Nigeria

Copyright © 2018 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 cognitive restructuring in the treatment of test anxiety among learners studying in remedial centres in Ibadan, Oyo state, Nigeria. 120 learners studying in remedial centres programme in three centres in three Local Government Areas in Ibadan, Oyo State were the participants of this study. The study adopted pre-test-post -test quasi-experimental research design. Four null hypotheses were formulated and tested to guide the study at 0.05 level of significant. Two instruments were used in this study. They are: Test Anxiety Inventory by Spielberger (1980) which was used for screening and Bakare Test Anxiety (1969) which was used to elicit information on the dependent variable. Data obtained in this study was analyzed using the analysis of Covariance (ANCOVA). The results obtained from hypothesis one as revealed a significant main effect of treatment (Cognitive Restructuring Intervention Programme) on test anxiety of learners studying remedial centres. The post treatment outcome of participants based on gender indicated significant interaction effect of treatment on participants' test anxiety. The result obtained from the third hypothesis revealed that there was a significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centres based on their type of school. Result of the fourth hypothesis showed a significant interaction effect of treatment (Cognitive Restructuring Intervention Programme) on test anxiety of learners attending remedial classes based on their study habits. The use of cognitive restructuring intervention programme was effective in the reduction of test anxiety among learners studying in remedial centres. It is recommended that workshops, conferences, symposium and seminars should be organized to train teachers on how to use cognitive restructuring intervention techniques in the classroom to reduce test anxiety among all categories of students.

KEYWORDS: Cognitive restructuring, Group treatment, Test anxiety, Learners in Remedial Centres.

INTRODUCTION

Anxiety is a basic human emotion consisting of fear and uncertainty that typically appears when an individual perceives an event as being a threat to the ego or self-esteem. In some instances, such as avoiding dangerous situations, anxiety can be helpful. However when taken to extremes, it may produce unwarranted results. One of the most threatening events that cause anxiety in students today is testing. When students develop an extreme fear of performing poorly on an examination, they experience test anxiety. Test anxiety is a major factor contributing to a variety of negative outcomes including psychological distress, academic underachievement, academic failure, and insecurity (Hembree, 1998). Many students have the cognitive ability to do well on examinations but may not do so because of high levels of test anxiety. Because of the societal emphasis placed on testing, this could potentially limit their educational and vocational opportunities (Zeidner 1998).

Test anxiety as a form of anxiety is a common phenomenon which refers to a condition in which a person is afraid of his ability to perform a task Spielberger (2010) and it consequently reduces the ability to deal with a situation such as an examination. Some have reported that reducing anxiety actually improves the performance, but some researchers believe that test anxiety provides a person with better study (Holmes &Cassady 2014). Thus, a person who is suffering from test anxiety can be described as a person who knows the study material, but the anxiety and his arousal severely prevent him from

demonstrating his knowledge during the test. In addition, to the extent that people consider the examination intimidating, they show more stressful responses before the examination and equally they face lack of confidence and low self-esteem. Moreover, it may be associated with irrelevant thought to the task, long delay, failure to understand the meaning of words, repeated reading examination questions, fear, distraction and one or more physical symptoms.

According to Harpell and Andrews (2013) to test anxiety is composed of three major components: cognitive, affective, and behavioural. Students who experience test anxiety from the cognitive perspective are worriers lacking self-confidence. They may be preoccupied with negative thoughts, doubting their academic ability and intellectual competence. Furthermore, they are more likely to overemphasize the potential negative results and feel helpless when in testing situations (Zeidner, 1998). Some students may feel the need to answer every question on the test correctly. When this does not occur they may think of themselves as being incompetent, thus fuelling negative thoughts such as, "I knew I was going to fail this test," "I know I am going to make a ridiculous grade," or "Everyone knows I am not going to pass the test." In order for students to have the best opportunity for academic success, negative thinking prior or during test must be minimized and controlled. According to Zeidner (1998) test anxiety causes some students to experience physiological reactions such as increased heart rate, feeling nauseated, frequent urination, increased perspiration, cold hands, dry mouth, and muscle spasms. These reactions may be present before, during, and even after the test is completed. In conjunction with the physiological reactions, emotions such as worry fear of failure, and panic may be present. When students are not able to control their emotions, they may experience higher levels of stress, thereby making it more difficult for them to concentrate. In his further explanation he said that test-anxious students express anxiety behaviourally by procrastinating and having inefficient study and test-taking skills. He also contends that test-anxious students have more difficult time interpreting information and organizing it into larger patterns of meaning. In addition, some students may physically feel tired or exhausted during test administration because they do not have a healthy diet, have poor sleeping habits, and fail to routinely exercise.

Test anxiety is a sort of anxiety which appears in a specific situation that has symptoms like general anxiety, such as sweating, heart beat increase, uneasiness, worry, doubt, hand trembling, dizziness etc (Hope, Burns, Hyes, Herbertt & Warner 2010). Sarason defines test anxiety as a type of “self-preoccupation” which is determined by understatement and feeling doubt about one’s own capabilities. Huppert (2009) asserted that although some anxiety before test taking is normal, and even necessary to do well, test anxious student’s experience crippling anxiety that can limit their ability to perform to their real level of proficiency. In sum, test-anxiety is actually, a type of performance anxiety- a feeling someone might have in a situation where performance really counts or when the pressure is on to do well. It is a psychological condition where a person experiences distress before, during, or after a test or other assessment to such an extent that this anxiety causes poor performance or interferes with normal learning. Werner Seidler and Moulds (2011) define test-anxiety as the “set of phenomenological, physiological, and behavioural responses that accompany concern about possible negative consequences or failure on an exam or similar evaluative situation”. Although TA is known to depend on situational variables, such as levels of motivation, task complexity, and the practical consequences of high or low performance (Pull 2007), it varies markedly from one individual to another. Thus, Seperhryan, Firooze and Rezaei (2010) assume that some individuals will be relatively calm when it comes to completing a test whilst others will generally “perceive examinations as more dangerous or threatening and experience more intense levels of state anxiety when taking tests”.

Life is all about adjustment, to cope with stressful situations and conflicts of life compatibly, humans need to learn some skills. To achieve positive performance, different therapy approaches have been used in the realm of anxiety, which in general can be divided into two clusters: "cognitive therapy" and "behaviour therapy." Research has shown that if individual put knowledge and information to the people and create situations in which these people can experience their learning practically, then the attitude, knowledge and value will change into actual abilities. The ability helps people in any position to know what to do and how to do it (Nabizadeh and Ghasemi, 2010).

REMEDIAL EDUCATION

Remedial classes are non- formal school structure where students who are unable to meet up with the criteria for progressing to the next level of formal schooling attend (Anyanwu & Oyedeji 2012). These centres are organized for students to enhance their capacity in performance excellently and meet with the academic requirements for progression to the next academic level.

These students are of various categories. For instance, as some are receiving lectures to pass West Africa School Certificate Examination (WASCCE) , National Examination Council (NECO), others are receiving lectures for Joint Admission and Matriculation Board (JAMB) and even General Certificate Examination(GCE) both internal and external examinations. These examinations have the same goal, which is to sit for and pass them in a flying colours.

In Nigeria, though there is no formal record of these centres, observation has shown that these centres are all over major cities and towns across the length and breadth of states in the country. Most of these remedial centres are privately organised, but there even some remedial centres owned by the institution. According to Anyanwu and Oyedeji (2012) the primary concepts of remedial education foster the extension or provision of educational services to the students. This refers to any extension of opportunities for reading, studying and training to young people after completion of their full time programmes ,or following their withdrawal from such programmes. Through such provisions, individuals may upgrade, retain or acquire for themselves new knowledge and skill in specific occupations.

In the same vein, Egunyomi (2011) refers to remedial education as education for distressed adolescents who could not make senior secondary school certificate (WAEC, NECO, JAMB, GCE, NABTECH) and any other external examinations at one, but need extra coaching on subjects related. The remedial classes is mainly for those who had written SSCE, WAEC, NECO or UTME once ,but could not make five credits including English Language and Mathematics that qualify them for higher degree programmes. According to Remedial education connotes that sub set of young adult, who passed through secondary education, but, distressed academically seeks to positively link the needs and aspirations of individuals with educational activities, for development, of their potentialities and for socio-economic and political development of a nation.

Remedial education therefore is an educational activity fashioned out to help beneficiaries or participants make up for or save lost ground as well as for those who are exhausted academically or started but dropped out owing to some reasons. The major focus of remedial studies is the provision of educational opportunities for all categories of individuals irrespective of whatever failure was earlier recorded thereby ensuring continuity in education; ensured the continued relevant of the individuals in the society, ensuring the provision or access to education for all citizens; and helping retrieving the economic wastage that early school learners would have constituted.

According to Spielberger (1980) the reduction of test anxiety alone is not sufficient for improving the academic achievement; but at the same time it is necessary to modify the study habits of students with test anxiety because the students don't attend the test with proper preparation Ping, Subramaniam and Krishnaswamy (2008). Students who have proper study practices as a result have a good preparation may show less anxiety and more focus on the test situation Hashmat , Hashmat , Amanullah and Aziz (2008) in a research found that students with high test anxiety who had gained better studying skills with exercise than students with poor study habits had a better performance · The finding suggests a link between the correct methods of study, test anxiety and score average. They also found that the duration of the study (week) before the test was significantly correlated with score average. The finding suggests that more hours of study may compensate the lack of study skills in the students with high test. While subjects with low test anxiety, for excellence in study skills, spend less time on studying. Rana and Mahmood (2010) obtained a negative correlation between test anxiety and study skills **(r = 0.52)** · Sena , Lowe and Lee (2007) compared the effectiveness of cognitive-behavioural therapy techniques, learning the proper ways of study skills and the mixed method in reducing test anxiety.

Cognitive restructuring therapy emphasizes the role of cognitive processing in excitement and behaviour. Emotional and behavioural responses to a situation are largely the result of perception and interpretation of meaning that is attributed to the event. Cognitive therapist, based on cognitive restructuring, faced with clients who have negative emotions, instead of only focusing on expressing sympathy and support tries to help him, and test the acknowledges related to the negative feeling of "distancing from" and their accuracy as realistic and non-sentimental (Urhahne, Chao, Florineth, Luttenberger & Paechter, 2011).

Although the cognitive approach is often accused of "insensitivity", but proper use of this method has no conflict with support that shows compassion and empathy, although they are not limited to it (Soltani, Aminoroaya & Atari 2008). Research by Pahwa , Goyal, Srivastava, Saldanha and Bhattachary, (2008) also showed that cognitive restructuring has a significant effect on the reduction of test anxiety especially mathematics anxiety (Sepehryan, Firooze Rezai & zanane 2010). Other scholars have used cognitive restructuring therapy for reducing test anxiety. Meichenbaum (1986) by notifying people with test anxiety about their anxious thoughts was to a large extent able to solve their problems (Jerrell, Cassady & Holmes Finch 2015). The use of cognitive restructuring method in this paper confirms the findings by reducing test anxiety compared with systematic desensitization method. Explanation of this issue is probably related to the fact that the cognitive restructuring by changing the patient's cognitive beliefs and irrational beliefs, guides him to achieve rational and logical attitude and the durability of this type of treatment depends on the conditions governing the treatment and the characteristics of the therapist and the client. Spielberger (2010) in a follow-up study after a month of implementation of the cognitive restructuring therapy reported that this method could also be efficient in the long term, and its impact on test anxiety is useful in the long run and disapproval of the subject in this study on reducing test anxiety may be due to the particular situation of test anxiety and how it is taught.

Holmes et al (2014) effectively reduced test anxiety in the experimental group with cognitive restructuring or other similar techniques. Cognitive restructuring is one of the efficient cognitive techniques. The basic premise in cognitive restructuring is

that emotional and behavioural reactions are not the mere effect of that even, but simply it is due to the interpretation of the events. Cognitive restructuring helps people to learn to focus on the task and the lack of focus on the self-centred responses. According to Soltani, Aminoroaya and Atari (2008) in this method, the therapist notifies students of the thoughts causing anxiety and teaches them to express themselves and their instruments and flush out the maladaptive cognitive responses and eventually teaches them to relatively apply the methods of interpretation and labelling emotional arousal that are continually called in test situations . In various studies related to cognitive methods, treatment of test anxiety was considered and the results of this method indicated significant decrease in test anxiety (Spielberger 2010). Cognitive restructuring has been used to help individuals experiencing a variety of psychiatric conditions, including depression, substance abuse disorders, anxiety disorders collectively, bulimia, social phobia, borderline personality disorder, attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), and problem gambling(Rastegar, Akbarzadeh and Heidari (2012).

When utilizing cognitive restructuring in rational emotive therapy (RET), the emphasis is on two central notions: (Pull, 2007) thoughts affect human emotion as well as behaviour and (Huppert, 2009) irrational beliefs are mainly responsible for a wide range of disorders. RET also classifies four types of irrational beliefs: dire necessity, feeling awful, cannot stand something, and self-condemnation. It is described as cognitive-emotional retraining (Jerrel, Cassady, & Holmes Finch 2015). The rationale used in cognitive restructuring attempts to strengthen the client's belief that (Cooper, Toold, Turner &Wells 2007) "self-talk" can influence performance, and (Frojan-Parga, Calero-Elvira & Montano-Fidlago 2009) in particular self-defeating thoughts or negative self-statements can cause emotional distress and interfere with performance, a process that then repeats again in a cycle. Mood repair strategies are implemented in cognitive restructuring in hopes of contributing to a cessation of the negative cycle (Hope et al, 2010).

When utilizing cognitive restructuring in cognitive behavioural therapy (CBT), it is combined with psycho -education, monitoring, *in vivo* experience, imaginal exposure, behavioural activation, and homework assignments to achieve remission (Miri, Piroozan , Hesam , Naderi , Rezaei, 2013). The cognitive behavioural approach is said to consist of three core techniques: cognitive restructuring, training in coping skills, and problem solving.

Cognitive restructuring (CR) is a psychotherapeutic process of learning to identify and dispute irrational or maladaptive thoughts known as cognitive distortions, such as all-or-nothing thinking (splitting), magical thinking, over-generalization, magnification (Speilberger, 2010) and emotional reasoning, which are commonly associated with many mental health disorders. CR employs many strategies, such as Socratic questioning, thought recording, and guided imagery, and is used in many types of therapies, including cognitive behavioural therapy (CBT) and rational emotive therapy (RET). A number of studies demonstrate considerable efficacy in using CR-based therapies.

OBJECTIVES OF THE STUDY

The general objective of the study is to investigate the effectiveness of cognitive restructuring intervention programme in the group treatment of test anxiety among learners studying in remedial centres.

The specific objectives include:

- to investigate the significant interaction effect of treatment on test anxiety of participants based on gender.
- to assess the significant interaction effect of treatment on test anxiety of participants based on the type of school attended.
- to assess the significant interaction effect of treatment on test anxiety of participants based on their study habits.

RESEARCH HYPOTHESES

The following null hypotheses were formulated and tested at 0.05 level of significant to guide this study.

Ho_1: There will be no significant main effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centres.

Ho_2: There will be no significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centre based gender

Ho_3: There will be no significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centre based on the type of secondary school attended.

Ho_4: There will be no significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studing in remedial centres based on their study habits

METHOD

DESIGN

The study adopted pre-test-post -test quasi-experimental design. This design was adopted because it is capable of establishing cause and effect. More so, the treatment adopted will clearly show the level of reduction in the test anxiety prior to the pre-treatment programme.

SAMPLE AND SAMPLING TECHNIQUES

120 learners studying in remedial centres programme in three centres in three Local Government Areas in Ibadan, Oyo State were the participants of this study. The three centres are (i) Apex Tutors- Opposite the 2nd Gate University of Ibadan in Ibadan North LG, (ii) Mazak Tutors-located in Ojo in Akinyele LG and (iii) Phyllum Edu Consult located in Challenge in Oloyole LG. These centres were selected using purposive sampling techniques while the participants were selected using random sampling techniques after screening for the signs and symptoms of test anxiety. These participants were randomly selected to two experimental and the control group. Out of 120 participants, 68 students who responded were male and 52 were female. Their ages ranged from 17 to 32 years old. 46 were from high socio –economic background while 74 were from low socio-economic background. Concerning the type of secondary school attended 42 attended private secondary schools and almost two-third 78 of the participants attended public secondary school.

INSTRUMENTS

Two instruments were used for this study; they are:

TEST ANXIETY INVENTORY (TAI)

The Test Anxiety Inventory (Spielberger, 1980) is a copyrighted instrument to measure test anxiety level of an individual. In the current study it was used to screen the participants for test anxiety. Professor Emeritus Dr. Charles D. Spielberger developed TAI based upon extensive and intensive research work (Spielberger, & Vagg, 1995; Bembenutty, 2009). Spielberger (1980) argues that the level of test anxiety of an individual is determined by the total score on TAI. TAI consists of 20 items and each item has four options ranging from Almost Never to Almost Always. The respondent is asked to pick one of the four options which are scored, as follows: Optional Responses Scores Almost Never 1 Sometime 2 Often 3 Almost Always 4 Spielberger et al (1978) argue that the internal consistency of the Test Anxiety Inventory is α .86 and it is significantly correlated with other commonly used anxiety measures. Thus, TAI is a reliable and valid instrument for assessing test anxiety. The four-point scale of the TAI is used to deter- mining the frequency of experiencing the specific symptoms of anxiety in test situations only rather than the trait anxiety.

BAKARE TEST ANXIETY SCALE (BTAS)

Bakare Test Anxiety Scale (BTAS) was developed by C G M Bakare in (1969). It has two sections A and B and consists of 37 items which was used to collect data on test anxiety of students along with a demographic section A asking questions about the participants' age, gender, sex, class, subject combination and place of residence whether rural or urban Section B consists of 37 items with 10 point response format. In this scale respondents are expected to indicate items most descriptive of them in the numerical order of magnitude of (6, 7, 8, 9)or those items least descriptive of them in the decreasing numerical order of (4,3,2,1,0). Zero being respondents rating for an item that is totally unlike them. While five (5) is being regarded as the average score of respondent's neutrality. Responses to all items except those requiring personal information are summed up. The maximum score obtainable by a respondent is 370 while the minimum score is 37. Respondents that scored below two hundred (200) on the scale are regarded as those with low level of anxiety, while respondents who score two hundred (200) and above on the scale are regarded as respondents with high anxiety. Some of the items in the scale includes;- *"I sometimes feel my heart beating very fast during important test" Thoughts of doing poorly interfered with my performance on tests"." Before an important examination, If find my hands trembling". "While taking an important examination I perspire a great deal". "I dread subjects where the teacher has the habit of giving tests intermittently".* Aremu (1988) reported Bakare,'s Test Anxiety Scale reliability as 0.91 when he used it on university students. Busari (2000) also used it on secondary school students and a test re-test reliability yielded 0.89. The alpha reliability of this scale in the current study was 0. 88. The scores obtained by these scholars on Bakare Test Anxiety Scale indicate that the instrument is reasonably stable and thus reliable for use.

PROCEDURE

This study was carried out in four phases; Pre- programme activities, pre-test, treatment and post-test phases. At the pre-session, activities include the recruitment and assignment of participants to the experimental and the control group. At the pre-test stage anxiety scale was administered to the participants. Participants in the experimental group were exposed to eight weeks of treatment. Each session spanned average of 60 minutes. The participants assigned to the control group were given a lecture on punctuality.

There are many methods used in cognitive restructuring, which usually involve identifying and labelling distorted thoughts, such as "all or none thinking, disqualifying the positive, mental filtering, jumping to conclusions, catastrophizing, emotional reasoning, should statements, and personalization. To obtain reliable data and to consider research ethics, the objectives of the research was explained to the participants and they were assured that they anonymously take part in the study. Participation suggested implied consent. After gathering the questionnaires, some of the participants were selected randomly and were interviewed to check the reliability of their responses.

COGNITIVE RESTRUCTURING GUIDELINES

In this study, short-term structured cognitive therapy based on cognitive restructuring was used. To this end, a combination of Meichenbaum- Bacăucognitive method and Ellis–Griger irrational beliefs identification (1977) quoted by Spielberger and Vag (1995) which involves this four steps (i) Identification of problematic cognitions known as "automatic thoughts" (ATs) which are dysfunctional or negative views of the self, world, or future based upon already existing beliefs about oneself, the world, or the future,(ii) Identification of the cognitive distortions in the ATs (iii) Rational disputation of ATs with the Socratic method and(iv) Development of a rational rebuttal to the ATs.(The implementation process and method of teaching intervention and appropriate study skill covered this four steps) was used for 8 -1 hr sessions and each week for one session. This package was performed on participants in the experimental group by the researcher and two research assistants of the Department Counselling and Human Development Studies trained as research assistant by the researcher. This method is organized in 8 steps as follows:

The 120 participants were randomly assigned to treatment and the control group. The treatment group received eight one hour per week programme of cognitive restructuring training while the control group was left without treatment. The eight weeks of one hour programme witnessed the following activities:

TRAINING SESSIONS

Session I: Initial assessment (getting familiar with work logic and work plan) - introducing to anxiety disorder and treatment method-definitions

Session II: Discussion of Mastering and identifying behavioural symptoms-explaining the nature of test anxiety, effects and methods of coping with it.

Session III: Training in identifying automatic thoughts, negative and irrational self-talk irrelevant to the task and test

Session IV: Training the participants on Working on emotional symptoms, identifying negative self-talk, conflicting negative automatic thoughts, recording thinking skills, arbitrary inference, extreme generalization, selective abstraction.

Session V: Training in cognitive change techniques, how thoughts creates feelings, techniques of differentiating thoughts from fact, emotional and cognitive factors of test anxiety, readiness for treatment, noting them.

Session VI: Training in anxiety evaluation techniques, techniques of ignoring the problems, techniques of immersing in uncertainty.

Session VII: Discussion on Changing and correcting family beliefs, techniques of practicing acceptance, preparation for the completion of treatment (undermining dysfunctional beliefs, replacing negative thoughts with positive ones, playing roles)

Session VIII: Last session of assessment and follow up-discussing about the substitution strategies.

DATA ANALYSIS

Data obtained in this study was analyzed using the analysis of Covariance (ANCOVA). ANCOVA was utilized to analyze the data obtained because it has the ability to control errors, adjust treatment means and partition a total covariance estimate missing data. ANCOVA is capable of testing for the significance of the difference among means of the experimental and the control group as well as test for the correlation between the pre-test and post-test measures.

RESULTS

Table 1: Post Treatment Comparison of Experimental and Control Group Using ANCOVA

Source of variation	DF	SS	MS	F. Ratio Obs.	F. Ratio Crit.	Test Decision
Between Group	5	3781558.84	75631.67	129.57	2.01	Reject Ho
Within Group	114	28264.02	247.93			
Total	119	3809822.86	7811.6			

Critical value F (5, 119) = 129.57 P>0.05

The results obtained as shown in table 1 revealed a significant main effect of treatment (Cognitive Restructuring Intervention Programme) on test anxiety of learners studying remedial centres. Therefore, the first hypothesis, which stated that there will be no significant main effect of treatment on test anxiety of learners studying intellectual disability, is rejected since a significant main effect (F=5,114; P>0.05) exists in the treatment of experimental group.

Table 2: Post Treatment Comparison of Participants based on Gender using ANCOVA

Source of variation	DF	SS	MS	F. Ratio Obs.	F. Ratio Crit.	Test Decision
Between Group	5	1497186.65	29943.73	115.57	2.11	Reject Ho
Within Group	114	72685.26	637.59			
Total	119	15698719.91	30581.32			

Critical value F (5, 114) = 115.57 P>0.05

As shown in table 2, the post treatment outcome of participants based on gender indicated significant interaction effect of treatment on participants' test anxiety. With this finding therefore the argument is the sustenance of the alternative hypothesis which supports the existence of significant interaction effect.

Table 3: Post Treatment Comparison of Participants based on Type of School

	DF	SS	MS	F. Ratio Obs.	F. Ratio Crit.	Test Decision
Between Group	5	43991.80	8798.36	25.47	2.17	Reject Ho
Within Group	114	11138 .94	97.71			
Total	119	55130.74	8896.07			

Critical value F (5, 114) = 25.47 P>0.05

The post-treatment outcome revealed that there was a significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centres based on their type of school. Thus, the finding failed to support the null hypothesis that was predicted.

Table 4: Post Treatment Comparison of Participants based on Study Habits

Source of variation	DF	SS	MS	F. Ratio Obs.	F. Ratio Crit.	Test Decision
Between Group	5	49467.87	9893.45	27.63	2.13	Reject Ho
Within Group	114	144905.54	127.11			
Total	119	63958.41	10020.56			

Critical value F (5, 114) = 27.63 P>0.05

The results on table 4 revealed a significant interaction effect of treatment (Cognitive Restructuring Intervention Programme) on test anxiety of learners attending remedial classes based on their study habits. Therefore, the fourth hypothesis, which stated that there will be no significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centres based on study habits, was rejected since a significant interaction effect (F=5,114; P>0.05) exists. Hence the null hypothesis was not supported.

DISCUSSION

The aim of this study was to determine the effectiveness of cognitive restructuring in the reduction of test anxiety symptom among learners studying in remedial centres. The results obtained from the first hypothesis showed that there was significant treatment effect on test anxiety of the participants. The current result is in tandem with the studies conducted by Mann and Piorkowski (2006) using cognitive restructuring, other therapies and control. In those studies, all the treatments used had significant main effects on the subjects but the control showed no therapy effect. The finding of this study is also consistent with that of Unachukwu and Onwuka (2006), which indicated that systematic desensitization as a cognitive restructuring technique was more effective than other therapeutics training in reducing test anxiety of students. According to Onwuka (2008) cognitive restructuring was effective in dealing with simple and specific anxieties and problem that were clearly delineated. Test anxiety happens to fall into this group. With regard to the findings obtained, it seems that cognitive restructuring affects the variables that are in a close relationship with test anxiety and its components, and are further effective in reducing the negative beliefs, increase positive beliefs about worry and correction of negative evaluation. Also a little time is required to describe and explain the methodology underlying rationale. In this study, the students of cognitive group were able to apply easily the techniques in the treatment step. As a result, the present study and studies done in recent years show that cognitive therapy strategies and interventions can be used to prevent or reduce anxiety. The methods help person to reduce the negative and irrelevant thoughts to the task. This finding is in consistent with results of studies done on the effectiveness of cognitive restructuring training, (Kabat - zinn, 2006). Generally, the findings suggest that cognitive reconstructing training is effective in reducing anxiety and affectivity and its concerns.

In answering the second hypothesis which says that there is no significant interaction of treatment on test anxiety of learners attending remedial classes based on gender. The result obtained showed that male and female participants differ significantly in their level of test anxiety. The result of this study corroborates the findings of Soleimani (2014) when he found in his research on the frequency of test anxiety in students and its relationship with academic performance. The current result is also in agreement with that of Nabizadeh and Ghasemi, (2010) which showed in a study that the prevalence of test anxiety in females is more than males. The result was not in agreement with the findings of Chappell, Benjamin, Blanding Michael and Silverstein (2005) who reported that female undergraduates had significantly higher test anxiety than male undergraduates. This result is not also consistent with that of Rezazadeh and Tavaki (2009) who reported that female students have higher level of test anxiety in contrast to male students.

The post-treatment outcome of hypothesis three revealed that there was a significant interaction effect of treatment on test anxiety of learners studying in remedial centres based on the type of secondary school attended. It implies that learners in the remedial centres who attended private secondary schools responded differently to treatment compared to their counterpart who attended public secondary schools. The reason for this result might be because those students who attended public secondary schools were used to stressful situations such as inadequate resources, overcrowded classrooms, financial problems, low motivation etc. which may be strange or alien to those participants with private secondary education. Overall, cognitive restructuring techniques have been shown to be effective in the management of anxiety test. The main goal of cognitive therapy is helping people to achieve reactions compromised with test anxiety. Cognitive restructuring helps students to learn to maintain focus on the task and decentralization to unrelated responses. Thus, teaching cognitive restructuring therapy as well as the proper ways of training is important to prevent and reduce symptoms of anxiety in students.

The results obtained from hypothesis four showed a significant interaction effect of treatment (Cognitive Restructuring Intervention Programme) on test anxiety of learners attending remedial centres based on their study habits. The implication of this is that learning the correct way of study merely modifies the incorrect study methods in students. It only helps reduce the students' anxiety by addressing the defect in the wrong ways of study. But it is clear that training study proper methods is effective for encoding, storing, retelling and using information that is reasonable. Therefore, it can be said that the correct methods of study as a study method reduces the signs of test anxiety. Several studies have also confirmed the effectiveness of different methods especially training study skills (Jing, 2007). In general, the findings of studies (Gladding Samuel, 2009) are consistent that considered the effectiveness of training study proper skills in reducing test anxiety. In this method, students can reduce the study time by learning some correct study skills, and increase the duration of keeping contents in memory and

learning. They can achieve better results with less effort but smarter and in the result, they show less anxiety and worry in the test situations (Busari, 2000).

The findings of this study indicated that exposure to cognitive restructuring intervention programme reduces the test anxiety of learners studying in remedial study centres significantly. The implication is that teachers can use cognitive restructuring techniques to reduce test anxiety of learners studying in remedial study centres which may assist in enhancing their performance in their academic pursuit. The finding also implies that both male and female learners studying in remedial centres can equally benefit from cognitive restructuring intervention programme.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The use of cognitive restructuring intervention programme significantly reduces the test anxiety of learners studying in remedial centres. Cognitive restructuring and gender of learners studying in remedial centres interact significantly to determine test anxiety. It is recommended that workshops, conferences, symposium and seminars should be organized to train teachers on how to use cognitive restructuring intervention techniques in the classroom to reduce test anxiety among all categories of students.

REFERENCES

[1] Anyanwu C.N and Oyedeji Y.N (2012) Classroom Burnout Management in Education. The journal of Organizational Behaviour 12 (4); 33-43.

[2] Egunyomi, D A (2011) Principles and practice of continuing Education in Nigeria. Ibadan. Gabasther Educational publishers

[3] Aremu, A O, (1988). Behavioural Preparedness of Students that are Willing to take Important Examinations; A Study of University of Ibadan Students. Unpublished B.Ed Project, University of Ibadan, Ibadan.

[4] Bakare C.G.M., (1969). Phenomenal Self- Concept, Anxiety and Academic Performance. Unpublished PhD. Thesis Columbia University.

[5] Busari A. O, (2000). Stress Inoculation Training and Self Statement Monitoring Techniques in the Reduction of Test Anxiety among Adolescent Underachievers in Ibadan Metropolis. Unpulished PhD. Thesis of Department of Guidance and Counselling, University of Ibadan, Ibadan- Nigeria.

[6] Chapell, M. S., Blanding, Z. B., Silverstein, M. E., Takahashi, M., Newman, B., Gubi, A.,McCann, N. (2005). Test Anxiety and Academic Performance in Undergraduate and Graduate Students. Journal of Educational Psychology, 97(2), 268-274. Retrieved Jan 30, 2012, from http://wwwpsycINFOdatabase doi: 10.1037/0022- 0663.97.2.268

[7] Cooper M., Todd G. Turner H., and Wells A. (2007). "Cognitive therapy for bulimia nervosa: an A-B replication series". *Clinical Psychology and Psychotherapy.* ***14****: 402–411.*

[8] Frojan-Parga M.X. Calero-Elvira A., and Montano-Fidalgo M. (2009). "Analysis of the therapist's verbal behavior during cognitive restructuring debates: a case study". *Psychotherapy Research.* ***19****: 30–41.*

[9] Gladding, Samuel (2009). *Counselling: A Comprehensive Review*.6th.Columbus:Pearson Education Inc, 2009.

[10] Hashmat S, Hashmat M, Amanullah F, Aziz S. (2008) Factors causing exam anxiety in medical students. J Pak Med Assoc.58:167–70.

[11] Harpell J V, Andrews J W (2013). Relationship between schools based stress and test anxiety. Int J Psychol Stud. 5:74–84.

[12] Holmes, F., cassady, J., (2014). Confirming the Factor Structure of the Cognitive Test Anxiety Scale: Comparing the Utility of Three Solutions. *Educational Assessment* 08/2014; 19(3):229-242.

[13] Hope D.A.; Burns J.A.; Hyes S.A.; Herbert J.D.; Warner M.D. (2010*).* "Automatic thoughts and cognitive restructuring in cognitive behavioral group therapy for social anxiety disorder". *Cognitive Therapy Research.* ***34****: 1–12.*

[14] Humbree, R. (1998), Correlates, Causes, Effects, and Treatment of Test Anxiety. Review of Educational Research, 58, pp. 47-77.

[15] Huppert J.D. (2009). "The building blocks of treatment in cognitive-behavioural therapy". *Israel Journal of Psychiatry Related Science.* ***46****: 245–250.*

[16] Jerrell C. Cassady, W. Holmes Finch. (2015) Using factor mixture modeling to identify dimensions of cognitive test anxiety. *Learning and Individual Differences* 41, 14-20.

[17] Jing, H.E. (2007), Analysis on the Relationship Among Test Anxiety, Self-concept and Academic Competency. Jau, 5:1, Serial no. 40

[18] Kabat-Zinn, J. (2006). Mindfulness-Based Interventions in Context: Past, Present, and Future. *Clinical Psychology: Science and Practice*. Volume 10, Issue 2, Article first published online.

[19] Kennedy T. Hill and Allan Wigfield, (1984) Test Anxiety: A Major Educational Problem and What Can Be Done about It. *The Elementary School Journal*. Vol. 85, No. 1, Special Issue: Motivation pp. 105-126.

[20] Meichenbaum, D. H. and Butler, L. (1986). *Toward conceptual model for treatment of test anxiety: Implications for research and treatment*. In I. G. Sarason(Ed.), Test anxiety: Theory, research and applications,(pp. 181- 208). Hill Sdale NJ: Erlbaum.

[21] Miri H R, Piroozan A, Hesam A A, Naderi N, Rezaei P. (2013) Determining the level of test anxiety and some of its contributing factors among the freshmen students. Life Sci. ;10:149–55.

[22] Nabizadeh C, Ghasemi; B, M. (2010). The Relationship between Anxiety and Depression in Successful and unsuccessful Student, Journal of Contemporary Psychology (Special Issue) &5: 753,751.

[23] Onwuka, N. F. (2008), Relativeness of Three Counseling Therapies in Reducing Test Phobia Among Polytechnic Students. Unpublished Ph.D Thesis, Nnamdi Azikiwe University, Akwa

[24] Pahwa B, Goyal S, Srivastava K, Saldanha D, Bhattacharya D (2008). A study of exam related anxiety amongst medical students. Indian J Psychiatry. 18:46–58.

[25] Ping L T, Subramaniam K, Krishnaswamy S. (2008) Test anxiety: State, trait and relationship with exam satisfaction. Malays J Med Sci. 2008;15:18–23.

[26] Pull C.B. (2007). "Combined pharmacotherapy and cognitive- behavioural therapy for anxiety disorders". *Current Opinion in Psychiatry.* ***20****: 30–35.*

[27] Sena J D, Lowe P A, Lee S W (2007). Significant predictors of test anxiety among students with and without learning disabilities. J Learn Disabil.40:360–76.

[28] Sepehryan, Firooze and Rezaei, Zamane (2010): The prevalence of test anxiety and and effects of coping therapy in reducing anxiety and increase of the academic performance of female students, curriculum knowledge and research in educational sciences Branch, Islamic Azad University, Isfahan, No twenty-fifth, spring, pp. 80-65.

[29] Rezazadeh, M., & Tavakoli, M. (2009). Investigating the Relationship among Test Anxiety, Gender, Academic Achievement and Years of Study: A Case of Iranian EFL University Students. English Language Teaching, 2(4).

[30] Soliman M (2014).Perception of stress and coping strategies by medical students at King Saudi University,Riyadh,Saudi Arabia. Journal of Taibah University Medical Sciences.2014;9(1):30-35.

[31] Spielberger, C.D, Gonzalez, H.P, Taylor, C.J Algaze, B. Ross G.R. L. G. Westberry, L.(1980). Test Anxiety Inventory. Sample Set, Test, Scoring: Preliminary Professional Manual. California: Consulting Psychologists Press In.

[32] Spielberger, Charles D. (2010). State-Trait Anxiety Inventory. John Wiley & Sons.

[33] Rana R A, Mahmood N (2010). The relationship between test anxiety and academic achievement. Bull Educ Res. 32:63–74.

[34] Rastegar M, Akbarzadeh M, Heidari N (2012). The darker side of motivation: Demotivation and its relation with two variables of anxiety among Iranian learners. ISRN Educ.1– 8.

[35] Tektaş O Y, Paulsen F, Sel S. (2013) Test anxiety among German medical students and its impact on lifestyle and substance abuse. Med Teach. 35:969.

[36] Urhahne D, Chao S H, Florineth M L, Luttenberger S, Paechter M (2011). Academic self- concept, learning motivation, and test anxiety of the underestimated student. Br J Educ Psychol. 81:161–77.

[37] Werner-Seidler, A., Moulds, M. L. (2011)"Mood repair and processing mode in depression". US: American Psychological Association

[38] Yousefi F, Habibi S, Mohammadkhani M. (2013) Test anxiety level in medical students and its relationship with sexuality. Q Educ Strateg Med Sci. 6:141–5.

[39] Zeidner M, (1998), Test Anxiety: The state of the art. (Plenum Press, NY).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 623-632
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact de la rupture de la chaîne de froid sur la qualité microbiologique de *Scomber scombrus* (maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard) dans le Sud du Bénin

[Impact of break in the cold chain on the microbiological quality of *Scomber scombrus* (Atlantic mackerel) and *Trachurus trachurus* (Horse mackerel) in South Benin]

Martinien Hospice Mahussi Assogba[1], Chakirath Folakè Arikè Salifou[1], Pamphile Tobada[2], Abdou Karimou Aboudou[1], Aïssatou Bio Bakary[1], Mahamadou Dahouda[3], Antoine Chikou[4], Souaïbou Farougou[5], and Issaka Youssao Abdou Karim[1]

[1]Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes, Département de Production et Santé Animale, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Benin

[2]Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, 01BP 2009 Cotonou, Benin

[3]Département de Production et Santé Animale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Benin

[4]Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Benin

[5]Unité de Recherche en Biotechnologie de la Production et Santé Animales, Département de Production et Santé Animale, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Benin

Copyright © 2018 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: Fish is a very perishable foodstuff whose preservation requires a continuous cold chain. The study aims to evaluate the effect of the break in cold chain on the bacteriological quality of *Scomber scombrus* (Atlantic mackerel) and *Trachurus trachurus* (Horse mackerel). Thus, data were collected from June to December 2016 in South Benin. A total of 120 fish were divided in control (cold chain integrity) and experimental (3h, 6h and 12h of break in cold chain) batches in order to determine the microorganism loads by cold chain break duration. Total Mesophilic Aerobic Flora (TMAF) and *Clostridium perfringens* loads were significantly higher in chilled fish samples than in frozen fish ($p<0.001$). However, no significant difference was observed between the control and the experimental batches whatever the preservation method and the cold chain break duration ($p>0.05$) for the TMAF. No *Clostridium perfringens* was counted for the freezing. Similarly, *Staphylococcus aureus* were not counted, except in the refrigerated batch for 3 hours of cold chain break. The TMAF and *Clostridium perfringens* loads increased according to cold chain break duration. For the FMAT, the highest load was observed at 12 hours of break in cold chain. In the majority of cases, *Enterobacterium* load was higher in the experimental batches compared to control batches. No samples revealed the presence of total coliforms, fecal coliforms, *Salmonella* and *Escherichia coli*. The rigorous cold chain keeping throughout the preservation until consumption significantly prevents the proliferation of fish contamination flora.

KEYWORDS: cold chain, safety, bacteria, quality, Wlacodji.

RÉSUMÉ: Le poisson est une denrée très périssable dont la conservation nécessite le maintien en continu de la chaîne de froid. Le but de l'étude est d'évaluer l'effet de la rupture de la chaîne de froid sur la qualité bactériologique de *Scomber scombrus*

(maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard). A cet effet, la collecte des données a été réalisée de Juin à Décembre 2016 dans le Sud du Bénin. Au total, 120 poissons ont été répartis en lots témoins (courant continu) et expérimentaux (rupture de la chaîne de froid de 3h, 6h et 12h) pour déterminer les charges en micro-organismes en fonction de la durée de rupture de la chaîne de froid. Les charges en Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT) et en *Clostridium perfringens* ont été significativement plus élevées dans les échantillons de poissons réfrigérés que chez les poissons congelés (P<0,001). Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre les lots témoins et les lots testés quelle que soit la méthode de conservation et le temps de rupture de la chaîne de froid (P>0,05) pour la FMAT. Aucun cas de *Clostridium perfringens* n'a été dénombré à la congélation. De même, les *Staphylococcus aureus* n'ont pas été dénombré, exceptés au niveau des lots testés réfrigérés à la rupture de 3 heures de temps. Les charges en FMAT et en *Clostridium perfringens* ont augmenté en fonction du temps de la rupture du froid. Pour la FMAT, la charge la plus élevée a été obtenue à 12 heures de temps de la rupture de la chaîne de froid. La charge en entérobactérie a été élevée au niveau des lots testés par rapport aux lots témoins dans la majorité des cas. Aucun échantillon n'a révélé la présence de coliformes totaux, coliformes fécaux, *Salmonelles* et d'*Escherichia coli*. Le maintien rigoureux de la chaîne de froid tout au long de la conservation jusqu'à la consommation empêche de façon significative la prolifération de la flore de contamination des poissons.

MOTS-CLEFS: chaîne de froid, sécurité, bactéries, qualité, Wlacodji.

1 INTRODUCTION

Le poisson est un produit dont la qualité se dégrade très rapidement du fait, principalement des réactions protéolytiques dues à des enzymes digestives, tissulaires et microbiennes ([1], [2]). Au Bénin les poissons, les plus consommés en dehors des poissons d'eau continentale, sont des poissons congelés d'eau marine importés. Parmi ces espèces de poissons, les chinchards (*Trachurus trachurus)*, les maquereaux communs (*Scombers scombrus)* et les Sardinelles [3] occupent une place de choix chez les consommateurs. Pour assurer leurs conservations avant la mise en vente, plusieurs méthodes de conservations par le froid (congélation et réfrigération) sont utilisées. Ainsi, le froid ralentit ou stoppe le développement des micro-organismes et réduit au minimum la détérioration des poissons [4]. Les produits de la pêche et en particulier les poissons sont une source de bactéries et de maladies pour les hommes [5]. De ce fait, le recours au froid permet d'allonger la durée de vie des poissons et d'accroître la sécurité sanitaire.

Malheureusement, depuis plusieurs décennies, l'Afrique de l'Ouest et particulièrement le Bénin font face à un déficit énergétique conduisant à un plan de délestage au quotidien. Des coupures d'électricité allant de 4 heures à 14 heures sont observées par jour ([6], [7]). De plus, à cause de la cherté de l'électricité, plusieurs commerces de produits congelés interrompent volontairement le courant électrique en vue de réaliser des économies. Cette situation entraine, la rupture de la chaîne de froid dans plusieurs poissonneries du Bénin et constitue un risque sanitaire d'origine microbiologique avec pour conséquence des problèmes de santé publique.

En fonction de la durée de la coupure d'électricité, la rupture de la chaîne de froid pourraient entraîner la prolifération des germes microbiens qui sont à l'origine des toxi-infections alimentaires. Ces bactéries peuvent être des *salmonelles*, des staphylocoques ou *Listeria monocytogenes*, etc.…, dont l'ingestion peut occasionner des troubles gastriques (diarrhée), la fièvre et allant jusqu'à la mort.

Des études ont été réalisées par [8] sur l'impact de la rupture de froid sur les qualités technologiques et sensorielles des poissons (*Trachurus trachurus* et *Scomber scombrus*) mais aucune n'a été faite concernant l'impact de la rupture sur la qualité hygiénique des poissons congelés importés au Bénin.

Eu égard à tout ce qui précède, il est important d'évaluer, l'effet de la rupture de la chaîne de froid sur la qualité microbiologique de *Scomber scombrus* (maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard) dans le Sud du Bénin.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

La collecte des données sur l'impact de la rupture de la chaîne de froid sur la qualité microbiologique de *S. scombrus* (maquereau commun) et de *T. trachurus* (chinchard) dans le Sud du Bénin a été réalisée de Juin à Décembre 2016 au Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie de Viandes (LBATV) situé à 6°24'711'' de latitude Nord et 2°20'360'' de longitude Est dans la commune d'Abomey- Calavi. Cette commune est située à 12 mètres d'altitude, entre 6°26' de latitude Nord, et 2°21' de longitude Est. Elle est localisée dans la partie Sud de la République du Bénin et du département de l'Atlantique. Elle est limitée au Nord par la commune de Zè, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Est par les communes de Sô-Ava et de Cotonou et à l'Ouest par les communes de Tori-Bossito et de Ouidah. C'est la commune la plus vaste du département de l'Atlantique dont elle occupe plus de 20%. On y trouve deux plans d'eau, le lac Nokoué et la lagune côtière. La commune dispose d'une façade maritime juxtaposée à la lagune côtière, des marais, des ruisseaux et des marécages. La présence de ces plans d'eau offre à la commune une activité de pêche artisanale très vivace. La commune bénéficie également de plusieurs marchés locaux (kpota, Glodjigbé, Akassato, Zinvié et Zè). Une fois collectées, les données et les échantillons ont été analysés au Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes (LBATV) du Département de Production et Santé Animales (DPSA) de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

2.2 ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Au total, 120 poissons dont soixante (60) *T. trachurus* et soixante (60) *S. scombrus* ont été collectés. Les poissons ont été échantillonnés au Comptoir de Distribution de Produits Alimentaires (CDPA), lieu d'approvisionnement des poissons congelés importés à Cotonou. Ils ont été ensuite transportés au laboratoire (LBATV) dans une glacière à 4°C selon les prescriptions de la norme [9].

Plusieurs lots de poissons ont été constitués : le lot1 : destiné à la réfrigération a été en courant continu, c'est-à-dire sans interruption de courant pendant l'expérimentation ; c'est le lot témoin1, le lot 2 : destiné à la congélation a été en courant continu, c'est-à-dire sans interruption de courant pendant l'expérimentation ; c'est le lot témoin 2, les lots 3, 4 et 5 : destinés pour la réfrigération, ont reçu respectivement des coupures d'électricité de 3 heures, 6 heures, 12 heures par jour pendant 3 jours chacun, les lots 6, 7 et 8 : destinés pour la congélation, ont reçu respectivement des coupures d'électricité de 3 heures, 6 heures et 12 heures par jour pendant 3 jours chacun. Pour chaque lot, en fonction de la méthode de conservation et en fonction des coupures de courant, cinq (5) poissons ont été considérés et ceci par espèce. Les températures de +4°C et de -18°C ont été appliquées respectivement pour la réfrigération et la congélation.

A la fin de la durée de chaque rupture de la chaîne de froid, les parties superficielles et profondes des poissons ont été aseptiquement prélevées à l'aide de couteaux et de pinces stériles à proximité de la flamme d'un bec bunsen pour la recherche des germes microbiologiques. Chaque échantillon prélevé pèse en moyenne 25g par poisson. La fraction ainsi prélevée est utilisée pour la préparation de la solution-mère [9]. A partir de la solution mère, des dilutions décimales ont été réalisées. Un millilitre de la solution mère est prélevé et introduit dans un tube à essai contenant 9 ml de Tryptone Sel (TS) pour obtenir la solution à 10^{-2}. Dans ce tube, il est prélevé 1 ml de solution qui est introduit dans un autre tube à essai contenant 9 ml de TS pour donner la solution 10^{-3}.

La recherche et le dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) ont été faits conformément à la norme [10]. Les coliformes totaux et fécaux ont été dénombrés selon la norme [11] et les staphylocoques présumés pathogènes (*Staphylococcus aureus*), suivant la norme [12]. Les *Clostridium perfringens* ont été dénombrés respectivement suivant les normes [13] et [14]. Les entérobactéries et les *Escherichia coli* ont été respectivement identifiés selon les normes [15] et [16].

L'interprétation des résultats microbiologiques a été faite suivant un plan à deux classes pour les Salmonelles, et un plan à trois classes pour les FMAT, les Coliformes, et les Staphylocoques en référence aux critères microbiologiques définis par le Règlement N°2073/2005 de l'Union Européenne et par la Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution ([17], [18]), fixant le seuil de tolérance Maximale (M). Pour la FMAT, M est égal 10^7 UFC/g ; pour les coliformes fécaux et les *Clostridium perfringens* M est égal à 100 UFC/g ; pour les *Staphylococcus aureus* M est égal à 10^3 UFC/g et pour les salmonelles une absence dans 25 g de produit analysé est envisagée.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

La procédure *Proc mean* [19] a permis de calculer les moyennes des germes de la FMAT, de coliformes totaux, de coliformes fécaux, d'entérobactéries, de *Staphylococcus aureus* et de *Clostridium perfringens.* La procédure des modèles linéaires généralisés [9] a été utilisée pour l'analyse de variance dont les critères sont : les temps de coupure, les méthodes de conservation et de l'interaction entre temps de coupure et méthode de conservation. Le test de F a été utilisé pour déterminer la significativité de chaque effet du modèle et les moyennes moindres carrés ont été estimées et comparées par le test t de *Student* pour faire des comparaisons deux à deux tout en dégageant la plus petite différence significative.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DE LA MÉTHODE DE CONSERVATION PAR LE FROID, DE L'ESPÈCE ET DE LA DURÉE DE RUPTURE DE LA CHAÎNE DE FROID SUR LA CHARGE BACTÉRIENNE (UFC/G) DES POISSONS

3.1.1 FLORE AÉROBIE MÉSOPHILE TOTALE

La charge en FAMT a été significativement plus élevée chez les poissons réfrigérés que chez les poissons congelés (P<0,001) soit respectivement 261,85x10^3UFC/g et 35,14x10^3UFC/g (Tableau 1). Aucune différence significative n'a été observée entre les lots témoins et les lots testés pour chacune des méthodes de conservation par le froid (P>0,05). Toutefois, une diminution de charge a été observée d'une méthode de conservation à une autre entre les lots témoins et testés. La charge bactérienne en FMAT n'a pas varié significativement (P>0,05) entre les chinchards et les maquereaux. Par contre, la charge en FMAT a augmenté (P<0,001) en fonction de la durée de rupture de la chaîne de froid (Tableau 1). La charge la plus faible a été obtenue à 3h (38,92x10^3UFC/g) et la plus élevée à 12 heures de temps de la rupture de la chaîne de froid (314,45x10^3UFC/g).

3.1.2 CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Aucune différence significative n'a été observée entre les lots témoins et les lots testés pour chacune des méthodes de conservation par le froid (réfrigération et congélation) (P>0,05) (Tableau 1). La charge en *Clostridium perfringens* a été de 0,0217x10^3 UFC/g pour les poissons réfrigérés contre 0,0162x10^3 UFC/g pour les lots testés réfrigérés. Toutefois, aucun cas de *Clostridium perfringens* n'a été dénombré à la congélation et des charges similaires ont été obtenues pour les deux espèces (P>0,05). Aucun cas de *Clostridium perfringens* n'a été dénombré à 3h de la rupture de la chaîne de froid. Après 3 heures de coupure, la charge en *Clostridium perfringens* a augmenté pour atteindre 0,015x10^3 UFC/g et n'a plus varié significativement (P>0,05) jusqu'à 12h de rupture (0,013x10^3 UFC/g).

3.1.3 ENTÉROBACTÉRIES

La charge en entérobactérie n'a pas varié pour les deux méthodes de conservation par le froid (réfrigération et congélation) aussi bien pour le lot témoin que pour le lot expérimental (P>0,05) (Tableau1). La charge en entérobactérie des lots testés à la réfrigération a été élevée (0,0683 x10^3 UFC/g) que celle des poissons à la congélation (0,018 x10^3 UFC/g). Aucune différence significative n'a été obtenue (P>0,05) entre espèces (*S. scombrus et T. trachurus*). Toutefois, *S. scombrus* a eu une charge élevée (0,0527 x10^3 UFC/g). En fonction de la durée de la rupture du froid, la charge en entérobactérie a varié de 0,0121 x10^3 UFC/g à 0,0789 x10^3 UFC/g (P<0,05). La charge la plus élevée a été obtenue à 3h de la rupture du froid.

3.1.4 STAPHYLOCOCCUS AUREUS

La charge en *Staphylococcus aureus* a été de 0,16 UFC/g pour les poissons testés à la réfrigération (Tableau1). Aucun dénombrement n'a été fait à la congélation, aussi bien dans le lot témoin que dans le lot expérimental. Aucune différence significative n'a été observée pour les deux espèces (P>0,05). *S. scombrus* a eu une charge de 0,08 UFC/g contre 0 UFC/g pour *T. trachurus*. Seule la rupture de froid de 3h du temps a eu une charge de 0,12 UFC/g.

3.1.5 COLIFORME TOTAUX, COLIFORME THERMO TOLÉRANT, ET *ESCHERICHIA COLI*

Enfin, les Coliformes totaux, Coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli* n'ont pas été dénombrées.

3.1.6 INTERACTION ENTRE LA TECHNIQUE DE CONSERVATION ET LA DURÉE DE RUPTURE EN FONCTION DE LA CHARGE MICROBIENNE

Le tableau 2 présente la variation de la charge microbienne en fonction de la durée de la rupture de froid pour chaque méthode de conservation. La charge en FMAT n'a pas varié en fonction du temps de rupture de la chaîne de froid au sein de chacun des lots congelés testé et témoin (P>0,05). Par contre, un effet significatif a été obtenu au niveau des lots réfrigérés (P<0,001). Les charges les plus élevées ont été obtenues à 12 heures de la rupture de froid aussi bien pour le lot témoin réfrigéré que pour le lot testé réfrigéré (584,12x10^3 UFC/g *vs* 650,07x10^3UFC/g). Chez *Clostridium perfringens,* un effet significatif a été seulement observé entre les lots réfrigérés et congelés (P<0,001). La charge a évolué de 3 à 6 h de rupture. Aucune différence de charge (P>0,05) n'a été obtenue entre la rupture de 6h et 12h.

Tableau 1 : Effet des méthodes de conservation par le froid, de l'espèce et de la durée de coupure sur la charge bactérienne (UFC/g des poissons)

Source de variation		*Flore Aérobie Mésophile Totale* (10^3UFC/g)		*Clostridium perfringens* (UFC/g)		Entérobactéries (UFC/g)		*Staphylococcus aureus* (UFC/g)	
		Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS
Méthodes de conservation par le froid	Lot testé Congélation	35,14b	58,52	0,00b	0,00	18,00a	16,75	0,00a	0,00
	Lot témoin congélation	10,92b	21,52	0,00b	0,00	4,33a	3,60	0,00a	0,00
	Lot testé Réfrigération	261,85a	307,89	16,25a	14,40	68,30a	85,00	0,16a	0,40
	Lot témoin réfrigération	232,40a	277,18	21,75a	16,88	78,8a	86,30	0,00a	0,00
	Test de significativité	***		***		NS		NS	
Espèces	*Scombers scombus*	138,72	259,21	9,50	14,87	52,79	76,92	0,08	0,28
	Trachurus trachurus	131,44	200,86	9,50	14,4	31,87	53,36	0,00	0,00
	Test de significativité	NS		NS		NS		NS	
Durée de rupture	3 heures	38,92b	17,49	0,00b	0,00	78,93a	82,04	0,12a	0,354
	6 heures	51,87b	17,49	15,06a	16,76	12,06b	20,02	0,00a	0,00
	12 heures	314,45a	17,49	13,43a	15,38	36,00ab	66,28	0,00a	0,00
	Test de significativité	***		***		*		NS	

*DS : Déviation Standard ; NS : Non significatif au seuil de 5% ; * : significatif au seuil de 5% ; *** : significatif au seuil de 1‰. Les moyennes intra-classe de la même colonne suivie des lettres différentes, diffèrent significativement au seuil de 5%.*

Tableau 2 : variation de la charge microbienne en fonction de la durée de la rupture de froid pour chaque méthode de conservation

Source de variation		*Flore Aérobie Mésophile Totale* (10^3 UFC/g)		*Clostridium perfringens* (UFC/g)		*Entérobactéries* (UFC/g)		*Staphylococcus aureus* (UFC/g)	
Mode de conservation par le froid	Rupture	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS
Lots testés Congélation	3heures	83,03b	100,04	0,00b	0,00	22,5a	8,98	0,00	0,00
	6heures	4,03b	2,61	0,00b	0,00	0,00a	0,00	0,00	0,00
	12heures	18,37b	5,18	0,00b	0,00	31,5a	18,38	0,00	0,00
Lots témoins Congélation	3heures	27,15b	38,40	0,00b	0,00	7,50a	2,12	0,00	0,00
	6heures	0,37b	0,53	0,00b	0,00	0,00a	0,00	0,00	0,00
	12heures	5,24b	5,22	0,00b	0,00	5,50a	0,00	0,00	0,00
Lots testés Réfrigération	3heures	21,51b	19,86	0,00b	0,00	175a	21,12	0,05	0,07
	6heures	113,99b	21,86	27,00a	10,61	31,3a	23,39	0,00	0,00
	12heures	650,07a	109,17	21,75a	10,25	0,00a	0,00	0,00	0,00
Lots témoins réfrigération	3heures	23,99b	16,38	0,00b	0,00	110,8a	97,9	0,00	0,00
	6heures	89,10b	6,50	33,25a	1,06	17,00a	24,00	0,00	0,00
	12heures	584,12a	92,13	32,00a	1,41	107,00a	125,9	0,00	0,00
	Test de significativité	***		***		NS		NS	

*DS : Déviation Standard ; NS : Non significatif au seuil de 5% ; *** : significatif au seuil de 1‰. Les moyennes de la même colonne suivie des lettres différentes, diffèrent significativement au seuil de 5%.*

4 DISCUSSION

4.1 FLORE AÉROBIE MÉSOPHILE TOTALE

La charge en FMAT a été significativement plus élevée au niveau des lots de poissons témoins réfrigérés qu'au niveau des lots de poissons témoins congelés. Les charges trouvées sont supérieures à celles obtenues dans les études réalisées par la référence [20] sur les *Tilapia guineensis* réfrigérés à +4°C ($232,4x10^3$ UFC/g *vs* $8,2×10^4$ UFC/g) et à ceux congelés à -18°C ($10,92×10^3$ UFC/g *vs* $7,3×10^2$ UFC/g) pendant la deuxième semaine de l'expérimentation. Ce résultat est en accord avec la diminution de charge en FMAT observée chez les poissons congelés comparés à ceux réfrigérés dans cette étude. Ceci peut se justifier par le fait que la congélation bloque la croissance bactérienne et la réfrigération ralentie la croissance microbienne. De plus, les variations de charges observées dans les diverses études sont liées à la charge en FMAT du milieu dans lequel les poissons sont pêchés et traités initialement. La dépendance de la flore microbienne vis-à-vis de l'environnement aquatique a été déjà évoquée par la référence [21].

Les charges en FMAT ont évolué avec la durée de la rupture (3h, 6h, 12h) de la chaîne de froid. Une augmentation de charges en FMAT a été obtenue dans les études réalisées par [22] chez les maquereaux des Indes (*Rastrelliger kanagurta*) après 48heures conservés à 4°C, 15°C et 25°C, par [23] sur les maquereaux du Pacifiques après 48heures conservés à 0°C, 4°C, 15°C et 25°C et par [24] sur les Labéo roho (*Labeo rohita*) après 7 jours conservés à -12°C. Dans ces études, la chaîne de froid a été maintenue et les résultats obtenus démontrent que plus la température de conservation augmente, la charge en FMAT aussi augmente et les bactéries ont de difficultés à croître à de plus basse température. L'augmentation de la charge en FMAT obtenue dans cette étude est due à la variation de la température lors de la rupture de la chaîne de froid (3h, 6h, 12h). Une étude sur les variations de la température lors de la rupture de la chaîne de froid pourrait confirmer cette hypothèse. L'augmentation de charge a été plus significative à 12h de la rupture de la chaîne de froid. Dans cette étude, à cause de la rupture de la chaîne de froid, la température aurait augmenté pour favoriser la croissance des bactéries. [25] ont conclu que la multiplication des bactéries est accélérée quand la température de conservation augmente.

Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre la charge des lots témoins et celle des lots testés quelle que soit la méthode de conservation.

La charge a été élevée au niveau des lots de poissons testés par rapport aux lots témoins et d'un mode de conservation à un autre (congélation et réfrigération). Cette différence est due à l'effet de la rupture de froid. Les références [26] et [27] ont rapporté que la maîtrise de la température ralentit ou mieux bloque les réactions enzymatiques et le développement des micro-organismes. La charge en FMAT n'a pas varié significativement en fonction du temps de rupture de la chaîne de froid au sein de chacun des lots congelés testé et témoin. Ce qui se justifie par le fait que la congélation bloque la croissance bactérienne. Par contre, les charges les plus élevées au sein de chacun des lots de poissons réfrigérés ont été obtenues à 12 heures de rupture de la chaîne de froid aussi bien au niveau des lots témoins réfrigérés qu'au niveau des lots testés réfrigérés. Les fortes charges obtenues au niveau des lots testés réfrigérés peuvent s'expliquer par le fait qu'en présence d'une rupture de la chaîne de froid allant à 12h de temps par jour, les bactéries ont retrouvé leurs conditions favorables et ont repris leur croissance tout en utilisant les composés organiques des poissons comme nourriture.

Dans l'ensemble, la qualité microbiologique des deux espèces de poissons est satisfaisante car les charges microbiennes des lots témoins et testés, quelles que soient les méthodes de conservation sont inférieures à la valeur minimale acceptable 10^6 UFC/g des critères microbiologiques du Règlement N°2073/2005.

4.2 ENTÉROBACTÉRIES

La charge en entérobactérie n'a pas varié significativement pour les deux méthodes de conservation par le froid, aussi bien pour les lots témoins que pour les lots expérimentaux. La charge la plus élevée a été obtenue à la rupture de 3 heures de la chaîne de froid. Les charges en entérobactéries obtenues dans cette étude sont inférieures à la charge limite acceptable pour la consommation humaine (10^3 UFC/g) définie par le Règlement N°2073/2005. Des charges plus élevées ont été obtenues dans les études réalisées sur les sardines communes (*Sardina pilchardus*) ($2,63 \times 10^2$ UFC/g), les filets de saumon (*Salmo salar*) (5×10^2 UFC/g) [28] et sur les maigres communs (*Argyrosomus regius*) conservés à +4 °C ($1,69 \times 10^3$ UFC/g) [29]. La présence des entérobactéries au niveau des différentes études indique un défaut d'hygiène lors des processus de traitements des poissons et une contamination post traitement. Cette observation a été faite aussi par [30], [31] et [32]. La charge d'entérobactérie élevée à 3heures de rupture est liée à la variation de la température survenue lors de la rupture de la chaîne de froid. Les mêmes constats sont faits par [33] qui affirme que chez le thon jaune (*Thunnus albacares*), les entérobactéries peuvent fortement se développer en cas de la rupture de la chaîne du froid. Ainsi, dans les études réalisées par [34], une exposition de

3 heures des poissons à une température de 25°C, augmente la charge en entérobactérie de 10^2 UFC/g. La baisse de la charge en entérobactérie à 6h et à 12heures de la rupture de la chaîne de froid peut être due aux conditions défavorables et à un manque de nutriments essentiels pour leurs croissances. Ces nutriments seraient épuisés à la rupture de 3heures.

Par ailleurs, la charge initialement obtenue dans cette étude est liée à une contamination croisée d'origine intestinale (homme) et environnementale. Les emballages (carton et sachet) des poissons constituent aussi une source de contamination de ces poissons dans le cadre de cette étude.

4.3 STAPHYLOCOQUES

Pour les Staphylocoques (*Staphylococcus aureus*), aucune différence de charge n'a été obtenue entre les chinchards et les maquereaux. Des résultats similaires ont été trouvés par [35] où les charges en staphylocoque de *Sarotherodon melanotheron* n'ont pas été différentes de celles de *Coptodon guineensis* dans une étude réalisée dans le marché de Kpota à Calavi au Bénin. Les staphylocoques ont été absents dans tous les échantillons, sauf au niveau des lots de poissons réfrigérés ayant subi la rupture de 3 heures. Ces échantillons sont de qualités microbiologiques satisfaisantes car les charges en staphylocoques sont inférieures à celles des critères microbiologiques (10^2 UFC/g) du règlement 2073/2005/CE. Des résultats similaires sont rapportés chez les chinchards congelés commercialisés au Sud du Bénin [36]. Aussi, [37] ont trouvé des charges inférieures à 100 UFC/g, satisfaisantes pour la consommation humaine, chez le Bar Européen (*Dicentrarchus labrax*), la Dorade royale (*Sparus aurata*), le Sprat (*Sprattus sprattus*), la Sardine commune (*Sardina pilchardus*), la Rascasse rouge (*Scorpaena scrofa*), le Thon rouge de l'Atlantique (*Thunnus thynnus*), le Merlu européen (*Merluccius merluccius*), le Rouget de roche (*Mullus surmuletus*) vendus sur le marché en Croatie.

Ces germes ont pour habitat, la peau, les muqueuses de l'homme et des animaux ([31], [38]). La présence de ces germes dans les poissons à 3 heures de la rupture de la chaîne de froid est due à une contamination par l'homme ou par l'environnement. Son absence dans les échantillons après 3heures de rupture de la chaîne de froid est due à une température non favorisante et ou à une absence de nutriment nécessaire pour leur croissance. Normalement les *S. aureus* se multiplient à une température ambiante mais sont inhibés, sans être détruits, par la réfrigération et la congélation [39]. La référence [40] affirme que, pour la croissance et la survie de *S. aureus* il faut une température de croissance de 7 à 48°C. Les températures lors des tests dans cette étude sont de +4°C et -18°C et ne favorisent pas la croissance de ces germes. Une résistance de ces germes à la congélation a été évoquée par [41] d'où leurs absences à la congélation dans cette étude.

4.4 CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Aucun cas de *Clostridium perfringens* n'a été dénombré à la congélation. Cette absence de *C. perfringens* chez les poissons congelés peut s'expliquer par le fait que les poissons n'ont pas été contaminés à l'achat et ont subi moins de manipulation. Cependant, la charge en *C. perfringens* a été plus élevée au niveau des lots testés que chez les lots témoins et a connu une augmentation avec la durée de rupture. En effet, *C. perfringens* prend la forme sporulante lorsque les conditions de croissance deviennent défavorables. Ce qui serait le cas, lorsque les poissons ont été mis au froid. Ces germes se multiplient habituellement à la température ambiante entre 15 °C et 50 °C [42].

La charge élevée au niveau des lots testés est la cause des variations de la température intervenue au cours des ruptures de la chaîne de froid. Dès que l'action du froid cesse, tous les microbes inhibés par le froid retrouvent leur activité et prolifèrent rapidement. Aussi, la présence de ces germes au sein des lots de poissons réfrigérés est due à une contamination par les commerçants à l'achat, par les chambres froides ou par les surfaces de vente des poissons. Une analyse de la qualité microbiologique des chambres froides et des surfaces de vente pourrait corroborer cette hypothèse. La présence de ces germes représente un danger sérieux, avec de forts risques d'entraîner des maladies. Pour cette raison [43] recommande le respect de la chaîne du froid des aliments.

5 CONCLUSION

L'enjeu essentiel de la conservation des aliments par le froid est son impact sur le comportement microbien, en particulier le ralentissement de la multiplication des microorganismes d'altérations et pathogènes. L'étude réalisée sur l'impact de la rupture de la chaîne de froid sur la qualité microbiologique de *Scombers scombrus* (maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard) dans le Sud du Bénin, montre que les conditions de commercialisation ne respectent pas les règles de bonnes pratiques d'hygiène. Les germes pathogènes tels que les entérobactéries, les *Staphylococcus aureus* et les *Clostridium perfringens* ont été identifiés dans les échantillons analysés. Les risques de toxiinfections dues à ces germes sont de ce fait possibles. Leur présence indique une défaillance du traitement et par conséquent un risque pour le consommateur.

Dans cette étude, la congélation à -18°C a causé des conditions environnementales défavorables pour les bactéries qui ralenti la prolifération bactérienne, alors que la réfrigération permet aux bactéries de proliférer très rapidement. La rupture de la chaîne de froid ne favorise pas la conservation des poissons surtout à la réfrigération. Avec la rupture de la chaîne de froid, la congélation est la meilleure méthode de conservation pour assurer la qualité microbiologique des poissons. La rupture de la chaîne de froid de 3 heures au maximum garantie la qualité des poissons. La mise en pratique des bonnes pratiques hygiènes en application à la méthode des 5M (Main d'œuvre, Matières premières, Milieux, Matériels et Méthode) et l'élaboration des normes sur la conservation par le froid et la qualité sanitaire des poissons au Bénin, assureront la sécurité sanitaire des consommateurs sans risque de maladies.

REFERENCES

[1] M. S. Al-Jasser and F. M. Al-Jasass, ''Study the Chemical, Physical Changes and Microbial Growth as Quality Measurement of Fish''. Annual Research and Review in Biology 4 (9): 1406-1420, 2014.

[2] S. Sharifian, A. Ebrahim, M. S. Mortazavi, and M. S. Moghadam, ''Effects of refrigerated storage on the microstructure and quality of Grouper (*Epinephelus coioides*) fillets''; Journal of Food Science Technology 51(5):929–935, 2014.

[3] COMHAFAT, ''Synthèse de l'étude sur les industries des pêches et de l'aquaculture ; revue des industries des pêches et de l'aquaculture dans les pays de COMHAFAT'' ; 19p, 2014.

[4] M.M. Aung, et Y.S. Chang, ''Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain''. Food Control 40, 198-207, 2014.

[5] D. Stratev, I. Vashin, and H. Daskalov, ''Microbiological status of fish products on retail markets in the Republic of Bulgaria''. International Food Research Journal 22(1) : 64-69, 2015.

[6] B.G. Bocodaho, ''Etats des lieux sur les techniques de conservations par le froid des poissons d'eau marine *Scomber scombrus* (maquereau commun) et *Trachurus trachurus* (chinchard) dans le sud du Bénin (Abomey-Calavi et Cotonou)''. Rapport de fin de formation pour l'obtention de la licence en Production et Santé Animale, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi ; 48p, 2015.

[7] E. M. Gnimavo, ''Caractérisation de la chaîne du froid des poissons (*Scomber scombrus et Trachurus trachurus*) dans la commune d'Abomey Calavi'', rapport de fin de formation pour l'obtention de la licence en Production et Santé Animale, 47p, 2015.

[8] H.M M. Assogba and A.K.I. Youssao, ''Rapport de travail sur l'Impact de la rupture de la chaîne de froid sur les qualités technologiques et organoleptiques des maquereaux communs (*Scomber scombrus)* et des chinchards (*Trachurus trachurus*) dans le Sud du Bénin''. Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes, de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi de l'Université d'Abomey Calavi (Bénin), 20 pages, 2017.

[9] ISO 7218, ''Microbiologie des aliments : règles générales pour les examens microbiologiques'' ; Troisième édition ,74 page, 2007.

[10] ISO 4833, ''Méthodes horizontales pour le dénombrement des micro-organismes''. V08-011,1-9, 2003.

[11] ISO 4831, ''Microbiologie des aliments. Méthode horizontales pour la recherche et dénombrement des coliformes''. Troisième édition, 11p, 2006.

[12] ISO 6888, ''Microbiologie des aliments- horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulas positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces). Technique utilisant le milieu-gélosé de Baird Parker'', 1999. www.iso.org./iso/fr ; consulté ce 5/03/2017.

[13] ISO 7937, ''Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement de *Clostridium perfringens*-Technique par comptage des colonies'', 2005.

[14] ISO 6579, ''Méthode horizontale pour la recherche des *Salmonella spp''*. V08-010-2, 2007.

[15] ISO 21528-2, ''Microbiologie des aliments-Méthodes horizontales pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae'' – Partie 2 : Méthode par comptage des colonies, 2004.

[16] ISO 7251, ''Microbiologie des aliments''. Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement *d'Escherichia coli* présumés, 2005.

[17] Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution (FCD), ''Critères microbiologiques applicables à partir de 2015 aux activités de fabrication, préparation, découpage ou simple manipulation de denrées nues en rayon « à la coupe » et en atelier en magasin'' ; 59 p, 2014.

[18] Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution (FCD), ''Critères microbiologiques applicables à partir de 2015 aux marques de distributeurs, marques premiers prix et matières premières dans leur conditionnement initial industriel ; 59 p, 2016.

[19] SAS, ''SAS/STAT User's guide, vers, 9.4 Utilities, Cary, NC, USA, SAS Institute Inc'', 2013.

[20] O. Obemeata, F. P. Nnenna, and N. Christopher ''Microbiological assessment of stored *Tilapia guineensis*'' African Journal of Food Science Vol. 5(4), pp. 242 – 247, 2011.

[21] E. I. Eze, B. C. Echezona and E. C. Uzodinma ''Isolation and identification of pathogenic bacteria associated with frozen mackerel fish (*Scomber scombrus*) in a humid tropical environment''. In *African Journal of Agricultural Research*, vol. 6, 2011, no. 7, p. 1918-1922, 2011.

[22] S. A. Humaid, and M. T. Jamal ''The Effect of Storage Temperature (4°C, 15°C and 25°C) on The Shelf Life of Whole Marine Fish (*Rastrelliger kanagurta*)''. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), Volume 8, Issue 11 Ver. I, PP 46-51, 2014. .

[23] S. H. Kim, K. G. Field, D. S. Chang, C. I. Wei, H. An ''Identification of bacteria crucial to histamine accumulation in Pacific mackerel during storage''. Journal of Food Protection 64, 1556–1564, 2001.

[24] R. Gandotra, M. Koul, S. Gupta, S. Sharma ''Change in proximate composition and microbial count by low temperature preservation in fish muscle of *Labeo Rohita* (Ham-Buch). Journal of Pharmacy and Biological Sciences, Volume 2, Issue 1, PP 13-17, 2012.

[25] Q. Q. Jiang, Z. Y. Dai, T. Zhou, J. J. Wu, J. Z. Bu, and T. L. Zheng, ''Histamine production and bacterial growth in Mackerel (*Pneumatophorus Japonicus*) during storage'', Vol. 37, Journal of Food Chem. 2:246–253, 2013.

[26] P. Rosset, B. Annie, C. Marie, P. Gerard, ''La chaîne du froid en agroalimentaire. *Cahier de Nutrition et de Diététique''*, 37 (2), 124-130, 2002. https://hal-anses.archives-ouvertes.fr/hal-00378384

[27] ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire), ''Rapport sur la consommation des poissons, mollusques et crustacés'', www.anses.fr Consulté le 09/04/2016 74, séance du 13 février 2001. Aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme, 130p, 2010.

[28] J. Calanche, S. Samayoa, V. Alonso, L. Provincial, P. Roncalés, and J.A. Beltrán, ''Assessing the effectiveness of a cold chain for fresh fish salmon (*Salmo salar*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in a food processing plant''. Food Control 33 ; 126-135, 2013.

[29] M.D. Hernández, M.B. López, A. Álvarez, E. Ferrandini, B. García García, and M.D. Garrido, ''Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage''. Food Chemistry 114, 237–245, 2009.

[30] C.F.A. Salifou, K.C.Boko, G.S. Ahounou, P.U.TOUGAN, S.K. Kassa, I. Houaga, S. Farougou, G.A. Mensah, A. Clinquart, et A.K.I. Youssao, ''Diversité de la microflore initiale de la viande et sécurité sanitaire des consommateurs ; International Journal of Biology''. Chemical. Science. 7(3): 1351-1369, 2013. Available online at http://ajol.info/index.php/ijbcs .

[31] I. S. Boziaris ''Seafood Processing Technology, Quality and Safety. John Wiley & Sons, Ltd; ISBN 978-1-118-34621-1; 510 pp, 2014.

[32] Sandle, T. Enterobacteriaceae, Coliforms, and *Escherichia coli*. In: C.A. Batt, and M.L. Tortorello, (eds.), 2014. Encyclopedia of Food Microbiology, second edition. ISBN : 978-0-12-384730- 0. 232-237.

[33] S. A. Dauchy ''Écosystèmes microbiens des poissons tropicaux, *Thunnus albacares* et *Sciaenops ocellatus*, après abattage et incidence sur la qualité des produits''. Thèse de doctorat en Sciences agronomiques, biotechnologies agro-alimentaires de l'Université des Antilles, 326 pages, 2016.

[34] C. Ferrario, C. Pegollo, G. Ricci, F. Borgo, and M.G Fortina, "PCR detection and identification of histamine-forming bacteria in filleted tuna fish samples". Journal of Food Science 77 (2), M115- M120, 2012.

[35] H.M.M. Assogba, and A.K.I. Youssao, ''Effet des procédés de transformation et de conservation sur les qualités microbiologique de *Tilapia guineensis* (Günther, 1862) et de *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) dans le Sud du Bénin''. Journées scientifiques de la célébration du quarantenaire de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi de l'Université d'Abomey Calavi (Bénin), 11 pages, 2018.

[36] K. A. Wabi, ''Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique du poisson chinchard « *Trachurus trachurus* » congelé commercialisé dans les environs du Campus Universitaire d'Abomey Calavi au Bénin''. Mémoire de Master en normes, contrôle de qualité et technologie alimentaire, Université d'Abomey-Calavi, 44p, 2010.

[37] N. T. Popovic, A. B. Skukan, P. Dzidara, R. Coz-Rakovac, I. Strunjak-Perovic, L. Kozacinski, M. Jadan, and D. Brlek-Gorski, ''Microbiological quality of marketed fresh and frozen seafood caught off the Adriatic coast of Croatia''. Veterinarni Medicina 55 (5) : 233-241, 2010.

[38] ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire), ''Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments : Staphylococcus aureus et entérotoxines staphylococciques'', 4p, 2011.

[39] CIV (Centre d'Information des Viandes), ''Micro-organismes et parasites des viandes : les connaître pour les maîtriser, de l'éleveur au consommateur''. Cahiers sécurité des aliments ; 52 pages, 2012.

[40] A. L. Dib, ''Evaluation de la contamination microbienne des produits de la mer. Thèse de Doctorat en Sciences en Hygiène et Sécurité Alimentaire de l'Université Constantine1, Institut des Sciences Vétérinaires. 05/SVet/2014; 280 pages, 2014.

[41] S. Mariapan, G. Sugumar, and D. Sugumar, ''Survival of Salmonella*, Staphylococcus aureus* and *Vibrio parahaemolyticus* in smoked fish fillets under low temperature storage''. Indian Journal of Microbiology 2:25-28, 2010.

[42] N. Saoussen, ''Caractérisation des bactéries psychrotrophes de deux types aliments (Viande de Volaille et de Poisson Sardine)''. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, écologie microbienne de l'Université des Frères Mentouri Constantine ; 72 pages, 2016.

[43] AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), ''Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : *Clostridium perfringens ;* 4p, 2006.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 633-643
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Promotion de l'Entreprenariat féminin en Côte d'Ivoire : État des lieux et perspectives

[Promotion of female entrepreneurship in Côte d'Ivoire : State of premises and prospects]

Bassémory KONE

Maitre-Assistant, UFR Information, Communication et Arts, département de Communication,
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to analyze the effects of promoting women's entrepreneurship on the migration of enterprises created by women from the informal sector to the formal sector. In order to achieve women's empowerment, Côte d'Ivoire has placed the promotion of women's entrepreneurship at the heart of its development strategies. On the one hand, the literature review found that the promotion of women's entrepreneurship is hampered by the absence of an integrated communication strategy that serves as a compass for the government's promotional activities in synergy with those of other stakeholders. On the other hand, the promotion of women's entrepreneurship stumbles on structural, socio-cultural and behavioral barriers. At first, the structural barriers are materialized by the low access of women to the financial resources needed to start and consolidate the activities they undertake because of the high rate of poverty in Côte d'Ivoire. In a second, the socio-cultural analysis reveals that the structure of social gender roles encloses women in their function of social reproduction. The wife, wife and mother ensure the functioning of domestic life. Finally, in terms of behavior, women tend to self-exclude from entrepreneurship because they feel they do not have the skills to create and run a business. This negative self-image helps build and reinforce negative perception of one's abilities to drive a formal entrepreneurial project.

KEYWORDS: State of premises, perspective, promotion, Female entrepreneurship.

RESUME: Cette étude vise à analyser les effets de la promotion de l'entreprenariat féminin sur la migration des entreprises créées par les femmes du secteur informel vers le secteur formel. Dans le but de parvenir à l'autonomisation des femmes, la Côte d'Ivoire a placé la promotion de l'entreprenariat féminin au cœur de ses stratégies de développement. L'analyse documentaire a permis de constater que, d'une part, la promotion de l'entreprenariat féminin est freinée par l'inexistence d'une stratégie de communication intégrée. Laquelle stratégie devrait servir de boussole aux activités de promotion de la partie gouvernementale en synergie avec celles des autres intervenants. D'autre part, la promotion de l'entreprenariat féminin bute sur des barrières d'ordre structurel, socioculturel et comportementales. Dans un premier temps, les barrières structurelles sont matérialisées par le faible accès des femmes aux ressources financières indispensables au démarrage et à la consolidation des activités qu'elles entreprennent du fait du fort taux de pauvreté dont elles sont l'objet en Côte d'Ivoire. Dans un second temps, l'analyse socioculturelle relève que la structure des rôles sociaux de genre renferme la femme dans sa fonction de reproduction sociale. La femme, épouse et mère assure le fonctionnement de la vie domestique. Enfin, au plan comportemental, les femmes ont tendance à s'auto-exclure de l'entrepreneuriat puisqu'elles ont l'impression de ne pas disposer des compétences nécessaires pour créer et gérer une entreprise. Cette image de soi négative contribue à construire et à renforcer la perception négative de leurs capacités à conduire un projet entrepreneurial formel.

MOTS-CLEFS: État des lieux, perspective, promotion, Entreprenariat féminin.

Corresponding Author: Bassémory KONE

1 INTRODUCTION

Dans le cadre d'une économie tournée vers le secteur privé international et sur les initiatives d'entrepreneurs locaux, la mobilisation de toutes les forces vives de la nation est indispensable pour faire face aux défis de développement aux quelles la Côte d'Ivoire doit faire face. Il apparait donc opportun de s'interroger sur la nécessaire contribution des femmes entrepreneurs. Sur 17697 entreprises créées en 2016 (MFPES, 2017,34), seulement 20% sont dirigées par les femmes et 20 femmes sont dénombrées parmi les 430 dirigeants des grandes entreprises. À contrario, elles représentent 62% de l'ensemble des chefs d'unités de production ou d'individus travaillant à leur compte dans le secteur informel. Pourtant, les initiatives de promotion de l'entreprenariat féminin les encouragent dans le sens de la formalisation de leurs entreprises vers des activités à fortes valeurs ajoutées. Dans ce sens, l'État ivoirien qui a fait de la lutte contre le chômage un levier de sa politique de gouvernance, ne cesse de multiplier la création de structures consacrées à l'entreprenariat et plusieurs structures se disposent à accompagner les porteurs de projets. *Pourquoi les femmes en Côte d'Ivoire ne parviennent-elles pas à formaliser leurs activités et demeurent dans le secteur informel ? Comment la communication peut-elle permettre de surmonter les barrières qui se dressent face au développement de l'entrepreneuriat formel chez les femmes en Côte d'Ivoire ?*

2 REFERENCES

Pour comprendre comment le changement de comportement pourrait s'opérer pour favoriser la formalisation des initiatives entrepreneuriales des femmes, la théorie de genre et pouvoir et la théorie des barrières ont permis d'éclairer l'analyse.

La première théorie est conceptualisée en 1995 (Beijing 1995) lors de quatrième conférence sur le genre. Le « *genre se réfère aux relations entre hommes et femmes basées sur des rôles socialement définis que l'on assigne à l'un ou l'autre sexe ». Aborder les questions de développement sous l'ange de l'*approche Genre produit une analyse comparée de la situation des femmes et des hommes tant d'un point de vue économique que social, culturel et politique. Elle conduit à la remise en cause des représentations et pratiques inégalitaires, individuelles et collectives. La méthodologie de l'approche genre implique une démarche résolument participative, créant les meilleures conditions pour une participation réelle des femmes. Cette théorie propose une analyse socio écologique des questions de société. D'abord niveau *macro,* Elle est transversale et aborde tous les champs du développement, d'où la notion de *Mainstreaming (*Le concept est abordé pour la première fois à la troisième conférence sur les femmes en 1985 à Nairobi) *du genre (intégration transversale à toutes les politiques). Les nations sont invitées à articuler et transcrire des engagements internationaux (Conférence de Pékin, OMD…) dans les plans nationaux et politiques sectoriels, et législations nationales au regard de l'égalité femmes-hommes, système juridique... Ensuite au* niveau méso, il convient d'être sensible à l'Égalité femmes-hommes dans les institutions, les entreprises, les structures économiques et sociales, le marché du travail et l'économie informelle par la mise en place de mécanismes nationaux de promotion de l'égalité. Enfin, au niveau micro, il faut assurer les apports de genre au niveau des personnes, de la famille, du groupe, de la communauté en termes d'accès et de contrôle des ressources. La théorie de genre renvoie le concept d'*empowerment*. À court terme il s'agit de satisfaire les besoins pratiques des femmes en termes d'accès. Ces besoins pratiques sont l'amélioration des conditions de vie en matière d'accès à des soins de santé, à l'habitat, à la mobilité, aux ressources naturelles, aux revenus, et de garde des enfants. À long terme, il faut viser leurs intérêts stratégiques en termes de contrôle, notamment, leurs intérêts stratégiques en matière de statut social et d'égalité (gestion du patrimoine, héritage, contrôle de ressources, droits, participation aux décisions…). Cette théorie aide à conduire l'analyse de genre pour déterminer l'impact des normes de genre et les attentes sur le comportement souhaité matière de promotion de l'entreprenariat féminin. Elle aide aussi à concevoir des activités différenciées par genre pour répondre aux différences dans les obstacles, les motivateurs, le pouvoir et d'autres ressources entre les femmes et les hommes et à construire et structurer des activités pour la promotion de l'égalité des sexes.

La seconde, théorie des barrières fait référence aux barrières à identifier et à adresser si l'on veut parvenir à un changement durable dans un groupe social donné. La notion de barrière à l'accès fait référence à un ensemble d'obstacles susceptibles de gêner, voire bloquer le processus de démocratisation des services bancaires et financiers au sein des populations. La théorie des barrières à l'accès a été développée par plusieurs auteurs qui ont procédé à des études comparatives sur le niveau de pénétration des services bancaires et financiers dans différents pays. Deux grandes tendances se dégagent. La première se limite à une analyse statistique simple tandis l'autre procède d'une analyse économétrique des phénomènes observés. Mais c'est particulièrement l'étude des barrières de l'information qui nous interpelle. Cette analyse fait apparaitre (Honohan, 2004) le problème de l'asymétrie d'information notamment dans la distribution des crédits. Mais compte tenu des imbrications entre instruments de paiement et instruments de crédit, cette barrière est valable pour les problèmes de création de compte et des services de paiement associés au profit des entrepreneures. En plus de l'asymétrie, il nous faut citer l'illettrisme (financier) qui met les informations hors de portée de certaines personnes. Le problème de l'illettrisme financier est profond. Il se pose avec acuité dans les pays en voie de développement et ne doit pas être confondu avec celui de l'analphabétisme. Il existe

des personnes alphabétisées qui demeurent financièrement illettrées. Conscients des barrières, le changement de comportement devient un processus que l'individu planifie.

3 METHODOLOGIE

L'étude des capacités et de la dynamique entrepreneuriale des femmes, implique d'analyser les effets de la promotion de l'entreprenariat féminin sur la migration des entreprises créées par les femmes du secteur informel vers le secteur formel. De façon spécifique, il convient d'identifier les principales barrières qui freinent la promotion de l'entreprenariat féminin et envisager les solutions en matière de communication. Cet article est le produit de l'analyse de données qualitatives et quantitatives réalisée à partir de la consultation d'ouvrages généraux, méthodologiques et de textes de loi. Les données ont été collectées auprès des structures nationales et internationales. Au niveau national, deux principales sources ont permis d'alimenter l'analyse. Celles fournies par les faitières, les fédérations et les institutions bancaires d'une part (Confédération Générale des Entreprises de Côte d'Ivoire (*CGECI) et la Chambre de Commerce et d'Industrie de Côte d'Ivoire (CCIC),* La Fédération Ivoirienne des Petites et Moyennes Entreprises (FIPME) et la Banque Atlantique de Côte d'Ivoire (BACI)). D'autre part, celles fournies par les Ministères à travers leurs directions des statistiques (Direction des Stratégies, de la planification et des statistiques (DSPS) et la Direction de la planification et des statistiques (DPS) du Ministère du Ministère de l'éducation national, l'enseignement technique et la formation professionnelle) et les données d'enquêtes nationales (Enquête Démographique et de Santé (EDS 2012), Document Stratégique de Réduction de la pauvreté (DSRP 2009), L'enquête nationale sur la Situation de l'emploi et du travail des enfants (ENSETE 2013) , l'enquête sur le niveau des ménages en Côte d'Ivoire (ENV 2015) …).Au niveau international, les sources documentaires utilisées ont été collectées sur les sites internet de l'organisation de coopération et de développement économique (OCDE) du Groupe de la banque mondiale (BM), du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), du Fonds des nations unies pour l'enfance (Unicef.) de Banque Africaine de Développement (BAD). Une fois recueillies, ces données ont fait l'objet d'une analyse interprétative qui a permis la synthétise des résultats et la description des effets observés d'une étude à l'autre. Il a donc été possible de produire une interprétation alimentée par l'expérience des auteurs combinée par la synthèse des théories et modèles existants.

4 RESULTATS : ÉTAT DES LIEUX DE L'ENTREPRENARIAT FEMININ EN COTE D'IVOIRE

4.1 L'ENTREPRENARIAT FEMININ AU CŒUR DES STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT INTERNATIONALES

L'entreprenariat est reconnu de plus en plus comme un des leviers indispensables du développement. En 2012 (Assemblée générale, 2014), L'assemblée générale des nations unies par la résolution 67/202 sur l'entreprenariat au service du développement reconnait le rôle comme essentiel pour le développement durable, la réduction de la pauvreté, l'égalité des sexes et la viabilité de l'environnement. Elle met l'accent sur la nécessité d'élaborer un cadre global de promotion de l'entreprenariat. Aussi par cette résolution les organismes et organes des nations unies sont-ils invités à intégrer l'entreprenariat dans leurs politiques. Au niveau, local la capacité entrepreneuriale complète l'action gouvernementale. En cela, *« le développement est de plus en plus redevable des initiatives locales et ainsi la capacité des régions à créer une atmosphère industrielle » (julien 200,5).* De ce fait, la déclaration de Doha (ONU, 2009) sur le financement du développement reconnait que l'entreprenariat crée des emplois, stimule la croissance et l'innovation. Dans l'optique du développement humain, Il améliore aussi les conditions sociales et contribue à relever les défis environnementaux. Pour parvenir à un développement humain durable équitable, la question de l'entreprenariat se pose de façon inclusive. Elle s'intéresse aussi bien aux hommes, qu'aux jeunes et aux femmes. En particulier, les femmes ne sauraient être exclues de ce processus car «*les études nous ont appris qu'aucun outil de développement n'est plus efficace que l'éducation des filles. Aucune autre politique n'a le potentiel d'augmenter la productivité économique, de faire reculer la mortalité des mères et des bébés, d'améliorer la nutrition et de promouvoir la santé - y compris la prévention du VIH/SIDA. Aucune autre politique ne réussit mieux à améliorer les chances de s'instruire de la prochaine génération*. ».[1] Dans une logique d'autonomisation et d'*empowerment* des femmes l'accès et le contrôle durable des ressources passent certainement par le renforcement de capacités entrepreneuriales des femmes. L'on devrait dépasser la simple logique d'interventions uniquement axées sur l'autonomisation à travers l'éducation et la santé en vue de faciliter l'accès aux ressources.

[1] Kofi A. Annan Message pour « la plus grande leçon du monde », la *Semaine d'action mondiale de la campagne pour l'éducation, le 9 avril 2003* /www.unicef.org/french/girlseducation/campaign_message.html Visité le 13 Juillet 2008.

« L'entrepreneure, c'est la femme qui, seule ou avec un ou des partenaires, a fondé, acheté ou accepté en héritage une entreprise, qui assume les risques et responsabilités financières et sociales et qui participe quotidiennement à sa gestion courante » (Lavoie, 1988,3). Selon l'OCDE (OCDE 2014), le développement de l'entrepreneuriat féminin favorise la création d'emploi, l'augmentation de la productivité et des recettes fiscales. De façon globale, on estime le nombre de femmes en Europe à plus de 10 millions entrepreneures. Elle serait environ 6.4 millions aux États Unis.

Tableau 1 : Poids économique des femmes entrepreneurs (OCDE)

Pays	année	Nombre de femmes entrepreneures	Nombre d'employés	Chiffres d'affaires
Allemagne	200	1,03 million	2 millions	au moins 16.620 d'euro par entreprise
Canada	2003	82.100	ND	18.109 milliard
Corée du Sud	2001	36% des entreprises	ND	ND
États Unis	2002	23 millions	9,2Millions	ND
Royaumes Unis	1999	26% des entreprises	ND	ND
Suède	2001	28% %	ND	ND

Source : OCDE, 2014

Quelle est la situation de l'entreprenariat féminin en Côte d'Ivoire ?

4.2 SITUATION DE L'EMPLOI FEMININ ET DE L'ENTREPRENARIAT FEMININ EN COTE D'IVOIRE

4.2.1 L'ENTREPRENARIAT FEMININ LEVIER DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL DE LA COTE D'IVOIRE

*« Si la Côte d'Ivoire parvenait à améliorer l'équité des genres, son économie pourrait bénéficier de gains de l'ordre de 6 à 8 milliards de dollars dans le long terme, à savoir lorsque la plupart des discriminations à l'encontre des femmes seraient résorbées. L'enjeu en vaut donc la peine comme l'ont montré bon nombre d'études et l'expérience » (*Groupe de la banque mondiale, 2017, *11)***.** La Côte d'Ivoire a pris la mesure de cette interpellation. Aussi a-t-elle pris des dispositions pour l'ancrage juridique et institutionnel juridique allant dans la sens de de la promotion, de la protection des droits de la femme et la pleine implication de celle-ci dans le développement. De ce fait, sur la base de l'article 37 de la Constitution, *« L'État œuvre à promouvoir la parité entre les hommes et les femmes sur le marché de l'emploi. L'État encourage la promotion de la femme aux responsabilités dans les institutions et administrations publiques ainsi qu'au niveau des entreprises ».* De plus**,** les dispositions relatives au développement durable en ses paragraphes *c* et d prévoit que les femmes ont le droit de jouir pleinement de leur droit à un développement durable. À cet égard, l'État prend toutes les mesures appropriées pour promouvoir l'accès et le contrôle par les femmes des ressources productives, telles que la terre et garantir leur droit aux biens ; promouvoir l'accès des femmes aux crédits, à la formation, au développement des compétences et aux services de vulgarisation en milieu rural et urbain afin de leur assurer de meilleures conditions de vie et de réduire leur niveau de pauvreté (l'article 19). Ces disposions juridiques sont renforcées par un cadre institutionnel qui implique plusieurs plateformes et fédérations actives en Côte d'Ivoire et œuvrent pour la promotion de l'entreprenariat féminin. Il s'agit entre autres de la Commission Développement de l'Entreprenariat Féminin de la Confédération Générale des entreprises de Côte d'Ivoire, est la plus importante quantitativement ; la Commission Genre-Femme-Entrepreneuriat de la Fédération Ivoirienne des PME, le Réseau Ivoirien des Femmes Entrepreneures Les autres groupements d'entrepreneures sont , la Coalition des Femmes Leaders de Côte d'Ivoire, la Fédération des Femmes Chefs d'Entreprises, les Femmes Chefs d'Entreprises Mondiales-Côte d'Ivoire, la Fédération des Entrepreneurs et Femmes d'Affaires de l'Afrique de l'Ouest et l'Association des Femmes Inventeurs et Entrepreneurs de Côte d'Ivoire. *Quelle est la situation de l'emploi féminin et de l'entreprenariat féminin en côte d'Ivoire ?*

4.2.2 SITUATION DE L'EMPLOI FEMININ

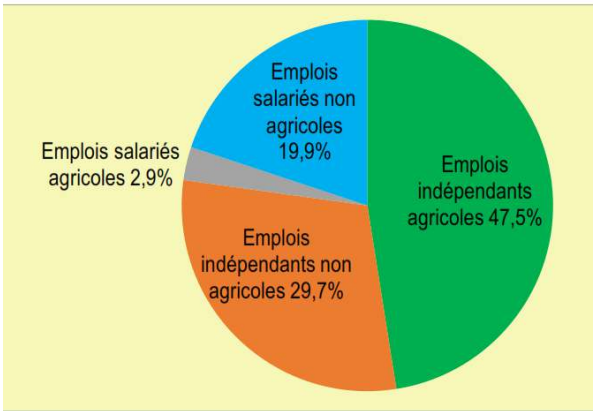


Fig. 1. Structure de l'emploi en Côte d'Ivoire

Source : ENSETE, 2013 (BM, 2017, 31)

Le taux de chômage est estimé à 6,9% de la population en Côte d'Ivoire, soit environ 554008 personnes (INS, ENV201, 68). Le chômage touche généralement les jeunes (20,8%), particulièrement les jeunes diplômés (49,3%). Les jeunes femmes sont dans une situation beaucoup plus défavorable puisque plus des deux tiers occupent un emploi vulnérable (68 %), et elles travaillent principalement à leur compte et non en tant que salariées. Les jeunes hommes, en revanche, sont mieux insérés dans le salariat, exercent en plus grand nombre comme employeurs, et sont bien moins concentrés dans l'emploi vulnérable (36 %) (OCDE 2017), le chômage touche plus les femmes (10%) que les hommes (4,8%). Le secteur informel est plus grand pourvoyeur d'emplois avec 91,8% des emplois (INS, ENV201, 67). Ce secteur occupe 60% des hommes et 39,6% des femmes. L'étude de la structure de l'emploi en Côte d'Ivoire laisse apparaitre que l'emploi indépendant représente l'essentiel des emplois disponibles avec un taux d'occupation des populations estimé à 77,2 % emplois alors que l'emploi salarié représente 22,8% des emplois. L'emploi agricole indépendant occupe 47,5% des populations avec 49,3% d'hommes contre 45,4% de femmes. Ce type d'emploi est plus concentré en milieu rural (72,6%) avec 74,8% hommes, et 69,8% de femmes. En zone urbaine, ce type d'emploi occupe seulement 8,1% de la population (BM, 2017,32). L'emploi féminin représente 38,6% des emplois (INS, ENV2015, 65). L'emploi indépendant non agricole et l'emploi indépendant agricole sont les principales sources d'emploi des femmes en Côte d'Ivoire. Ces deux types d'emploi représentent 87,3% des emplois occupés par les femmes dont 45,4% pour les emplois indépendants agricoles et 41,9 % pour les emplois indépendants non agricoles (BM, 2017,32). *Par la nature des leurs occupations les femmes représentent un potentiel entrepreneurial indubitable. Quelles sont les effets des Stratégies de promotion de l'entreprenariat en faveur des femmes sur féminin en Côte d'Ivoire ?*

5 DISCUSSIONS : ETUDE DES PRINCIPALES BARRIERES A LA PROMOTION DE L'ENTREPRENARIAT FEMININ EN COTE D'IVOIRE

5.1 STRATEGIES DE PROMOTION DE L'ENTREPRENARIAT FEMININ

En matière de promotion de l'entreprenariat féminin plusieurs initiatives ont été prises avec l'appui de la CGECI et la CCIC et des partenaires de mise en œuvre (Réseaux, d'ONG et d'association) pour la promotion de l'entreprenariat à travers des actions de Sensibilisation, de formation, d'accompagnement à l'accès au crédit. Ces activités de communication peuvent être regroupées en activités de formation, de partenariat, de plaidoyer, de mobilisation de ressources, de communication.

Au niveau central, l'entrepreneuriat féminin en Côte d'Ivoire est sous la tutelle du Ministère de la Promotion de la Femme de la Famille et de l'Enfant (MPFFPE). La promotion de l'entreprenariat féminin est du ressort de la Direction de la Valorisation des Compétences Féminines (DVCF). Au titre du plan d'action 2016-2017, la DVCF est fondée à accompagner des entreprises dirigées par les femmes en vue d'une meilleur compétitivité sur le marché (Axe 1),), à sensibiliser les femmes à l'esprit d'entreprise(axe2), sensibiliser les femmes à briguer les postes électifs (axe 3), à renforcer les capacités des acteurs féminins du secteur public (axe 4) et à mettre en place un mécanisme de suivi évaluation de la valorisation des compétences féminines (axe 5). Les missions de communication identifiées sont consignées dans les axes 2 et 3. Aussi cette Direction est-elle fondée à conduire dans un premier temps à recenser les femmes diplômées en quête d'emploi et à encourager la création d'entreprise par les femmes en initiant deux séminaires de formation. Dans un second temps, elle est amenée à renforcer les potentielles

candidates aux élections locales, à mettre en place des modules de formation et à rechercher les soutiens financiers aux initiatives politiques des femmes. Avec l'appui des partenaires techniques et financiers (Banque Mondiale, PNUD, Unicef.), et la collaboration des partenaires de mises en œuvre (CGECI, FIPME, les ONG) les activités de formation, de plaidoyer, de mobilisation des ressources et de communication pour le changement de comportement ont été mise en œuvre.

les activités de formation ont permis de renforcer les capacités d'entreprendre et leurs compétences en matière de gestion pour être capable d'assurer les fonctions managériales. Les domaines de formation suivants ont été privilégiés : droit, fiscalité, passation des marchés publics.

Le plaidoyer est porté à un très haut niveau avec l'implication de la première dame. Il a surtout, permis d'inscrire la question de l'entreprenariat féminin au nombre des priorités des Plans Nationaux de Développement (PND). Il s'agit de *« promouvoir l'auto emploi des jeunes, des femmes et des personnes handicapées par des projets de type entreprise ou par le développement des AGR »* (PND2012-2015, 40) et surtout de s'assurer de *« la disponibilité et les capacités des femmes et des hommes à construire une Côte d'Ivoire émergente et prospère »*(le PND 2016-2020 T1, 9) où les femmes et les hommes (y compris les jeunes et les personnes handicapées) ont accès à un emploi productif, décent et durable » (le PND 2016-2020 T2, 26). Au niveau de l'accès, du contrôle des ressources et de l'exercice de la citoyenneté , les activités de plaidoyer ont permis des acquis à plusieurs niveaux : le droit d'accès à la propriété foncière de la femme (La loi de n° 98-750 du 23 décembre 1998), les VBG (La loi n° 98-757 du 23 décembre 1998), le harcèlement sexuel, le travail forcé et l'union précoce ou forcée (La loi n° 98-756 du 23 décembre 1998 et Le décret n° 2000-846 du 29 novembre 2000 instituant un Comité National de lutte contre les Violences faites aux Femmes et aux Enfants) , responsabilités et au statut juridique des époux en instaurant une égalité d'obligations et de droits. (La loi n° 2013-33 du 25 Janvier 2013 modifiant la loi n°83-800 du 2 Août 1983).

En termes de partenariat, la promotion de l'entreprenariat féminin a nécessité l'implication des partenaires financiers et techniques (la Banque mondiale, du Groupe de la Banque africaine de développement) et celle des Organisations de la société civile qui militent en faveur de l'accès des femmes aux postes de responsabilités dans le secteur public et dans les postes électifs. Les partenariats ont abouti à un protocole d'accord entre la Commission de Développement de l'Entrepreneuriat Féminin et la Société Financière Internationale (IFC) en 2014, puis, en 2015. Dans ce cadre la Société Ivoirienne des Banques (SIB) et l'IFC ont mis en place une Banque de données contenant les informations sur les obstacles, les attentes, les types de financement requis. En 2016, la BAD a mis en place le programme « Discrimination positive en matière de financement pour les femmes en Afrique » (AFAWA en anglais). En 2017, le Ministre du Commerce, de l'Artisanat et de la Promotion des PME a signé une convention de partenariat avec le groupe Banque Centrale Populaire du Maroc portant sur la mise à disposition de la Côte d'Ivoire d'une ligne de crédit d'un fonds destiné aux femmes dirigeantes des PME. Les différents partenariats ont permis de mobiliser des ressources importantes en faveur des femmes en générale et de l'entreprenariat féminin formel et informel. En plus de l'implication des partenaires, la promotion de l'entreprenariat féminin nécessite la mobilisation de ressources à divers niveaux. Il faut souligner, d'emblée la capacité de mobilisation des femmes à travers à travers des initiatives à caractère collectifs, familial ou communautaire. Par le truchement des réseaux d'ONG et d'association, la mobilisation des femmes aussi bien en milieu urbain que rural a permis de développer des mécanismes stratégiques pour la mobilisation de l'épargne et de l'investissement en capital. Ces activités socioéconomiques constituent de véritables moteurs de l'entreprenariat (Sabourin 2000). Au plan national, plusieurs initiatives mécanismes plus importants pour le développement pour la mobilisation de ressources financière au profit des femmes entrepreneures ont été mise en place depuis 2012. D'abord, la mise en place en 2012 du Fonds d'appui aux femmes de Côte d'Ivoire a permis de mobiliser 1 milliard de France CFA au profit des femmes. Le montant alloué à ce fond a progressé pour atteindre 5 milliard en 2104. Ce fonds a pour cible les populations, en particulier les femmes, les enfants et autres groupes vulnérables qui ont accès aux services sociaux de base dans l'équité. Son Objectif principal est de permettre aux femmes d'accéder à des ressources financières à coût réduit en vue de créer ou de renforcer des activités génératrices de revenus. Sa dotation initiale étêtait de 1 milliard de francs CFA (2012). Elle a été portée à 5 milliards de francs CFA (2014). Ensuite, le levier financier de promotion de l'entreprenariat est renforcé par la mise en place en 2017 du fonds pour la promotion des PME et de l'entreprenariat féminin avec l'appui de la Banque Atlantique de Côte d'Ivoire (BACI). Enfin, L'existence de Fonds Novateur femme et développement (FNFD) placé sous la tutelle du Ministère de la Famille de la Femme et des Affaires Sociales (MFSPES) constitue le canal par lequel le gouvernement ivoirien met à la disposition des femmes un fonds de 180 millions de franc CFA pour le financement de projets de gestion novateurs. Ce fonds est logé au sein des institutions de micro finance avec lesquelles la partie gouvernemental représentée par le MFPES. Ces activités de mobilisation de fonds au profit des femmes entrepreneurs sont d'autant plus utiles que *« 70% des PME détenues par les femmes dans les pays en développement sont excluent des établissements financiers ou ne sont pas en mesure de recevoir des services financiers assortis de conditions adéquates pour satisfaire leurs besoins* » (BM, Cité par GNCE ECOFIN, 2018)

Pour une meilleure visibilité des activités liées à la promotion de l'entreprenariat féminin En 2011 le Compendium des Compétences féminines de Côte d'Ivoire (COCOFCI) avec l'appui constant et soutenu des instructions internationales (Banque

Mondiale, PNUD, Unicef Le COCOFI est un instrument pour le renforcement de la participation et le leadership des femmes dans la gestion des affaires publiques et privées. En outre, les émissions télévisées, débats radio nationale et radio de proximité ont été initiés pour que des personnes puissent s'inscrire pour bénéficier des formations afin d'accroitre leurs connaissances sur l'entrepreneuriat. En plus des médias, l'entreprenariat fait l'objet de promotion à travers les TIC, notamment par le site officiel du ministère du commerce de l'artisanat et de la promotion des PME (www.commerce.gouv.ci), du Centre de promotion de l'investissement en Côte d'Ivoire (www.cepicigouv.ci), de l'agence emploi jeune (www.agencemploijeune.ci)... Ces sites permettent de promouvoir une économie numérique. Ils sont pour les femmes une opportunité de créer ou de développer des start-up, des entreprises de conseil ou de communication grand public. Par ailleurs, en prenant pour thème de la Journée mondiale de la femme 2018 *« l'inclusion financière pour l'autonomisation de la femme et de la femme et de la jeune fille en milieu rural »,* la Côte d'ivoire s'engage à lever toutes les barrières structurelles ou conjoncturelles qui freinent l'autonomisation de la femme. Cet engagement fait suite à deux journées dédiées à l'entrepreneuriat féminin de la CGECI et de la FIPME aux cours de l'année 2016 dont le but était de réunir tous ces acteurs pour une meilleures organisation des actions autour de l'entrepreneuriat. En janvier 2016, les hommes chefs d'exploitation ont été sensibilisés sur l'importance d'intégrer leurs femmes dans ces filières par le Projet d'appui au secteur agricole dans les régions de Poro, Tchologo, Bagoué, Gkeke, et Hambol. *Quels sont les effets de la communication sur l'entrepreneuriat féminin en Côte d'Ivoire ?*

Les efforts de communication ont permis des acquis. Les femmes représentent (CEPICI) 15% des créateurs d'entreprises en Côte d'Ivoire ; Entreprises créées dans le domaine du commerce, production et commerce des produits vivriers, artisanal. Les femmes entrepreneures sont soit des travailleurs indépendants (85%) ou employeurs (15%dans le milieu urbain). L'étude du Taux d'insertion professionnelle des femmes et des jeunes filles révèle que les femmes sont présentent [2]dans les activités indépendantes hors agriculture (68,1%), les activités de commerce, d'article domestique (34%) ; les activités de fabrication hôtels et restaurants (17%) ; les activités à caractère collectif et personnel (8,4%), l'aide familiales (4,1), Immobilier et placement de services aux entreprises (4%), l'activités agricoles indépendantes (2,6%). Globalement (CCI-CI, 2016) sur 17697 entreprises enregistrées, 20 % sont dirigées par des femmes. Seulement 20 des 430 grandes entreprises du pays sont dirigées par des femmes. *En dépit des efforts en vue de promouvoir durablement l'entreprenariats féminin des barrières à la fois structurelles et comportementales continue de réduit l'effet des actions de communication entreprises.*

5.2 LES BARRIERES A PROMOTION DE L'ENTREPRENARIAT FEMININ EN COTE D'IVOIRE

Les principales barrières qui freinent l'expansion de l'entreprenariat féminin sont à la fois structurelles, socioculturelles et comportementale.

5.2.1 LES BARRIERES STRUCTURELLES

Soixante-quinze pour cent des femmes vivent en dessous du seuil de pauvreté en Côte d'Ivoire du fait de leur faible accès à la propriété foncière et financière qui réduit leur capacité à entreprendre des activités économiques durables, indique le rapport 2013 de la Banque mondiale sur la situation des femmes dans le pays (rapport BM,2013). Il ressort que 75% des femmes vivent en dessous du seuil de pauvreté, surtout en milieu rural*« Un pays ne peut se développer sans prendre en compte les préoccupations de la moitié importante de sa population constituée par les femmes »*[3].

La Croissance du PIB (source : PND 2016-2020), diagnostic stratégique de la Cote d'Ivoire sur la trajectoire de l'émergence tome1, P. 17) est 10,7% en 2012 ; 9,2% en 2013 ; 8,5% en 2014 ; et 9,5% 2015 ; Soit une moyenne de 9,4% supérieur aux prévisions du PND 2012-2015. Cependant force est de constater que au niveau du classement de l'Indice de développement humain (IDH) pour l'année 2015, passant de la 171ième à la 172ième place mondiale sur 188 pays, selon un rapport du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD). La Côte d'Ivoire qui figure dans la catégorie des pays à développement humain "faible" connaît un repli et se positionne au 172ième rang mondial de l'IDH, avec une note de 0.45 sur 1, indique le rapport du PNUD. Classée 37ième sur 54 pays en Afrique, la Cote d'Ivoire qui connait une croissance du Produit intérieur brut (PIB) de 8,4% en 2015 et un taux de pauvreté de 46,3% en baisse par rapport à celui de 2014 estimé à 48,9%, se fait tout de même distancer dans la zone de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (Uemoa) par le Bénin (32ième) et le Sénégal (36ième). Au niveau de la promotion du genre, la Côte d'Ivoire perd sept places et passe du 151ième au 158ième au classement

[2] Chiffres a rendus publics par Mme Yao Euphrasie, titulaire de la chaire UNESCO Efpod, sur l'emploi des femmes 2015

[3] Ce document est le résultat d'une étude menée dans "toutes les régions de la Côte d'Ivoire" depuis le mois de juillet 2012, pour «écouter les femmes et être au fait de leurs attentes ».

mondial malgré l'embellie de l'IDH de 26% entre 1990 et 2013 en Afrique subsaharienne. La pauvreté monétaire en Côte d'Ivoire concerne les ménages dont les dépenses annuelles sont inférieurs à 269075 frs CFA est considéré comme pauvre (MEMPD, 2015, 45). À Abidjan, le taux de pauvreté est de 20,7% chez les hommes et de 21,2% chez les femmes. Il est respectivement de 37,7% et de 38,4% dans les Autres Villes et de 61,3% et 63,6% en milieu rural (DSRP, 2009, 5). La pauvreté selon le sexe du chef de ménage révèle que la pauvreté est plus accrue dans les ménages dirigés par un homme (49,6%) que dans ceux placés sous la responsabilité d'une femme (45,4%) (DSRP, 2009).En 2013, en milieu rural, 75% des femmes vivent en dessous du seuil de pauvreté. (BM, 2013). Il résulte de l'analyse de la situation de pauvreté selon le genre le phénomène la féminisation de la pauvreté. En Afrique, les femmes sont plus actives dans le secteur agricole d'où elles sont responsables de 75% de la production. Pourtant, elles sont désignées comme la portion de la population la plus pauvre. Elles forment 70% des 1,2 milliards de personnes qui vivent avec moins de 1 dollar par jour (PNUD, 2014). Le secteur formel occupe seulement 8,2% des personnes occupées dans les secteurs intentionnels dont 73,1% sont des hommes.

En plus de la faible disponibilité de ressources financières, le développement des capacités entrepreneuriales des femmes est limité par leur faible accès à l'éducation et surtout à l'enseignement technique et à la formation professionnelle. Or, l'un des déterminants majeurs de l'entrepreneuriat féminin réside dans la capacité de la femme à disposer des compétences appropriées. L'acquisition des compétences implique l'accès des futures entrepreneures à une formation technique et professionnelle en adéquation avec le type d'activité à mener. Mais l'analyse des tendances en matière de formation technique en professionnelle laisse entrevoir une faible représentativité des femmes dans les ordres d'enseignement techniques et professionnels, et surtout dans les filières de formation agricole et industrielles. L'enseignement secondaire technique (DPS, 2015) comptait 288 établissements en 2014/2015 dont 03 publics. Le District d'Abidjan concentrait 55% de ces établissements. Ces structures ont accueilli 55 505 élèves encadrés par 6 726 enseignants. L'effectif des élèves a connu un accroissement annuel moyen de 33% entre 2011 et 2014. Sur les trois niveaux que sont la seconde, la première et la terminale, 90,7% des élèves se retrouvent dans les filières économiques et de gestion. Le taux de redoublement dans ces filières était de 47,4% dont 47,5% pour les filles et 42,7% pour les garçons. La formation professionnelle a pour finalité le développement de compétences à travers la transmission de qualifications techniques et professionnelles permettant à l'apprenant d'exercer un métier. La formation professionnelle s'appuie sur 59 établissements publics et 245 établissements et cabinets privés de formation agréés par l'État en 2014/2015. Les structures publiques sont composées de 10 unités mobiles de formation, 03 ateliers d'application et de production, 11 lycées professionnels, 31 centres de formation professionnelle, 11 centres de perfectionnement aux différents métiers et 06 collèges d'enseignement technique. Les programmes de formation couvrent 96 spécialités dont 14 tertiaires et 56 industrielles reparties en 13 filières. Les effectifs de la formation professionnelle initiale ont connu un accroissement annuel moyen de 29% entre 2011 et 2014. En 2014, les établissements de formation professionnelle n'ont pu accueillir que 52 000 élèves pour une demande annuelle de 75 000 jeunes. Les établissements privés ont enregistré 30,7% des élèves en 2013-2014 contre 21,1% en 2012-2013. Plus de la moitié des effectifs se retrouvent dans les filières tertiaires avec 57,2% en 2014 tandis que les formations agricoles ne concernent que 0,1% des apprenants. La formation professionnelle par apprentissage qui concerne 4% des formations est assurée par les structures telles que l'agence nationale de la formation professionnelle (AGEFOP), les collèges d'enseignement technique et industriel (CETI), les Centres de formation professionnelle (CFP) et les unités mobiles de formation (UMF). La formation par apprentissage offre une forte capacité de formation de cycle court pour les métiers de l'artisanat et est accessible aux jeunes de tout niveau d'étude. L'enquête emploi 2013 révèle que 127 700 jeunes sont en apprentissage traditionnel dans une variété de métiers.

En 2013-2014 (DSPS, 2014), la répartition des étudiants selon les domaines d'études indique que 26% des étudiants sont inscrits dans les domaines scientifiques (Sciences et technologies, Sciences de la Santé, Sciences Agronomiques) et 74% dans les domaines dits ''littéraires'' (Économie, Gestion, Droit, Lettres, Langues, etc.). Les Sciences Économiques et de Gestion reçoivent l'effectif le plus élevé (29%) tandis que les sciences agronomiques n'enregistrent que 1% de l'effectif total. Concernant l'insertion professionnelle des diplômés de l'enseignement supérieur, l'enquête- emploi réalisée en 2012, révèle des taux de chômage de 27,8% pour les titulaires de DUT, 35,7% pour les BTS, 21,3% pour les Ingénieurs, 23,9% pour les DESS et 42,9% pour les Masters. Cette tendance se confirme avec un rapport de féminité observé dans les différents ordres d'enseignement de 2016-2017.

Tableau 2: Indice de parité entre les sexes (IPS) des apprenants par secteur d'activité selon le statut de l'établissement

SECTEUR D'ACTIVITE	PRIVE			PUBLIC			ENSEMBLE		
	F	M	IPS (F/M)	F	M	IPS (F/M)	F	M	IPS (F/M)
Primaire / Agricole	1	40	0,03	58	191	0,30	59	231	0,26
Secondaire / Industriel	1 922	6 129	0,31	3 108	16 590	0,19	5 030	22 719	0,22
Tertiaire / Services	34 657	25 130	1,38	13 324	5 910	2,25	47 981	31 040	1,55
ENSEMBLE	**36 580**	**31 299**	**1,17**	**16 490**	**22 691**	**0,73**	**53 070**	**53 990**	**0,98**

Source : DPS / Enquête Statistique 2016-2017.

Sur le plan structurelle, la promotion de l'entreprenariat féminin bute sur le faible accès des femmes au ressources financières indispensables au démarrage et à la consolidation des activités qu'elles entreprennent du fait du fort taux de pauvreté dont elles l'objet en Côte d'Ivoire. Outre la pauvreté leur faible accès à la formation professionnelle limite leurs compétences et capacité en matière entrepreneuriale. Quelles sont les barrières socioculturelles à lever pour favoriser le développement et l'expansion de l'entreprenariat féminin en Côte d'Ivoire ?

5.2.2 LES BARRIERES SOCIOCULTURELLES ET COMPORTEMENTALES

L'environnement social et culturel exerce une influence sur le développement des activités féminines. La structure des rôles sociaux de genre renferme la femme dans sa fonction de reproduction sociale. La femme, épouse et mère assure le fonctionnement de la vie domestique (surveille le respect des statuts des membres de la famille et le respect des rapports les régissant), elle organise, réalise et coordonne les travaux ménagers. En Côte d'Ivoire, Les femmes consacres 1 à 3 heures par jour de plus que les hommes à des tâches domestiques entre 2 à 10 fois plus de temps aux soins des enfants et 1 à 4 fois moins d'heures sur le marché du travail (BM, 2017, 42). Dans son élan de développement des activités économique (fonction de production), la femme préoccupé le maintien d'un équilibre social et d'une justice distributive plutôt que la considération des réalités économique qui constitue. Par ailleurs, l'initiative d'entreprendre et d'assurer durablement une activité nécessite l'accès et le contrôle durable des ressources ? Mais l'ancrage idéologique de la relation de genre ne favorise pas l'entreprenariat féminin. La femme étant une ressource, comment peut-elle contrôler durablement une ressource. Dans un tel contexte, l'entreprenariat n'est pas conçu comme une activité féminine. Surtout dans le domaine de l'agriculture, malgré la loi de 98 (Loi n°98-750 du 23 décembre 1998 relative au foncier rural) qui consacre l'accès à la terre égalitaire entre homme et femme, une minorité de femme ont les moyens pour acheter un titre foncier. Sur 3923 certificats fonciers distribués en 2015 (MFPES, 2017, 36), seules 320 sont détenus par les femmes. La plupart d'entre elles ont accès à la terre à l'issue d'une transaction entre les hommes et elles sont tributaires du changement de leur statut patrimonial (divorce et veuvage).

Sur le plan comportemental, l'on observe les effets de l'encrage idéologique traditionnel et de la construction de l'image que la femme a d'elle-même en tant qu'entrepreneur. Ajouté à cela, le déficit de modèles de femmes entrepreneurs impactent de manière négative la volonté d'entreprendre chez les femmes. Elles ont tendance à s'auto exclure de l'entreprenariat (Binaté, 2012) d'autant que la perception du risque est jugée plus élevé chez les femmes que les femmes. Cela se traduit par une faible confiance en soi, l'impression de ne pas disposer des valeurs nécessaires à l'entreprenariat, (la rigueur, le sens de la responsabilité, le dynamisme la patience), le gout du risque pour capter les opportunités. Subséquemment elles sont également présentes dans les réseaux d'entrepreneurs, de mentorat, dans les sociétés de capital investissement, les business angels afin d'apporter leurs expertises, partager leurs expériences, développer de nouvelles coopérations et faire grandir leur entreprise. D'où une sous-représentativité des femmes dans le secteur de la création d'entreprises innovantes.

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Des actions des communications sont menées en vue de promouvoir l'entreprenariat féminin en Côte d'Ivoire. Mais ces actions sont fragilisées par l'inexistante d'une stratégie de communication intégré qui sert de boussole aux activités de promotion des de la partie gouvernementale en synergie avec celles des autres intervenants. Dans leur mise en œuvre les actions de communication laissent apparaitre la non prise en compte des besoins réels des populations étant donné la propension des femmes à demeurer dans l'informel puisque les femmes ne maitrisent pas la procédure de formalisation des entreprises et des structures de tutelle qui œuvrent à cette fin. De plus, on observe une faible implication des leaders communautaires (les chefs d'association, les chefs de quartiers, les leaders communautaires) dans le recueil des besoins des populations et dans la promotion dans l'activité d'information. Les interventions sont principalement faite dans les masses medias au détriment des campagnes d'informations de proximité dans un environnement où l'accès à l'information est

entravée par la multitude d'activités qu'exécutent les femmes chaque jour, qui leur laisse peu de temps libre pour s'exposer aux canaux d'informations et entreprendre la recherche d'informations relatives à l'amélioration de leurs conditions économiques. En Côte d'Ivoire (MICS 2016) 30% des femmes âgées de 15 à 45 ans affirment n'être exposées à aucun media (radio, presse, télévisons au moins une fois par semaine en milieu rural 12% et en milieu rural 51,4%. Quand, elles sont exposés aux médias, 7,9% lisent un journal/magazine une fois par semaine, 28% écoutent la radio au moins une fois par semaine, 63,4% regardent la télévision au moins une fois par semaine. Le milieu urbain est plus exposé au medias que le milieu rural. En effet 12,7 % lisent un journal /magazine au moins une fois par semaine contre 2,2% en milieu rural. 32,7% écoutent la radio au moins une fois par semaine contre 22,5% en milieu rural et 85,3% regardent la télévision au moins une fois par semaine contre 37,4% en milieu rural. Dans la perspective de parvenir à une « Cote d'Ivoire, puissance industrielles, unie dans sa diversité culturelle, démocratique et ouverte sur le monde » en 2040 (PND 2016-2020, t2, 8) le plein développement du potentiel entrepreneurial féminin implique de relever le défi du renforcement des capacités en entrepreneuriat et à la création d'entreprise moderne dans les domaines porteurs, le défi de rationalisation et d'optimisation du financement de l'entrepreneuriat, le Défi de coordination, de promotion et de pérennisation des instruments de micros crédits existant et de système de financement décentralisé et le Défi de conception et de structuration efficace.

REFERENCES

[1] Agence ecofin (2018), Fonds pour la promotion des PME et de l'entrepreneuriat féminin : 25-nouvelles bénéficiaires reçoivent leur financement,

[2] www.agenceecofin.com/banque/1804-5622, avril 2018 consulté le 05 juillet 2018

[3] Arrêté interministériel n° 186 / MIM / MJDHLP / MPMEF / MPMB / MCAPPME du 07 mai 2014 modifiant l'arrêté interministériel

[4] n°104/MEMEASFP/MJDHLP/MPMEF/MCAPPME du 25 mars 2013 fixant les délais, procédures et coûts de création et de modification des entreprises au service des formalités des entreprises du Guichet Unique du CEPICI, en ses articles 2,4,5 et 6.

[5] Assemblée générale (2014), l'entrepreneuriat au service du développement, 18 aout (A/69/320)

[6] Banque Mondiale (2013), Rapport de consultation de la Banque Mondiale -Etre femme en Côte d'ivoire : Quelle stratégie d'autonomisation- ?

[7] Banque Mondiale (BM (2013), Rapport: Etre femme en Côte d'Ivoire: quelle stratégie d'autonomisation ?

[8] BINATE, F, N. (2012) Les freins sociaux à l'épanouissement entrepreneurial de la femme : quelles solutions CIRES (13Nov 2012).

[9] DALI, C, L'émergence de l'entrepreneuriat féminin dans le processus de développement local en milieu rural : le cas de la sous-préfecture de GADOUAN en Côte d'Ivoire, Université de Québec (Rimouski), Développement régional, 479P, Janvier 2014, Dir JEAN Bruno.

[10] DIAO, M., Entrepreneuriat féminin en Afrique du Nord : le constat alarmant de la BAD, (En ligne) URL : http://www.financenews.press.ma/site/bourse-finances/52-autres-rubriques/droit-des-affaires/13265-entrepreneuriat-feminin-en-afrique-du-nord-le-constat-alarmant-de-la-bad. consulté le 10 juillet 2018

[11] DPS (2015), Annuaire statistique 2014-2015

[12] DSPS (2014), Statistiques de poche 2013-2014

[13] EDS-MICS (2012). Indicateurs Multiples de *Côte d'Ivoire* 2011-*2012*

[14] Groupe de la banque mondiale (2017), situation économique en Côte d'Ivoire : et si l'émergence était une femme? juillet 2017 / cinquième édition

[15] HONOHAN P.(2004), measuring microfinance access; building on exiting cross-country data, prepared for UNDP, World bank and IMF workshop, Washington DC

[16] INS, 1995, Enquête qualitative sur l'évolution du niveau de vie en Côte d'Ivoire, Rapport de synthèse, décembre.

[17] Institut National de la Statistique, 1995, Profil de pauvreté en Côte d'Ivoire, Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'Économie, des Finances et du Plan, RCI, décembre.

[18] Institut National de la Statistique,1997, *Profil de pauvreté en Côte d'Ivoire_1993, 1995*, Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'Économie, des Finances et du Plan, RCI, janvier, Résultats définitifs.

[19] JULIEN, P. A. (2000), les conditions d'un entrepreneuriat dynamique en région, organisation et territoires, vol9 N°2 pp.55-18

[20] LAVOIE, D (1988), les entrepreneures : pour une économie canadienne renouvelée », conseil consultatif canadien sur la situation de la femme, Ottawa.

[21] MICS (2016), enquête par grappes à indicateurs multiples, 2016 : Rapport des indicateurs clés, Abidjan Côte d'Ivoire.

[22] MFPES (2017), Pour une analyse sur l'égalité d genre en Côte d'Ivoire, Abidjan

[23] MSFFE, Rapport de la Côte d'Ivoire sur la mise en œuvre du programme d'action de Beijing vingt ans après, 2014

[24] N'DIAYE (2003). Regard des femmes africaines sur la pauvreté, l'UNICEF
[25] OCDE (2017), Examen du bien-être et des politiques de la jeunesse en Côte d'Ivoire.
[26] ONU,(2009), Doha Declaration on Financing for Development (Déclaration de Doha sur le financement du développement) (New York, publication des Nations Unies, 09-20901)
[27] Ordonnance n°2014-161 du 2 avril 2014 relative à la forme des statuts et au capital social de la société à responsabilité limité
[28] PNUD (2014), rapport sur le développement humain 2014.
[29] Rapport de la banque Mondiale sur les politiques de développements : Genre et développement vers l'Egalité des sexes dans les droits, les ressources et la participation, Nouveaux Horizons, 2013, P.XI
[30] Rapport OIT, Tendances Mondiales de l'emploi 2013, en ligne http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_202298.pdf OIT 2013, consulté le 1 Décembre 2016
[31] République de Côte d'Ivoire (2009), Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté.
[32] TUDIESHE A. & AL. , « Conférence d'idées pour le développement : Autonomisation économique des femmes, quels impacts sur les inégalités entre hommes-femmes ? », *Agence française de développement*, Mars 2014.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 644-655
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Étude ethnobotanique des plantes à valeur thérapeutique dans la Commune de Glazoué au Bénin (Afrique de l'Ouest)

[Ethnobotanical study of plants with therapeutic value in the commune of Glazoué in Benin (West Africa)]

Toussaint Olou LOUGBEGNON[1], François GBESSO[2], Jhonn LOGBO[3], Brice TENTE[4], and Jean Timothée Claude CODJIA[1]

[1]Laboratoire de Recherche en Ecologie Animale et Zoogéographie (LaREZ), Université Nationale d'Agriculture (UNA), Benin

[2]Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), Université Nationale d'Agriculture (UNA), Benin

[3]Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts, Université Nationale d'Agriculture (UNA), Benin

[4]Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study has as objective to contribute to better knowledge of these curative plants with a view to establishing a data bank. Data were collected based on questionnaire structured and semi structured to 235 individuals constituting the unpredictable sampling and belonging to three categories socio professional. In total, one drew up an inventory of 160 kinds of curative plants flat 65 families and 139 types. The family of Leguminosae is the most representing with 11 kinds of plants. Four curative plant kinds have a Relating Frequency of Quotation very significant (RFC), it is between other one of kinds *Gardenia ternifolia* (RFC = 0,98) and *Pteleopsis suberosa* (RFC = 0, 91). Besides, 42 other kinds have a degree of consensus on the very significant treatment (IAR) such as *Senna occidentalis*, *Acanthospermum hispidum*, Lannea barteri. Variables such as: age, sex, and religion constituted a factor determining in the knowledge of kinds for the treatment of diseases in the middle of study ($P < 0,05$). The majority of the investigating devote themselves more to the use of curative plants as practices adopted in case of diseases. It is therefore important that the conditions of working and of conservation of aforementioned plants are improved for the improved well-being of our populations which remain tied to traditional morals.

KEYWORDS: medicinal plants, Relative Frequency of Citation, Index of Agreement on Remedies, statistical tests, Glazoué town.

RESUME: La présente étude a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance de ces plantes médicinales en vue d'en établir une banque de données scientifiques. Des informations ethnobotaniques ont été collectées auprès de 235 personnes choisies de façon aléatoire. La fréquence relative de citation, le Degré de consensus sur la médication, the Informant Consensus Factor, le Degré de fidélité et des tests de chi2 ont été calculés. La collecte de données a permis de recenser 160 espèces végétales appartement 65 familles et regroupées en 139 genres. La famille des Leguminosae est la plus représentée avec 11 espèces de plantes. Quatre espèces végétales médicinales ont une Fréquence Relative de Citation (RFC) très significative, il s'agit entre autre des espèces *Gardenia ternifolia* (RFC = 0,98) et *Pteleopsis suberosa* (RFC= 0, 91). De plus, 42 autres espèces ont un degré de consensus sur la médication (IAR) très significative telles que *Senna occidentalis*, *Acanthospermum hispidum, Lannea barteri.* Les variables telles que : l'âge, le sexe, et la religion ont constitué un facteur déterminant dans la connaissance des espèces pour le traitement des maladies/affections dans le milieu d'étude ($P < 0,05$). La majorité des enquêtés se donnent plus à l'utilisation des plantes médicinales comme pratiques adoptées en cas de maladies. Il importe donc que les conditions d'exploitation et de conservation desdites plantes soient améliorées pour le mieux-être de nos populations qui restent attachées aux mœurs traditionnelles.

MOTS-CLEFS: Plantes médicinales, diversité taxonomique, Degré de consensus, Commune de Glazoué.

Corresponding Author: François GBESSO

1 INTRODUCTION

L'homme utilise les plantes médicinales pour traiter les maladies depuis des millénaires [1]. En effet, presque toutes les civilisations du monde ont une connaissance des propriétés thérapeutiques des plantes de leurs localités [2], [3]. Aujourd'hui, malgré l'urbanisation, les plantes médicinales continuent de jouer le rôle de source précieuse de soins sanitaires pour plus de 80 % des populations d'Afrique de l'Ouest comme dans le reste du continent [4].

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé [5], le manque de médicaments essentiels, l'insuffisance des soins de santé, le coût élevé des médicaments et les habitudes socioculturelles des populations expliquent le recours aux pratiques traditionnelles à base de plantes médicinales. Les plantes médicinales constituent donc un patrimoine précieux pour l'humanité et plus particulièrement pour la majorité des communautés démunies des pays en voie de développement qui en dépendent pour assurer leurs soins de santé primaires et leurs subsistances [6]. Ces espèces végétales médicinales demeurent encore une source de soins médicaux dans les pays en voie de développement en l'absence d'un système médicinal moderne [7]. Au Bénin, comme dans beaucoup d'autres pays en voie de développement, les populations exploitent une large variété d'espèces végétales pour traiter les affections courantes [8].

Cette connaissance de l'usage traditionnel des plantes médicinales dans la plupart des communautés est généralement transmise oralement [9], [10]. Ceci constitue un danger pour la perte de ce précieux héritage culturel [11], [10]. Les connaissances traditionnelles devraient donc être conservées à cause de leur rôle vital pour le bien – être humain. Les plantes médicinales constituent ainsi un trésor d'informations pour ceux et celles qui ont décidé d'aborder leurs maux quotidiens différemment, en tournant le dos à l'arsenal chimique de la médecine actuelle [12].

Au Bénin, la médecine traditionnelle a toujours occupé une place importante dans les traditions de médication où 70 % de cette population utilisent les plantes médicinales pour les besoins médicaux [13]. Par ailleurs, les communautés locales ont un héritage traditionnel qui nécessite l'utilisation des plantes, des produits animaux et minéraux aussi bien que la magie et la superstition dans le traitement de diverses maladies. Cependant, la pratique prédominante est basée sur l'usage des espèces végétales [3]. Sur le plan de la connaissance des usages des plantes par les communautés locales en médicine traditionnelle au Bénin, force est de constater qu'il existe déjà un ensemble d'études ayant porté sur cet aspect. Nous pouvons citer entre autres les études de de [14], [15], [16], [17], [18], [19], [3], [8]. Malgré l'immensité de cette banque de données en médecine traditionnelle et en pharmacopée, le Bénin figure parmi les pays caractérisés par une pauvreté en données ethnobotaniques et pharmacologiques utilisables.

Il urge donc de continuer les recherches dans le domaine de la médecine traditionnelle surtout qu'on assiste à une régression voire disparition de certaines espèces considérées comme plus importantes selon les connaissances endogènes. Par ailleurs, les enquêtes ethnobotaniques constituent l'une des approches importantes pour la découverte et la fabrication des médicaments naturels et synthétiques [20]. L'évaluation de la diversité des ressources végétales et l'identification des différentes formes d'utilisation de ces ressources devraient permettre la formulation des suggestions relatives à leur gestion durable. Elles devraient également permettre leur intégration dans les schémas généraux d'aménagement forestiers dans l'optique d'une exploitation durable des ressources et bien d'autres services [21]. Cette étude vise à l'évaluation du potentiel du secteur d'étude en plantes médicinales et la détermination des savoir et savoir-faire locaux des populations.

2 MILIEU D'ÉTUDE

Le milieu d'investigation est une Commune à caractère rural qui s'étend entre 7°45' et 8°30' de latitude Nord et entre 2°05' et 2°25' de longitude Est (figure 1). Il y règne un climat soudano- guinéen. Les sols ferrugineux tropicaux sur socle cristallin dominent dans la majeure partie de la Commune favorable à des formations naturelles et des plantations [22].

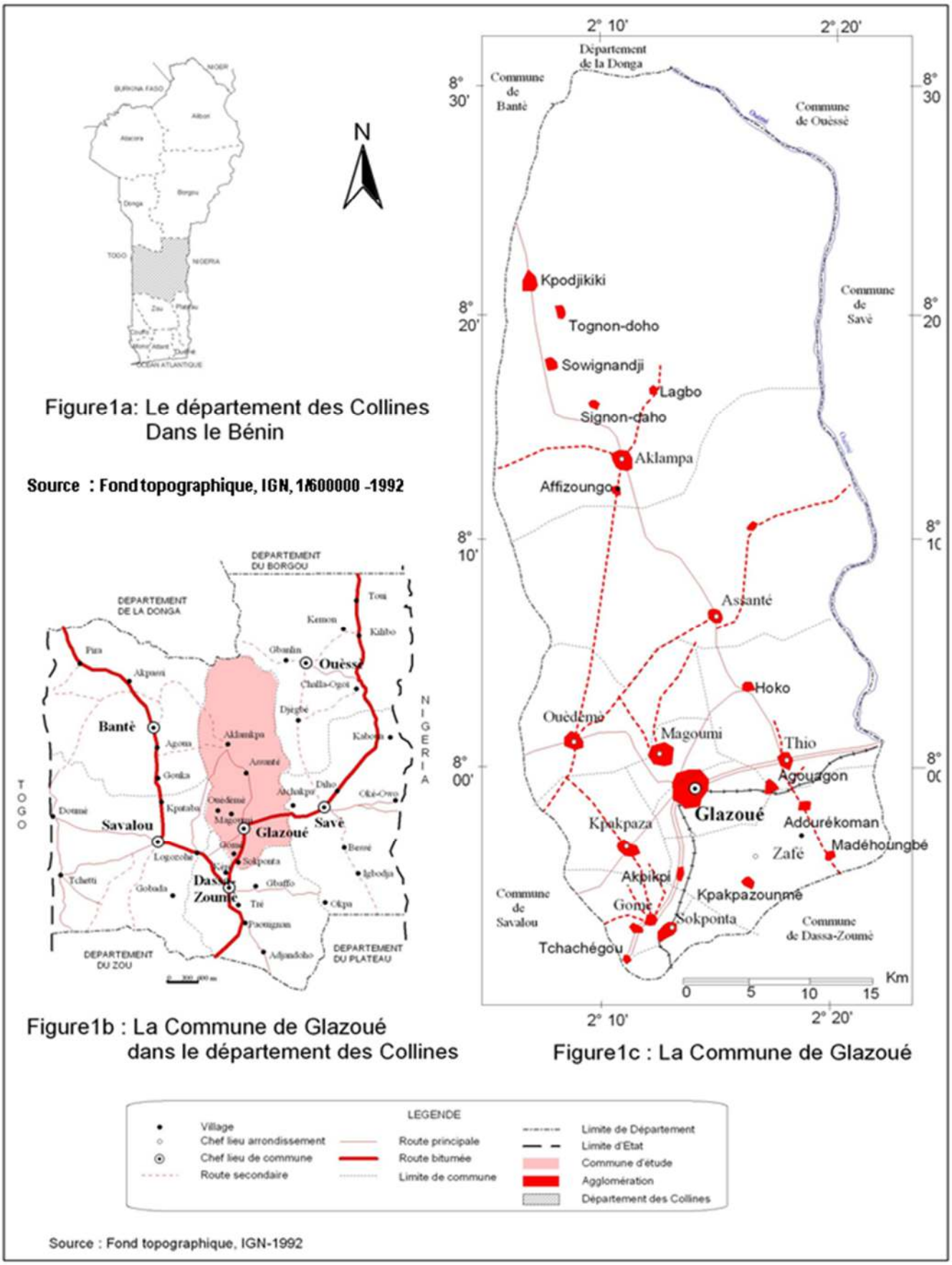


Fig. 1. Situation géographique du milieu d'étude

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES DE COLLECTE DES DONNÉES

La collecte s'est déroulée en deux phases. Une première au cours de laquelle, il a été procédé à une enquête exploratoire qui a permis de cibler les points de vente de plantes médicinales, les tradithérapeutes, des vendeuses de plantes et autres utilisateurs dans les ménages.

La deuxième phase s'est déroulée sur la base d'entretiens structurés individuels à l'aide de questionnaires. L'échantillon est de type aléatoire. Ainsi, 235 personnes ont été interrogées dans le cadre de cette étude.

Les informations recueillies ont concerné le profil de l'enquêté (âge, sexe, niveau d'instruction et groupe socioculturel), les données ethnopharmacologiques telles que le nom local commun de la plante, les usages, les parties utilisées, les modes de préparation, les voies d'administration, l'efficacité, les effets secondaires et les mesures de gestion adoptées ou devant être adoptées pour augmenter la disponibilité des plantes médicinales dans la Commune.

L'identification taxonomique des espèces végétales médicinales a été réalisée à partir de la flore analytique du Bénin de ([23]), la flore du Bénin ([14]) et par des experts du jardin botanique de l'Université d'Abomey-Calavi.

3.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES DONNÉES

Les données collectées ont été saisies et analysées statistiquement sous tableurs Word et Excel 2010 et le logiciel Minitab 14.0.

3.2.1 ANALYSE DES CONNAISSANCES DE L'USAGE DES PLANTES À VALEUR THÉRAPEUTIQUE

Le test statistique de Chi-deux (χ^2) avec un seuil de signification fixé à 0,05 a été effectué pour déterminer l'influence de certains paramètres sociodémographiques dans la connaissance des plantes à valeur thérapeutique.

3.2.2 ANALYSE DE LA SATISFACTION DE L'UTILISATION DES PLANTES DANS LES SOINS SANITAIRES

Dans le but d'analyser la satisfaction de l'utilisation des plantes, la statistique descriptive a été opérée avec comparaison des proportions en ce qui concerne les résultats de soins selon les populations locales avec l'estimation de leur Intervalle de Confiance à 95 %.

3.2.3 ANALYSE DES DONNÉES ETHNOBOTANIQUES

La Fréquence Relative de Citation (RFC) proposée et utilisée par [24] est calculée pour apprécier l'importance locale de chaque espèce. Cette fréquence est calculée suivant cette formule :

$$\mathbf{RFC} = \frac{\mathbf{Fc}}{\mathbf{N}} ;$$

Où Fc = nombre d'enquêtés ayant mentionné l'usage de l'espèce et **N** le nombre total d'enquêtés

Le Degré de consensus sur la médication (IAR) permet d'identifier les espèces ayant un indice thérapeutique significatif au sein des enquêtés. Il est calculé suivant la méthode proposée de [25]:

$$\mathbf{IAR} = \frac{\mathbf{Nr - Na}}{\mathbf{Nr - 1}} ;$$

Avec Nr = nombre total de citations de l'espèce et Na = nombre de maladies traitées par l'espèce.

The Informant Consensus Factor (ICF) est calculé pour chaque catégorie afin de déterminer l'homogénéité des connaissances dans l'usage des espèces végétales médicinales. Il est obtenu suivant la méthode utilisée par [26] :

$$\mathbf{ICF} = \frac{\mathbf{Nuc - Ns}}{\mathbf{Nuc - 1}} ;$$

Avec Nuc = nombre de citations d'usage pour une catégorie de maladie et Ns = nombre d'espèces utilisées par les informateurs dans une catégorie d'usage donnée. Cette valeur varie de 0 à 1. Elle est proche de 1 lorsque la plante est utilisée par un grand nombre des enquêtés pour une maladie particulière et/ou si l'information est échangée entre informateurs sur l'usage de l'espèce pour une maladie particulière, et proche de 0 (faible) lorsque la plante est choisie au hasard ou s'il n'y a pas d'échanges d'information à propos de l'usage parmi les informateurs.

Le Degré de fidélité (FL) de [27] est calculé pour identifier l'espèce la plus utilisée dans le traitement d'une maladie particulière. Cette valeur s'exprime comme suit :

$$\mathbf{Fl} = \frac{\mathbf{Fc}}{\mathbf{Ft}} \times \mathbf{100} ;$$

Avec Fc = fréquence de citation de l'espèce dans le traitement d'une affection particulière et Ft = nombre total de citations de l'espèce.

4 RÉSULTATS

4.1 DIVERSITÉ TAXONOMIQUE DES PLANTES MÉDICINALES À VALEURS THÉRAPEUTIQUES

Dans le cadre de cette étude, les investigations ont permis de recenser 160 espèces de plantes à valeurs thérapeutiques appartenant à 65 familles et répartir en 139 genres (figure 2).

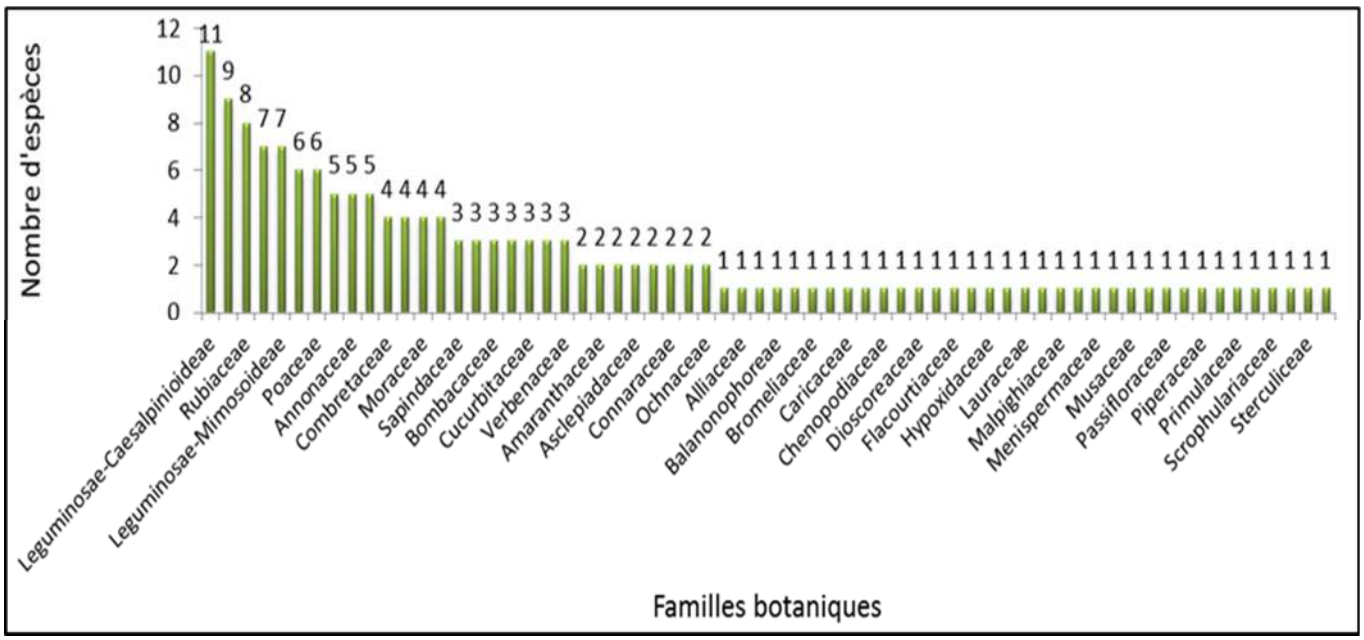


Fig. 2. Répartition des plantes médicinales par famille botanique

De l'analyse de la figure 2, il ressort que la famille des Leguminosae-Caesalpinioideae est la plus représentée avec 11 espèces de plantes suivie de celle des Euphorbiaceae avec 9 espèces végétales, les Rubiaceae avec 8 espèces de plantes. D'autres familles telles que les Leguminosae-Mimosoideae et les Asteraceae sont représentées chacune par 7 espèces de plantes, les Poaceae et Lamiaceae avec 6 espèces de plantes chacune, les Leguminosae-Papilionoideae, Annonaceae, et Anacardiaceae avec (5) espèces végétales chacune. Par ailleurs, les Sapindaceae, Rutaceae, Myrtaceae, Moraceae et Combretaceae sont représentées chacune par 4 espèces végétales médicinales ; les Zingiberaceae, Verbenaceae, Malvaceae, Cucurbitaceae, Capparaceae, Bombacaceae, et Araceae 3 espèces chacune tandis que les Papaveracea, Ochnaceae, Meliaceae, Connaraceae, Boraginaceae, Asclepiadaceae, Apocynaceae, et Amaranthaceae sont représentées par 2 espèces de plantes. Les autres familles sont celles comptant au plus une espèce végétales médicinales.

4.2 MALADIES OU AFFECTIONS TRAITÉÉS

Les 160 plantes médicinales recensées, dans le cadre de cette étude, sont utilisées pour le traitement de 50 maladies ou affections dont les proportions des plus importantes sont représentées par la figure 3.

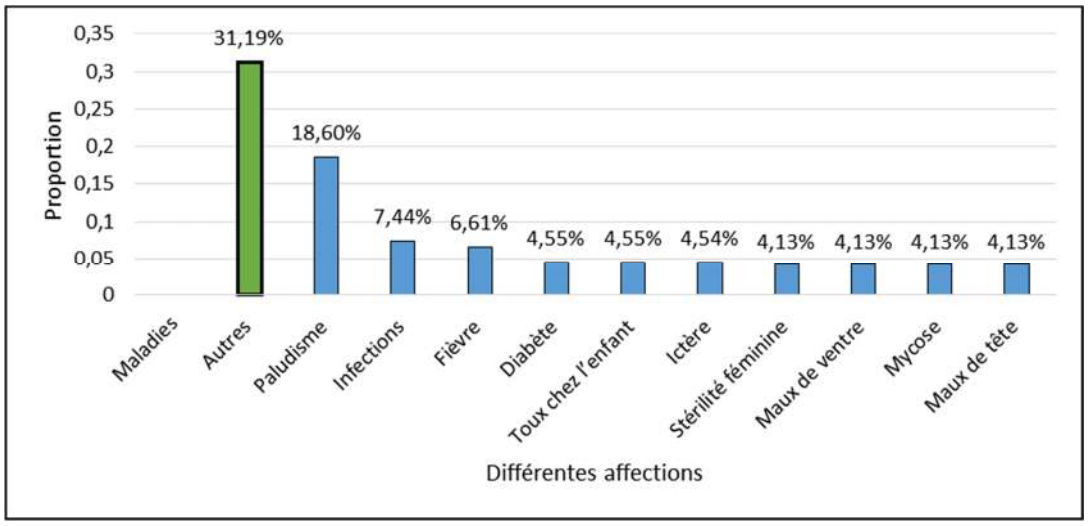


Fig. 3. Affections ou maladies traitées par les plantes à valeurs thérapeutiques

La majorité des espèces répertoriées dans la zone d'étude est indiquée dans le traitement des affections suivantes : le paludisme (18,60 %), les infections (7,44 %), la fièvre (6,61 %), le diabète (4,55 %), la toux chez l'enfants (4,55 %), l'ictère (4,54 %), la stérilité féminine (4,13 %), les maux de ventre (4,13 %), la mycose (4,13 %), et les maux de tête (4,13 %). Par ailleurs, 37,19 % des espèces végétales médicinales est indiqué dans le traitement d'autres maladies telles que : la tension, la plaie, la diarrhée, l'anémie, la hernie, la mordue de serpent, l'hypertension, le rhumatisme, et les maux de rein.

4.3 FRÉQUENCE RELATIVE DE CITATION (RFC)

Les espèces ayant une fréquence relative de citation très significative sont celles ayant un niveau d'usage élevé (Tableau en annexe 1). Dans la présente étude, les espèces *Gardenia ternifolia* (RFC = 0,98), *Pteleopsis suberosa* (RFC= 0, 91), *Carica papaya* (RFC = 0,83), *Citrus limon* (RFC = 0,7) constituent celles ayant une fréquence relative de citation très significative. Par ailleurs, les espèces : *Zea mays* (RFC = 0,63), *Cymbopogon citratus* (RFC = 0,62), *Eucalyptus camaldulensis* (RFC = 0,61), *Manilkara multinervis* (RFC = 0,6) ont quant à elles une fréquence relative de citation assez significative. Elles sont suivies d'autres espèces telles que *Sarcocephalus latifolius* (RFC= 0,55), *Momordica charantia* (RFC = 0,58), *Peperomia pellucida*, *Ceiba pentandra, Crateva adansonii* (RFC = 0,56), *Prosopis africana* (RFC = 0,55), *Senna occidentalis* (RFC = 0,5) ayant une fréquence dite significative.

4.4 DEGRÉ DE CONSENSUS SUR LA MÉDICATION (IAR) ET SUR L'USAGE DES PLANTES DANS LE TRAITEMENT DES MALADIES (ICF)

Dans la présente étude, 42 espèces de plantes ont un indice thérapeutique très significatif (IAR = 1). Il s'agit entre autres des espèces *Senna occidentalis* (pour le traitement du paludisme, ictère), *Argemone mexicana* (pour traiter l'infection et la hernie) ; *Acanthospermum hispidum* (pour les maux de tête et les maux de ventre); *Lannea barteri* (pour la stérilité et la fièvre chez l'enfants) ;Calotropis procera(pour la thérapie de la toux chez l'enfants, d'hémorroïde et des maux d'yeux), *Commiphora africana* (pour traiter les maux de tête) ; *Jatropha curcas* (pour le traitement du paludisme) ; *Hoslundia opposita* (pour le traitement du paludisme de la plaie), et *Hyptis suaveolens* (pour la mycose). De plus, 12 autres espèces végétales ont un indice thérapeutique significatif c'est-à-dire un IAR compris entre 0,5 et 0,9. Nous pouvons citer entre autres les espèces *Gardenia erubescens* (pour le traitement de l'anémie et des maux de rein) ; *Hybanthus enneaspermus* (pour le vomissement, et stimuler l'appétit), *Momordica charantia* (pour la thérapie du paludisme, ictère, rougeole, maux de tête). En outre, 106 espèces ont un indice thérapeutique nul (IAR = 0). En ce qui concerne le degré d'homogénéité dans l'usage des espèces végétales médicinales, il existe un fort degré de consensus (ICF=1) au sein des populations locales dans l'utilisation des espèces médicinales pour le traitement de la métrorragie, l'abcès, l'anti apéritif, l'avitaminose, la constipation, la dysenterie, l'épilepsie, la frisson, l'impuissance, l'arthrite, les maux d'yeux, la migraine, les maux d'oreilles, la paralysie, les troubles nerveux, le vasodilatateur, l'hépatite. De même, les populations locales ont une affinité assez significative dans l'usage d'une catégorie de plantes médicinales pour le traitement du paludisme (1345 citations d'usage, 45 espèces de plante ; ICF = 0,97),des maux de tête(76 citations d'usage, 10 espèces végétales médicinales ; ICF = 0,88), de la mycose (98 citations usage, 10 espèces de plante ; ICF = 0,91), de la plaie (32 citations d'usage, 7 espèces de plante médicinale ; ICF = 0,81), de l'ictère (43 citation d'usage, 11 espèces de plante ; ICF = 0,76). Cependant, la catégorie des affections telles que : l'hémorragie externe ; la hernie ; la morsure de

serpent ; le rhumatisme ; l'hypotension ; la tuberculose ; dystocique ; les douleurs (musculaires et abdominales) ont un ICF nul (IFC = 0).

4.5 NIVEAU DE FIDÉLITÉ (FL) DE L'UTILISATION DES ESPÈCES

Il ressort des résultats que 80,62 % des espèces de plantes citées ont un Indice de Fidélité hautement significatif (FL = 100 %) pour le traitement de 92,16 % des 51 maladies/affections. Il s'agit entre autres des espèces: *Plumbago zeylanica*, *Cleome gynandra, Anacardium occidentale, Cymbopogon citratus, Cajanus cajan*. De plus 15,63 % autres espèces de plantes médicinales ont un niveau de Fidélité significatif (FL compris entre 0,5 et 0,9). Il s'agit entre autres des espèces: *Senna occidentalis*, *Ossimum gratissimum, Acanthospermum hispidum*. Par contre, 75 % d'espèces ont un niveau de fidélité inférieur à 50 %.

4.6 ORGANES DES PLANTES UTILISÉS POUR LE TRAITEMENT DES AFFECTIONS

La figure 4 présente les différents organes de plantes à valeur thérapeutique utilisés dans les traitements des maladies/affections par les populations locales.

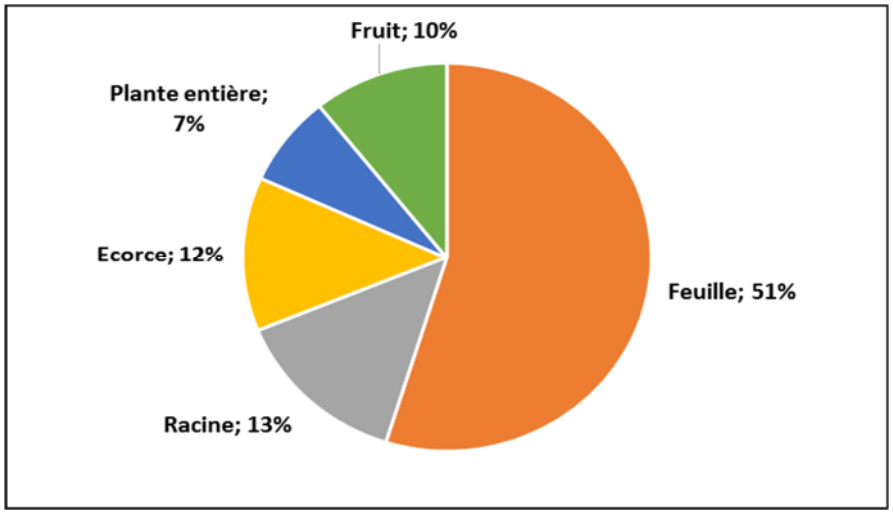


Fig. 4. Répartition des différents organes des plantes utilisées

De l'analyse de la figure 4, il ressort que les feuilles sont les parties des plantes les plus utilisées (51 %) ; viennent ensuite les racines (13 %), les écorces (12 %), les fruits (10 %), les plantes entières et tiges (7 %).

4.7 MODES DE PRÉPARATION ET D'ADMINISTRATION

Cinq modes de préparation quatre formes d'administration ont été recensés dans le cadre de cette étude. Les figures 5 et 6 présentent respectivement les proportions des modes de préparation et d'administration.

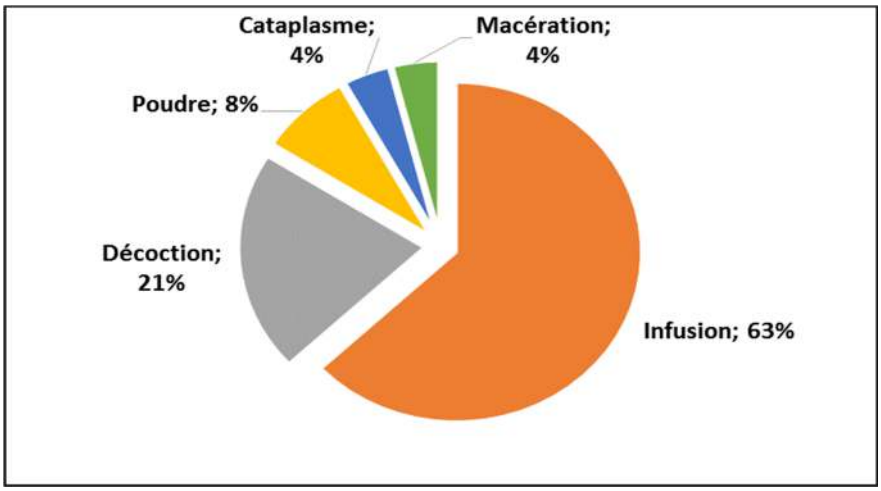


Fig. 5. Répartition des modes de préparation des plantes

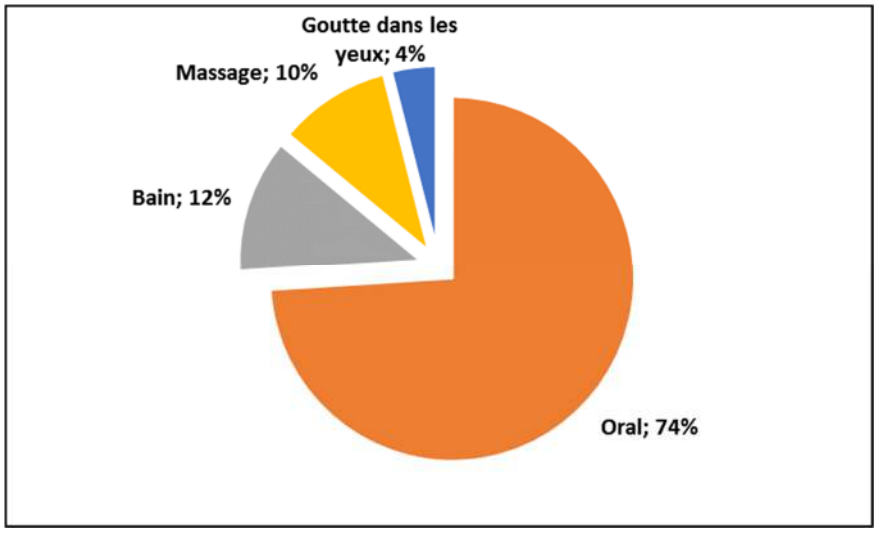


Fig. 6. Répartition des modes d'administration des remèdes

L'analyse de la figure 5 montre que l'infusion est le mode de préparation le plus fréquent (63 %). Viennent ensuite la décoction (21 %), la poudre (8 %), la macération et le cataplasme avec 4% chacun. En ce qui concerne le mode d'administration, il est à retenir que le mode d'administration est principalement par voie orale (74 %) suivi du bain (12 %) et du massage (10 %).

4.8 CONNAISSANCE DE L'USAGE DES PLANTES À VALEUR THÉRAPEUTIQUE SUIVANT LE PROFIL SOCIODÉMOGRAPHIQUE DES ENQUÊTÉS

Le tableau 1 présente les résultats du test de Chi-deux en ce qui concerne les facteurs influençant la connaissance de l'usage des espèces végétales médicinales au sein des populations enquêtées.

Tableau 1. Résultat du test de Chi-deux : facteurs influençant la connaissance de l'usage des plantes médicinales

Variables sociodémographiques	χ^2	ddl	P
Age	35,023	6	0,000
Sexe	53,25	3	0,000
Religion	21,435	9	0,011
Niveau d'instruction	0,692	3	0,875

L'estimation globale du test de Chi-deux a montré que les variables telles que : l'âge, le sexe, et la religion ont constitué un facteur déterminant dans la connaissance des espèces pour le traitement des maladies/affections dans le milieu d'étude ($P < 0,05$). Par contre, aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée pour le niveau d'instruction dans la connaissance des espèces pour le traitement des maladies ou affections ($p = 0,875$).

5 DISCUSSION

5.1 MALADIES ET MÉDECINE TRADITIONNELLE

L'enquête ethnobotanique a révélé que la majeure partie des plantes thérapeutiques est utilisée principalement contre le paludisme et les maladies infantiles (la mycose, la toux chez l'enfant, la fièvre chez l'enfant …) ; ce qui signifie que ces différentes maladies prédominantes de la présente étude constituent un problème sanitaire le plus urgent des populations de la Commune de Glazoué. Ce résultat n'est pas conforme à celui obtenu par [28], dans la Commune d'Imi n'Tlit (province d'Essaouira) au Maroc où la plupart des espèces médicinales sont utilisées principalement contre les maladies liées à l'appareil digestif. On retient alors que les réalités ne sont pas les mêmes d'une région à une autre.

5.2 DIVERSITÉ TAXONOMIQUE ET INDICATIONS THÉRAPEUTIQUES DES PLANTES MÉDICINALES

Dans le cadre de cette étude, la famille des Leguminosae-Caesalpinioideae, est plus représentée avec 11 espèces de plantes. Des études préliminaires ont également identifié la famille des Leguminosae-Caesalpinioideae. Nos résultats rejoignent aisément ceux de [3]; étude réalisée dans la région d'Agonlin, Bénin. La famille des Euphorbiaceae ; Rubiaceae et Leguminosae-Mimosoideae ont aussi une représentation importante dans la présente étude. Soulignons que le nombre d'espèces recensées (160) au cours de nos recherches est largement supérieur aux résultats obtenus par [29] qui a inventorié (114) espèces pour une étude ethnobotanique dans l'Etat d'Akwa Ibom; Nigeria ; et aussi de l'étude ethnobotanique des plantes médicinales de [30]; dans la région de Loitoktok, Kenya qui a inventoriée (80) espèces. Par ailleurs, reconnaissons que ce nombre est inférieur aux résultats de [30], qui a inventorié (227) espèces sur une étude des plantes médicinales dans la région de Tamil Nadu, Inde.

5.3 CONNAISSANCES DE L'USAGE DES PLANTES À VALEUR THÉRAPEUTIQUE

La connaissance des plantes médicinales et de leurs propriétés par les utilisateurs est fréquemment acquise par expérience accumulée avec l'âge qui se transmet d'une génération à l'autre [31]. Ceci cré une situation problématique due à la non fiabilité de données oralement transmises [31], [28]. Le résultat obtenu montre effectivement que l'âge ($\chi^2 = 35,023$; $p = 0,000$) constitue un facteur déterminant dans la connaissance de l'usage des plantes médicinales ; car il constitue la principale source d'information à l'échelle locale au sujet de l'usage des plantes en médecine traditionnelle. De manière générale, Les femmes se chargent particulièrement du séchage, du stockage et de la préparation des recettes pour les soins des membres de la famille, elles ont généralement plus de connaissances que les hommes sur les espèces médicinales car celles-ci n'ont besoin des hommes que pour la collecte des plantes dans les zones considérées dangereuses. Ce qui justifie que le sexe ($\chi^2 = 53,25$, $p = 0,000$) constitue un facteur déterminant dans la connaissance de l'usage des plantes médicinales dans le milieu d'étude. La religion ($\chi^2 = 21,435$, $p = 0,011$) joue un grand rôle sur la perception de l'usage des plantes médicinales d'autant qu'elle a souvent certaines idées comme: les pratiques occultes de l'usage des plantes médicinales, la sorcellerie et les aspects maléfiques de leur usage, etc. La religion reste alors un facteur déterminant dans la connaissance de l'usage des plantes à valeur thérapeutique. Nos analyses ont une concordance manifeste avec les travaux de [3] à la différence que ce dernier réalise que le sexe représente un facteur déterminant dans la connaissance de ces plantes. Alors, il y a lieu de retenir que la connaissance des plantes selon le sexe varie d'une région à une autre.

5.4 PARTIES UTILISÉES, MODES DE PRÉPARATION ET D'ADMINISTRATION

De toutes les parties de la plante ; les feuilles demeurent les plus utilisées 51 %. Mais quelques fois on constate que sur le terrain les utilisateurs ont tendance à arracher la plante entière au lieu de s'intéresser exclusivement à la partie désirée (principalement les feuilles). Ce mode de cueillette ne garantit pas la durabilité des espèces, car il y a une corrélation entre la partie utilisée de la plante exploitée et les effets de cette exploitation sur son existence [32], [28]. Dans leur étude, [33] ont montré que les feuilles ont constitué les organes des plantes les plus utilisés dans le traitement des maladies/affections dans quatre Communes du sud Bénin à savoir Abomey ; Allada, Cotonou et Ouidah. De plus, l'usage fréquent des feuilles des plantes médicinales a été révélé par plusieurs autres études ethnobotaniques [34], [28], [35]. Ce fort usage des feuilles dans le traitement des maladies/affections pourrait s'expliquer par le fait que pour une perspective de gestion, le rassemblement des feuilles est plus acceptable que celui des autres organes des plantes [34], [35]. L'infusion et la décoction constituent le mode

de préparation les plus fréquents. Des résultats similaires ont également été observés dans la méthode de préparation parmi les populations réunionnaises [36]. L'administration des médicaments recommandée aux malades est la voie interne notamment orale. Pour la présente étude, nous avons trouvé que les populations locales utilisent également l'administration par gouttes sur les yeux, ce mode d'administration est plus employé pour les maux de tête.

5.5 DEGRÉ DE CONSENSUS SUR LA MÉDICATION (IAR), DE FIDÉLITÉ (FL) ET SUR L'USAGE DES PLANTES DANS LE TRAITEMENT DES MALADIES (ICF)

La plupart des valeurs de l'IAR dans la présente étude sont significatives. Ceci explique l'importance locale et l'efficacité de ces plantes thérapeutiques dans le traitement des affections ou maladies par les populations locales. Ces valeurs de l'IAR sont légèrement supérieures à celles rapportées dans d'autres études sur les plantes médicinales aux Mozambique par [37]. Par contre elles ne correspondent pas à d'autres études effectuées sur les plantes médicinale en Tamil Nadu, Inde ; S. Les espèces médicinales utilisées dans le traitement des maladies/affections ayant le plus haut niveau de fidélité (FL = 100 %) constituent celles qui sont les plus préférées dans le traitement d'une catégorie de maladie particulière [27], [35]. Les plus grandes valeurs du Facteur de Consensus Informateur (ICF = 1) ont été remarquées pour les catégories d'usage relatives au traitement de : l'abcès, anti apéritif, l'avitaminose, la constipation, la dysenterie, l'épilepsie ,la frisson, l'impuissance, l'arthrite, les maux d'yeux, la migraine, les maux d'oreilles, la paralysie, les troubles nerveux, le vasodilatateur, l'hépatite ceci explique qu'il y a échange d'informations entre les populations locales sur l'usage des espèces pour le traitement de ces maladies. En revanche, les valeurs du degré de consensus très faibles (ICF = O) expliquent que les espèces de plantes dans ces catégories d'usage sont choisies au hasard et/ou il n'y a pas eu inverse d'information au cœur de la population à propos de l'usage de ces espèces dans ces catégories [38], [35].

6 CONCLUSION

Les investigations menées dans le cadre de cette étude ont permis de mettre en exergue le potentiel en plantes médicinales et les connaissances endogènes liées à l'utilisation des plantes dans la commune de Glazoué. Au total, 106 plantes à valeur thérapeutique répertoriées, sont utilisées dans le traitement d'une cinquantaine de maladies ou d'affections à partir des leurs organes.

Il est impérieux de s'appuyer sur les connaissances endogènes des populations de ces ressources à potentialité socioéconomique afin de mieux les valoriser au profit des paysans. Ceci passera nécessairement par une prise de conscience des gestionnaires, des décideurs politiques, des scientifiques et des bailleurs de fonds sur les potentialités qu'offrent ces ressources pour les populations rurales pauvres.

Au terme de cette étude, il importe que les mesures de conservation des plantes soient améliorées, afin d'éviter l'érosion des connaissances traditionnelles. Par ailleurs, il urge également que les tradipraticiens bénéficient des appuis de autorités locales et que la population soit mieux sensibilisée pour une bonne gestion de ces espèces à valeur thérapeutique. Au regard des difficultés que les tradipraticiens rencontrent dans les diagnostiques et surtout dans la posologie à prescrire, ne serait-il pas opportun d'envisager des études et ou formations liées à la professionnalisation dudit métier?

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient profondément les vendeuses de plantes médicinales, les tradithérapeutes et tous ceux qui ont permis la collecte et l'analyse des données utilisées dans le cadre de cette étude.

RÉFÉRENCES

[1] E. Small, et P.M. Catling, les cultures médicinales canadiennes, *version française de Canadian medecinal crops. Les presses scientifiques du CNRC*, Ottawa, 2000.

[2] P. J. Houghton, ''the role of plants in traditional medicine and current therapy'', *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, pp. 1631–1714. 1995.

[3] A. C. Allabi, K. Busiac, K. K. V. Ekanmiana, and F. Bakionob, ''the use of medicinal plants in self-care in the Agonlin region of Benin'', *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 133, no. 2, pp. 234–243, 2011.

[4] R. Sanogo, ''Le rôle des plantes médicinales en médicine traditionnelle Développement'', *Environnement*, vol. 53, pp. 3-7. 2006.

[5] OMS, *Directives pour le traitement du paludisme*. 2e édition, OMS, Genève, Suisse, 2003.

[6] S. Salhi, M. Fadli, L. Zidane, et A. Douira, ''Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc)'', *Lazaroa* vol. 31, pp. 133–146. 2010.

[7] J. R. S. Tabuti, K. A. Lye, and S. S. Dhillion, "Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration", *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 88, pp. 19–44, 2003.

[8] M. H. Yetein, L. G. Houessou, T. O. Lougbegnon, O. Teka, and B. Tente, "Ethnobotanical study of medicinal plants used for the treatment of malaria in plateau of Allada, Benin (West Africa)". *Journal of ethnopharmacology* vol. 146, pp. 154-163, 2013.

[9] M. E. Fratkin, "Traditional medicine and concepts of healing among Samburu pastoralists of Kenya", *Journal of Ethnobiology* vol. 16, pp. 63–97, 1996.

[10] J. M. Nguta, J. M. Mbaria, D. W. Gakuya, P. K. Gathumbi, S. G. Kiama, "Antimalarial herbal remedies of Msambweni, Kenya", *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 128, pp. 424–432, 2010.

[11] C. N. Muthaura, C. M. Rukunga, C. S. Chhabra, G. M. Mungai, and E. N. M. Njagi, ''Traditional antimalarial phytotherapy remedies used by the Kwale community of the Kenyan Coast'', *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 114, pp. 377–386. 2007.

[12] S. Hseini, and A. Kahouadji, "Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental)'', *Lazaroa,* vol. 28, pp. 79-92, 2007.

[13] OMS, *Perspectives Politiques de l'OMS sur les médicaments - Médecine* Traditionnelle : Besoins Croissants et Potentiel, OMS, Genève, Suisse, N°2, 2002.

[14] S. de Souza, *Flore du Bénin*. Tome 3.UNB. Bénin, 2008.

[15] E. J. Adjanohoun, V. Adjakidjé, L. Aké-Assi, A. M. R. Ahyi, A. Akoegninou, J. Almeida, F. Apovo, K. Boukef, M. Chadaré, G. Cusset, K. Dramane, J. Eymé, J. N. Gassista, N. Gbaguidi, E. Goudoté, S. Guinko, P. Houngnon, A. Keita, H. V. Kiniffo, D. Koné Bamba, A. Musampa, M. Saadou, T. Sodogandji, S. de Souza, A. Tchabi, C. Zinsou Dossa, et T. Zohoun, *Médecine traditionnelle et pharmacopée -Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin.* ACCT, Paris, 1989.

[16] M. Agassounon-Djikpo-Tchibozo, S. de Souza, K. Anani, k. Koumaglo, F. Toukourou, M. Gbeassor, ''Evaluation des activités cytotoxique, antivirale, antibactérienne et anti fongique de six plantes médicinales'', *Pharm. Méd.Trad. AF*, vol. 1, pp. 93–105, 2001.

[17] M. Hermans, A. Akoegninou, and L. J. G. van der Maesen, "Medicinal plants used to treat malaria in Southern Benin", *Economic Botany* vol. 58, pp. 239–252. 2004.

[18] E. M. Ouendo, M. Makoutodé, M. N. Paraiso, M. Wilmet-Dramaix, et B. Dujardin, ''Itinéraire thérapeutique des malades indigents au Bénin (Pauvreté et soins de santé)'', *Tropical medicine & International Health*, vol. 10, pp. 179–186, 2005.

[19] J. Bero, H. Ganfon, M. C. Jonville, M. Frederich, F. Gbaguidi, P. DeMol, M. Moudachirou, and J. Quetin-Leclercq, "In vitro antiplasmodial activity of plants used in Benin in traditional medicine to treat malaria", *Journal of Ethnopharmacology, vol.* 122, pp. 439–444, 2009.

[20] D. S. Fabricant, and N. R. Farnsworth, "The value of plants used in traditional medicine for drug discovery", *Environmental Health Perspectives*, vol. 109, 69-75, 2001.

[21] E. S. Ayensu, *Medicinal Plants of West Africa.* Reference Publications, Algonac, 1978.

[22] K. Adam, et M. Boko, *Le Bénin*. Sodimas/édicef, Cotonou, 1993.

[23] A. Akoègninou, J. W. van der Burg, et L. J. G., van der Maesen, *Flore analytique du Bénin*. Backhuys Publishers, Wageningen, 2006.

[24] J. Tardio, and M. Pardo-De-Santayana, "Cultural Importance Indice: A Comparative Analysis Based on the Useful Wild Plants of Southern Cantabria (Northern Spain)", *Economic Botany*, vol. 62, pp. 24 –39, 2008.

[25] R. Trotter, and M. Logan, *Informant consensus: a new approach for identifying potentially effective medicinal plants*, In: Plants in indigenous Medicine and Diet: Biobehavioural Approaches. Redgrave Publishers, Bedfort Hills, New York, pp. 91–112. 1986.

[26] M. Heinrich, A. Ankli, B. Frei, C. Weimann, and O. Sticher, "Medicinal plants in Mexico: healers' consensus and cultural importance", *Social Science and Medicine, vol.* 47, pp. 1859–1871. 1998.

[27] J. Friedman, Y. Zohara, D. Amotz, D. Palewitch, "A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel", *Journal of Ethnopharmacology, vol.* 16, pp. 275–287. 1986.

[28] R. Mehdioui, et A. Kahouadji, ''Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit'', *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat, section Sciences de la Vie, vol.* 29, pp. 11–20. 2007.

[29] K. K. Ajibesin, B. A. Ekpo, D. N. Bala, E. E. Essien, S. A. Adesanya, "Ethnobotanical survey of Akwa Ibom State of Nigeria" *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 115, pp. 387– 408. 2008.

[30] J. K. Muthee, D. W. Gakuya, J.M. Mbaria, P.G. Kareru, C.M. Mulei, and F.K. Njonge, "Ethnobotanical study of anthelmintic and other medicinal plants traditionally used in Loitoktok district of Kenya", *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 21, pp. 17 –20. 2011.

[31] C. Anyinam, Ecology and ethnomedicine: exploring links between current environmental crisis and indigenous medical practices. *Social Science and Medicine*, vol. 40 no. 3, pp. 321-329, 1995.

[32] A.B. Cunningham, *Peuples, parc et plantes. Recommandations pour les zones à usages multiples et les alternatives de développement autour du parc national de Bwindi Impénétrable, Ouganda*. Documents de travail Peuples et Plantes n° 4. UNESCO, Paris, 1996.

[33] Y. Cakpo, J. Djego, et B. sinsin, *Rapport de mission*, SEP, 2010.

[34] K. Srithi, H. Balsev, P. Wangpakattanawong, P. Srisanga, and C. Trisonthi, "Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northem Thailand", *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 123, pp. 335–342, 2009.

[35] H.M. Yetein *Perception locale du paludisme et étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans son traitement sur le plateau d'Allada au Bénin*. Mémoire de maîtrise en géographie, FLASH/UAC. Ab-Calavi, Bénin, 2012.

[36] C. Desprès, ''Using Nature to Heal in the Reunion: Medicinal Plants as Therapeutic Recourse in Cancer Care Management'' *Revue internationale francophone d'anthropologie de la santé,* vol. 49, pp. 3–6, 2011.

[37] P. Bruschi, M. Morganti, M. Mancini, and A. Signorin,"Traditional healers and laypeople: A qualitative and quantitative approach to local knowledge on medicinal plants in Muda (Mozambique)", *Journal of Ethnopharmacology*. Vol. 563, pp. 558–562, 2011.

[38] I. R. S. Gazzeneo, R. F. P. Lucena, and U. P. Albuquerque, "Knowledge and use of the medicinal plants by local specialists in a region of Atlantic Forest in the state of Pernambuco (Northeastern Brazil)", *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* vol. 10, pp. 1–9, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 656-673
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Seasonal variation, quality and typology of waters' abiotic parameters of a tropical lagoon: The hydrosystem Lake Togo-Lagoon of Aného (South-East of Togo)

Kamilou OURO-SAMA[1-2], Gnon TANOUAYI[1-2], Hodabalo Dheoulaba SOLITOKE[1-2], Tchaa Esso-Essinam BADASSAN[1-2], Housséni AHOUDI[1-2], Akouètê Yawovi NYAMETSO[1-2], and Kissao GNANDI[1-2]

[1]Laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP : 1515, Lomé, Togo

[2]Département de Géosciences et Environnement, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP : 1515, Lomé, Togo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to assess the abiotic parameters quality and seasonal variation of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného waters. For this purpose, 30 water samples were collected per season (dry and rainy season) from 30 sites. The physicochemical parameters were determined using French Association of Standardization (AFNOR) methods described by Rodier *et al*. The average pH in dry and rainy season are around neutrality (7.01 and 6.97). The concentration of dissolved salts is high. Indeed, the average values of conductivity, salinity, TDS, sulphates, chloride and bicarbonates reach respectively 27.42 mS/cm, 14.84, 235.75 g/l, 681.43, 8208.98 and 233.86 mg/l in the dry season. For turbidity, TSS and dissolved oxygen, they are respectively 37.36 NTU, 77.73 and 8.01 mg/l in the rainy season. The average nutrient salt contents are higher in the dry season for orthophosphate (1 mg/l) and total phosphorus (0.33 mg/l) and in the rainy season for ammonium (0.30 mg/l) and nitrate (2.26 mg/l). The average contents of Ca, K, Mg and Na are higher in the dry season and are respectively 175.97, 297.42; 766.86 and 2368.06 mg/l. The t-test reveals a very significant difference between seasonal mean values with the exception of pH. Principal Component Analysis has shown that the main origin of major ions is oceanic, whereas nitrogen compounds and TSS are essentially continental. Concerning phosphorus compounds, they are both continental and oceanic. This ecosystem is threatened by the phenomenon of eutrophication and needs special attention for its sustainable management.

KEYWORDS: Physicochemical quality, water, nutrients, Season, LakeTogo, Lagoon, Aného.

1 INTRODUCTION

All ecosystems are now affected in one way or another by the development of human societies as well as agricultural, urban, mining and industrial discharges that can lead to increased ecological pressure and high levels of pollution [1], [2]. Thus, coastal aquatic ecosystems are subject to strong anthropogenic pressures which contribute to the release of various organic and inorganic pollutants leading to the degradation of their quality [3], [4], [5]. The brackish coastal lagoons of tropical areas are environments of high biological productivity [6], [7] and strong opportunities for halieutic production. These are habitats and nurseries for many larval and juvenile stages of fish, crustacean and mollusc species [8], [9]. However, these coastal aquatic ecosystems suffer the greatest variations in abiotic factors [10]. Among other components, ammonium (NH_4^+) and ammonia (NH_3) are considered to be toxic substances for certain aquatic living beings such as fish especially in alkaline environment [11]. Also, the massive nutrient inputs related to human activities have very often caused the eutrophication of water bodies, characterized by the proliferation of aquatic plants [12] and pathogenic microorganisms harmful to the environment [13] such as Cyanobacteria which produce very dangerous toxins to the nervous system of aquatic organisms [14], [5].

In Togo, the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného is located in the phosphorite mining area characterized by the rejection of various forms of waste without any prior treatment. It is exposed to mining effluents dumped into the sea at Kpémé

through its mouth in Aného. Also, urban wastes, the leaching of mining and agricultural soils throughout the watershed where agrochemicals are irrationally used can be added. These inputs via the main tributaries (Haho and Zio rivers) are not free from danger on waters quality and good functioning of this ecosystem. Jiang et Sheng [15] showed that a continuous increase in the amount of phosphorus could be a major factor in the eutrophication of a lake. It is, therefore, essential to carry out regular monitoring of the physicochemical quality of this biotope on which the productivity of aquatic species and the socio-economic well-being of local populations depend. This study aims to assess the abiotic parameters quality of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného waters and its seasonal variation in order to identify the possible risks for aquatic species on the one hand and for human health on the other.

2 MATERIALS ET METHODS

2.1 STUDY AREA

The hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného is a part of a lagoon system in south-east of Togo. This system is located between latitudes 6° 17' 37''and 6° 14' 38'' North and longitudes 1° 23' 33''and 1° 37' 38'' East. It extends from the villages of Dékpo and Sévatonou in the north-west to the city of Aného in the South-East. With a total area of 64 km^2, it includes Lake Togo (46 km^2), lagoon of Togoville which is a channel of 13 km length, parallel to the coast and whose width varies between 150 and 900 m, Lake Zowla (6.55 km^2), and lagoon of Aného in the South-East, which is a network of narrow channels and deeper [16]. The entire lagoon system communicates with the sea at Aného and with the Mono river, via a channel called Gbaga towards the East. The main tributary rivers of the lagoon system are Zio (176 km; 9.9 m^3/s) and Haho (140 km; 5.8 m^3/s) [17]. The Lake Togo watershed enjoys a subequatorial or Guinean climate with two rainy seasons alternating with two dry seasons. The main economic activities around the lagoon system are agriculture, breeding and fishing with the abusive practice of ''Acadja'' which consists of the use of branches as a trap for fish.

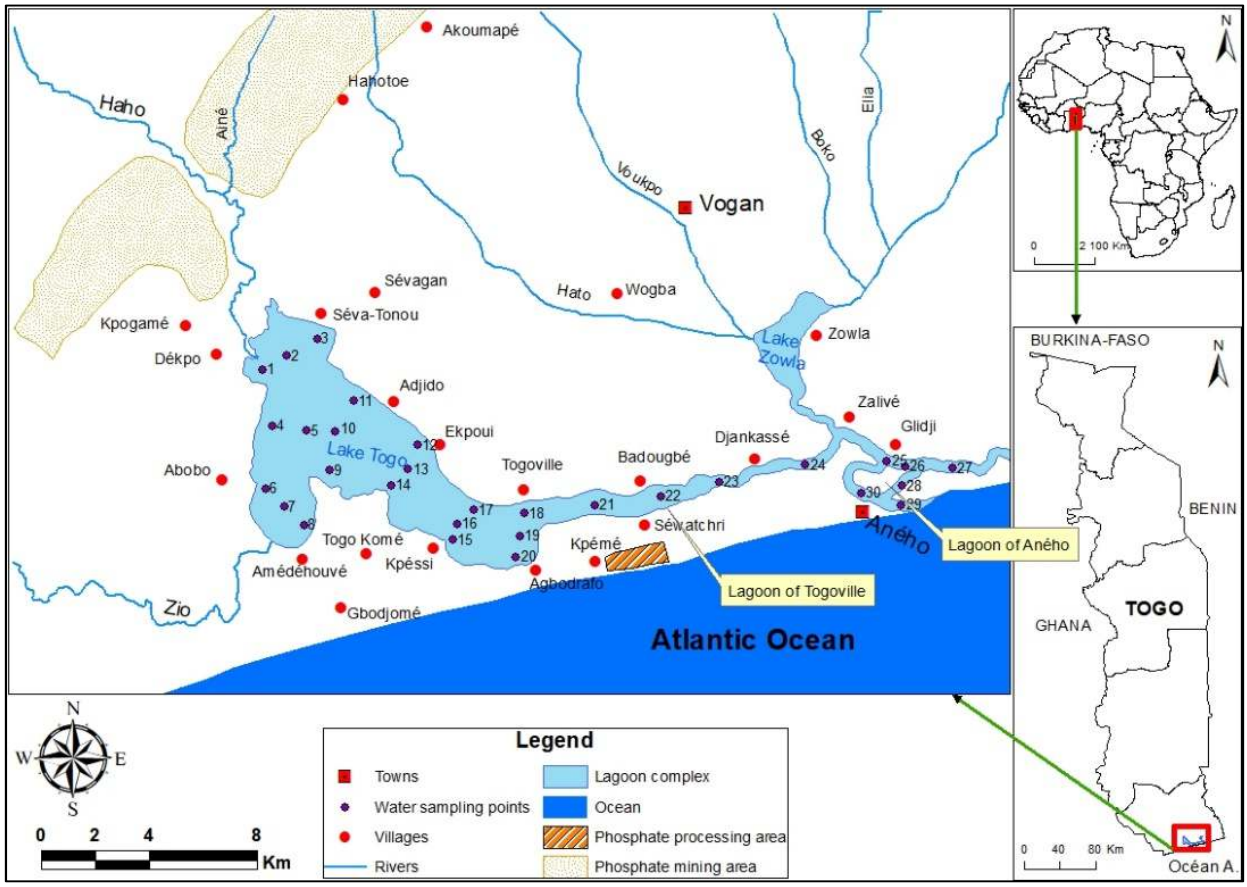


Fig. 1. Location map of the study area showing sampling points

2.2 SAMPLING AND ANALYSIS METHODS

The water samples were randomly collected at 30 sites in the dry season (March 2016) and in the rainy season (October 2016). The sampling was carried out according to AFNOR methods described by [18]. A total of 30 water samples per season were collected 30 cm from the surface in 1.5 L polyethylene bottles previously washed with nitric acid (10%) and then rinsed with distilled water and later with the site water during the sampling. The samples were then chilled in coolers, and transported to the Laboratory where they were refrigerated at 4°C until analysis. Temperature, transparency, pH, electrical conductivity (EC), salinity (Sa) and dissolved oxygen (DO) were measured *in situ*. Total dissolved solids (TDS), Total suspended solids (TSS), turbidity, phosphorus and nitrogen components (PO_4^{3-}, P, NH_4^+, NO_3^-) and major anions (SO_4^{2-}, HCO_3^-, Cl^-) were analyzed in the laboratory within 48 hours. The major cations (Ca, K, Na, Mg) were determined after water acidification with of nitric acid (1%). The measuring devices were calibrated and the standards measured at each set of ten samples to verify the accuracy of the results [19], [18]. Table 1 below summarizes the analyzed parameters and the materials and methods used.

Table 1. Material and Methods for physicochemical parameters analysis

Parameters	Methods	Equipements
Temperature	Electrometry (NFT 90-100)	pH-meter Crison PH 25
pH	Electrometry (NFT 90-008)	
Electrical Conductivity	Conductimetry (NF EN 27888)	Multimeter, type Knick Portamess
TDS	Electrometry (NFT 90-031, NFT90-111)	
Salinity	Electrometry (NFT 90-031)	
Turbidity	Turbidimetry (NFT 90-033)	Turbidimeter ''Type DRT100B model 20012''
Disslved Oxygen	Oximetry (NF EN 25814)	Oxymeter HANNA
TSS	Photometry (Method 8006, HACH)	Spectrophotometer HACH DR 3800
Transparency	Secchi (NF EN ISO 7027)	Secchi's disc
PO_4^{3-}, P, SO_4^{2-}, NH_4^+, Cl^-, NO_3^-	Molécular Spectrophotometry, NFT90-023, NFT90-009, NFT90-015, NFT90- 012)	Spectrophotometer HACH DR 3800
HCO_3^-	Titrimetry (Acidimetry) NFT 90-036	Laboratory glassware
Ca, Mg, K, Na	Atomic Absorption Spectrometry (NFT 90-005, NFT90-020)	AAS Spectrometer Thermo Electron S Series

2.3 STATISTICAL ANALYSIS OF DATA

The Principal Component Analysis (PCA) was performed on a matrix of 30 samples and 20 parameters, for each season, in order to highlight the relationship degree between them [20], [21], [5]. The Pearson correlation test allowed to determine the correlation levels between the different variables. Student's t-test was used to compare parameters between seasons. These statistical analyses were performed using STATISTICA 6.1 software. The hydrochemical classes of waters were determined using Piper diagram, built with Diagram software [22].

3 RESULTS

3.1 PHYSICAL PARAMETERS OF WATERS

3.1.1 TEMPERATURE (T), HYDROGEN POTENTIAL (PH) AND DISSOLVED OXYGEN (OD)

Table 2 presents the seasonal values of temperature, pH and dissolved oxygen of waters. Temperatures recorded in the dry season range from 29 to 33.30 °C with an average of 30.62 ± 0.83 °C while they are 26.50 to 28.80°C with an average of 28.04 ± 0.53°C in the rainy season. These values are higher than the French standards for drinking water. There is a significant difference between the seasonal mean temperatures and the highest was observed in the dry season ($t = 14.39$, $p = 0.00001$). There is a high degree of homogeneity for temperature values in both seasons with respective coefficients of variation (CV) of 2.70% and 1.90%.

Average pH values are around neutrality in the dry season (7.00 ± 0.32) and slightly acidic in the rainy season (6.97 ± 0.45). They vary respectively between 6.52 and 7.71 and between 5.90 and 7.70. These values have a homogeneous distribution in the dry season (CV = 4.61%) and in the rainy season (CV = 6.44%). No significant differences were found between seasons. However, the lowest values are recorded during the rainy season. The recorded pH values are compliant with WHO standards for 93.33% of samples.

Table 2. Seasonal variation of T, pH and OD values in waters

Statistics	Temperature (T°C)		pH		DO (mg/l)	
n = 30/season	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Minimum	29.00	26.50	6.52	5.90	5.30	6.50
Maximum	33.30	28.80	7.71	7.70	9.40	9.55
Average	30.62	28.04	7.00	6.97	7.16	8.01
Median	30.60	28.12	6.97	7.07	7.05	8.00
SD	0.83	0.53	0.32	0.45	1.20	0.80
CV (%)	2.70	1.90	4.61	6.44	16.82	10.04
Skewness	0.78	-1.25	0.72	-0.86	0.15	0.06
Kurtosis	3.05	1.76	0.10	0.25	-1.00	-0.77
t-test (t ; p)	14.39 ; 0.00001		0.33 ; 0.73999		-3.18 ; 0.00235	
Standards	< 25		6,5-9,5		5 - 7	

***DS**: Dry season; **RS**: Rainy season; **CV**: Coefficient of variation; **SD**: Standard deviation*

The concentrations of dissolved oxygen are in accordance with European quality standards for fish life. They range from 5.30 to 9.40 mg/l in the dry season and from 6.50 to 9.55 mg/l in the rainy season with respective averages of 7.16 ± 1.20 and 8.01 ± 0.80 mg/l which are significantly different with the lowest recorded in the dry season (t = -3.18, p = 0.0024). The coefficients of variation in the dry season (16.82%) and rainy season (10.04%) indicate that the values are fairly homogeneous in both seasons.

3.1.2 Electrical Conductivity (EC), Salinity (Sa) and Total Dissolved Solid (TDS)

The electrical conductivity, salinity and TDS values of waters are summarized in Table 3. The measured conductivities are all higher than the French standards. They vary from 14.43 to 58.10 mS/cm in the dry season and from 1.5 to 13.72 mS/cm in the rainy season. These values show heterogeneity in their distribution both in the dry season (CV = 43.03%) and rainy season (CV = 83.52%). The respective seasonal averages of 27.42 ± 12.35 mS/cm and 3.61 ± 3.01 mS/cm are significantly different and the highest is obtained in the dry season (t = 10.26, p = 0, 0000).

The salinities values vary from 7.20 to 34.80 g/l (CV = 50.74%) with an average of 14.84 ± 7.53 g/l in the dry season and from 0.90 to 7.60 g/l (CV = 72.01%) with an average of 2.19 g/l in the rainy season. Thus, we note a heterogeneous distribution of salinities and a very significant difference between their seasonal averages, the highest of which is obtained in the dry season (t = 9, p = 0.0000). All salinity values are above WHO standards for drinking water in both seasons.

Total dissolved solids (TDS) values range from 76.70 to 718 g/l with an average of 235.75 ± 200.91 g/l in the dry season and between 7.70 and 71 g/l with an average of 18.49 ± 15.42 g/l in the rainy season. The respective coefficients of variation (85.22% and 83.37%) are high. These values are all above WHO standards for drinking water. The average value in the dry season is very significantly greater than the rainy season's one (t = 5.91, p = 0.0000).

Table 3. Seasonal variation in EC, Sa and TDS values of waters

Statistics	EC (mS/cm)		Salinity (g/l)		TDS (g/l)	
n = 30/season	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Minimum	14.43	1.50	7.20	0.90	76.70	7.70
Maximum	58.10	13.72	34.80	7.60	718.00	71.00
Average	27.42	3.61	14.84	2.19	235.75	18.49
Median	26.40	2.42	13.90	1.65	136.95	12.50
SD	12.35	3.01	7.53	1.58	200.91	15.42
CV (%)	45.03	83.52	50.74	72.01	85.22	83.37
Skewness	1.35	2.14	1.46	2.03	1.30	2.18
Kurtosis	1.45	3.90	1.83	4.01	0.55	4.16
t-test (t ; p)	10.26 ; 0.00000		9.00 ; 0.00000		5.91 ; 0.00000	
Standards	0,18-1		0,1		1	

***DS**: Dry season; **RS**: Rainy season; **CV**: Coefficient of variation; **SD**: Standard deviation*

3.1.3 TRANSPARENCY (TRAN), TURBIDITY (TURB) AND TOTAL SUSPENDED SOLIDS (TSS)

The results of transparency, turbidity and SS are reported in Table 4. The transparency values range from 38.43 to 100% with an average of 75.17 ± 19.39% in the dry season and range from 16.92 to 77.32% with an average of 41.43 ± 16.25 % in rainy season. There is a very significant difference between the seasonal averages with the highest in the dry season (t = 7.30, p = 0.0000). The transparencies vary quite homogeneously in the dry season (CV = 25.80%) and in the rainy season (CV = 39.23%).

Mean turbidity values are 15.19 ± 3.92 NTU in the dry season and 37.36 ± 6.23 NTU in the rainy season. They range from 8.60 to 26.90 NTU and from 26.50 to 51.50 NTU, respectively, and are above WHO standards for drinking water. These variations are fairly homogeneous in the dry season (CV = 25.81%) and in the rainy season (CV = 16.68%). A significant difference (t = -16.50, p = 0.0000) was noted between seasonal averages the lowest in the dry season.

Table 4. Seasonal variation in Transparency, Turbidity and TSS of waters

Statistics	Transparency (%)		Turbidity (NTU)		TSS (mg/l)	
n = 30/season	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Minimum	38.43	16.92	8.60	26.50	1.00	55.00
Maximum	100.00	77.32	26.90	51.50	32.00	108.00
Average	75.17	41.43	15.19	37.36	13.88	77.73
Median	78.94	36.58	14.78	35.95	11.00	75.50
SD	19.39	16.25	3.92	6.23	8.30	13.35
CV (%)	25.80	39.23	25.81	16.68	59.78	17.17
Skewness	-0.53	0.38	1.27	0.87	0.93	0.76
Kurtosis	-0.81	-0.92	2.29	0.54	0.32	0.47
t-test (t ; p)	7.30 ; 0.00000		-16.50 ; 0.00000		-22.26 ; 0.00000	
Standards	-		5		25	

***DS**: Dry season; **RS**: Rainy season; **CV**: Coefficient of variation; **SD**: Standard deviation*

Total suspended solids (TSS) contents range from 1 to 32 mg/l with an average of 13.88 ± 8.30 mg/l in the dry season and from 55 to 108 mg/l with an average of 77.73 ± 13.35 mg/l in the rainy season. The distribution of TSS is quite heterogeneous (CV = 59.78%) in the dry season and homogeneous (CV = 17.17%) in the rainy season. The average dry season content of TSS is significantly lower than the rainy season's one (t = -22.26, p = 0.0000). In the dry season, 83.33% of the values are lower than the French quality standard for fish life while in the rainy season, all values exceed this standard.

3.2 CHEMICAL PARAMETERS OF WATERS

3.2.1 NITROGEN (NO_3^-, NH_4^+) AND PHOSPHORUS (PO_4^{3-}, P) NUTRIENTS

Table 5 shows the orthophosphates (PO_4^{3-}), total phosphorus (P), nitrate (NO_3^-), and ammonium (NH_4^+) contents in water. Average phosphate concentrations (PO_4^{3-}) are 1.0 mg/l in the dry season and 0.6 mg/l in the rainy season. They vary respectively from 0.61 to 2.20 mg/l and from 0.25 to 0.94 mg/l. These values vary heterogeneously in the dry season (CV = 49.53%) and quite homogeneously in the rainy season (CV = 33.31%). The average dry season content is significantly higher than the rainy season's one (t = 4.09, p = 0.0001). In the dry season, all PO_4^{3-} contents are higher than the French standard for drinking water against 70% in the rainy season.

Total phosphorus (P) concentrations range from 0.20 to 0.73 mg/l with an average of 0.33 ± 0.17 mg/l in the dry season against 0.08 to 0.30 mg/l with average of 0.21 ± 0.06 mg/l in the rainy season. Contrary to the dry season (CV = 49.92%), these values show a fairly homogeneous variation in the rainy season (CV = 27.51%). All contents are above the French standard for drinking water in the dry season against 90% in the rainy season. There is a significant difference between seasonal average contents and the highest was obtained in the dry season (t = 3.85, p = 0.0003).

The average ammonium content in the dry season (0.08 ± 0.05 mg/l) is significantly lower (t = -9.92, p = 0.0000) than the rainy season's one (0.30 ± 0.11 mg/l). These contents vary respectively from 0.02 to 0.19 mg/l and from 0.10 to 0.53 mg/l and show a fairly homogeneous variation in the rainy season (CV = 37.13%) contrary to the dry season where it is heterogeneous (CV = 57.31%). It appears that 26.67% of the ammonium contents are higher than the French standard for drinking water in the dry season contrary to 90% in the rainy season.

Table 5. Seasonal variation of nutrient (PO_4^{3-}, P, NH_4^+ and NO_3^-) contents in waters

Statistics	PO_4^{3-} (mg/l)		P (mg/l)		NH_4^+ (mg/l)		NO_3^- (mg/l)	
n = 30/season	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Minimum	0.61	0.25	0.20	0.08	0.02	0.10	0.44	1.59
Maximum	2.20	0.94	0.73	0.30	0.19	0.53	1.30	3.99
Average	1.00	0.60	0.33	0.21	0.08	0.30	0.82	2.26
Median	0.76	0.64	0.25	0.22	0.09	0.31	0.87	2.25
SD	0.50	0.20	0.17	0.06	0.05	0.11	0.20	0.49
CV (%)	49.53	33.31	49.92	27.51	57.31	37.13	24.87	21.61
Skewness	1.43	-0.24	1.31	-0.60	0.25	-0.10	0.13	1.60
Kurtosis	0.65	-1.08	0.31	-0.23	-0.35	0.00	-0.32	4.43
t-test (t ; p)	4.09 ; 0.00013		3.85 ; 0.00029		-9.92 ; 0.00000		-14.84 ; 0.00000	
Satndards	0,5-		0,1		0,1		50	

***DS**: Dry season; **RS**: Rainy season; **CV**: Coefficient of variation; **SD**: Standard deviation*

Nitrate concentrations range from 0.44 to 1.30 mg/l with an average of 0.82 ± 0.20 mg/l in the dry season and from 1.59 to 3.99 mg/l with an average of 2.26 ± 0.49 mg/l in the rainy season. They show fairly homogeneous variation for the respective seasons (CV = 24.87 and 21.61%). The average dry season content is significantly lower than the rainy season one (t = -14.84; 0.0000). All values are below the WHO standard for drinking water which is 50 mg/l.

3.2.2 MAJOR ANIONS (SO_4^{2-}, CL^- AND HCO_3^-)

Table 6 summarizes the results of sulphate (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-) and bicarbonate (HCO_3^-). Sulphate contents (SO_4^{2-}) are between 190 and 2580 mg/l with an average of 681.43 ± 594.45 mg/l in the dry season and between 38.70 and 706.70 mg/l with an average of 131.12 ± 138.59 mg/l in the rainy season. These values are distributed very heterogeneously with CV = 87,23% and CV = 105,70% respectively. The seasonal average contents are significantly different and the highest was obtained in the dry season (t = 4.94, p = 0.0000). During the dry season 83.33% of the values are above the WHO standard for drinking water against 13.33% in the rainy season.

The average chloride concentrations are 8208.98 ± 4168.97 mg/l in the dry season and 1212.26 ± 872.97 mg/l in the rainy season. There is a very significant difference between them and the highest was obtained in the dry season (t = 9, p = 0.0000).

These concentrations vary respectively from 3985.49 to 19263.2 mg/l and from 498.19 to 4206.91 mg/l. The contents are heterogeneously distributed in the dry season (CV = 50.79%) and in the rainy season (CV = 72.01%). All reported values are above the WHO drinking water standard in both seasons.

Table 6. Seasonal variation of major anions (SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-) concentrations in waters

Statistics	SO_4^{2-} (mg/l)		Cl^- (mg/l)		HCO_3^- (mg/l)	
n = 30/season	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Minimum	190.00	38.70	3985.49	498.19	197.21	90.52
Maximum	2580.0	706.70	19263.2	4206.91	384.30	133.22
Average	681.43	131.12	8208.98	1212.26	233.86	112.22
Median	430.00	75.35	7694.23	913.34	221.43	113.58
SD	594.45	138.59	4168.97	872.97	38.86	11.58
CV (%)	87.23	105.70	50.79	72.01	16.62	10.32
Skewness	1.85	2.86	1.46	2.03	2.27	-0.20
Kurtosis	3.12	9.86	1.83	4.01	6.77	-0.49
t-test (t ; p)	4.94 ; 0.00001		9 ; 0.00000		16.43 ; 0.00000	
Standards	250		250		200	

***DS**: Dry season; **RS**: Rainy season; **CV**: Coefficient of variation; **SD**: Standard deviation*

The bicarbonate content ranges from 197.21 to 384.30 mg/l with an average of 233.86 ± 38.86 mg/l in the dry season and from 90.52 to 133.22 mg/l with an average of 112.22 ± 11.58 mg/l in the rainy season. They are homogeneously distributed in the dry season (CV = 16.62%) and rainy season (CV = 10.32%). Seasonal averages contents indicate a very significant difference and the highest one was observed in the dry season (t = 16.43, p = 0.0000). All values recorded in the dry season are above the WHO standard for drinking water contrary to the rainy season where they are all lower.

3.2.3 MAJOR CATIONS (CALCIUM, POTASSIUM, MAGNESIUM AND SODIUM)

Table 7 presents calcium (Ca), potassium (K), magnesium (Mg) and sodium (Na) contents. The mean concentration of calcium (Ca) in the dry season (175.97 ± 111.66 mg/l) is significantly higher (t = 4.01, p = 0.0002) than that obtained in the rainy season (83.04 ± 60.46 mg/l). These contents vary from 40.04 to 452.36 mg/l and from 35.40 to 299.05 mg/l, respectively. They have a heterogeneous distribution in the dry season (CV = 63.46%) and rainy season (CV = 72.80%). The results show that 63.33% of the samples are above the WHO standard for drinking water in the dry season against 20% in the rainy season.

Potassium (K) levels range from 189.86 to 606.57 mg/l with an average of 297.42 ± 112.14 mg/l in the dry season and from 16.38 to 188.26 mg/l with average of 56.21 ± 40.91 mg/l in the rainy season. The seasonal averages contents are significantly different and the highest was observed in the dry season (t = 11.07, p = 0.0000). Concentrations are distributed fairly homogenously in the dry season (CV = 37.70%) and heterogeneous in the rainy season (CV = 72.79%). All potassium contents are above the WHO standard for drinking water in both seasons.

The average concentration of magnesium (Mg) in the dry season (766.86 ± 447.81 mg/l) is significantly higher (t = 7.36, p = 0.0000) than the rainy season's one (162.58 ± 38.19 mg/l). These values vary respectively from 145.02 to 1557.29 mg/l and from 117.01 to 252.10 mg/l. Mg contents are distributed heterogeneously in the dry season (CV = 58.39%) and fairly homogeneous in the rainy season (CV = 23.49%). All recorded values are above WHO standards for drinking water.

Sodium (Na) concentrations are very high in the dry season with an average (2368.06 ± 555.60 mg/l) very significantly higher (t = 20.8, p = 0.0000) than the rainy season's one (249.95 ± 49.19 mg/l) They vary respectively between 1801.02 and 4540.41 mg/l and between 185.08 and 391.63 mg/l with a fairly homogeneous distribution in the dry season (CV = 23.46 mg/l) and rainy season (CV = 19.68 mg/l). All values recorded in the dry season are above WHO standards for drinking water against 90% in the rainy season.

Table 7. Seasonal variation of the major cation (Ca, K, Mg and Na) contents in waters

Statistics	Ca (mg/l)		K (mg/l)		Mg (mg/l)		Na (mg/l)	
n = 30/season	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Minimum	40.04	35.40	189.86	16.38	145.02	117.01	1801.02	185.08
Maximum	452.36	299.05	606.57	188.26	1557.29	252.10	4540.41	391.63
Average	175.97	83.04	297.42	56.21	766.86	162.58	2368.06	249.95
Median	139.51	68.58	278.24	45.31	643.75	158.56	2318.41	237.54
SD	111.66	60.46	112.14	40.91	447.81	38.19	555.60	49.19
CV (%)	63.46	72.80	37.70	72.79	58.39	23.49	23.46	19.68
Skewness	0.83	2.13	1.35	1.78	0.31	0.92	2.42	1.35
Kurtosis	0.06	4.92	1.73	2.90	-1.37	0.00	7.79	1.46
t-test (t ; p)	4.01 ; 0.00018		11.07 ; 0.00000		7.36 ; 0.00000		20.8 ; 0.00000	
Standards	100		12		50		200	

***DS**: Dry season; **RS**: Rainy season; **CV**: Coefficient of variation; **SD**: Standard deviation*

The average concentration of magnesium (Mg) in the dry season (766.86 ± 447.81 mg/l) is significantly higher (t = 7.36, p = 0.0000) than the rainy season's one (162.58 ± 38.19 mg/l). These values vary respectively from 145.02 to 1557.29 mg/l and from 117.01 to 252.10 mg/l. Mg contents are distributed heterogeneously in the dry season (CV = 58.39%) and fairly homogeneous in the rainy season (CV = 23.49%). All recorded values are above WHO standards for drinking water.

Sodium (Na) concentrations are very high in the dry season with an average (2368.06 ± 555.60 mg/l) very significantly higher (t = 20.8, p = 0.0000) than the rainy season's one (249.95 ± 49.19 mg/l) They vary respectively between 1801.02 and 4540.41 mg/l and between 185.08 and 391.63 mg/l with a fairly homogeneous distribution in the dry season (CV = 23.46 mg/l) and rainy season (CV = 19.68 mg/l). All values recorded in the dry season are above WHO standards for drinking water against 90% in the rainy season.

3.2.4 HYDROCHEMICAL FACIES OF THE HYDROSYSTEM LAKE TOGO-LAGOON OF ANÉHO WATERS

Figure 2 shows the Piper diagram of the hydrosystem Lake Togo-Lagoon of Aného waters. The analysis of this diagram allowed to identify the different hydrochemical facies of the waters and their variations during the seasons. Indeed, in the cations' triangle, the majority of the waters are oriented towards the sodium potassium pole against a minority (mainly located in the north of Lake Togo) which tends towards a state of equilibrium between the cations in dry season. This last trend is realized in the rainy season where there is no dominant cation in all of the waters. In addition, in the anions' triangle, there is a strong localization at the chlorinated pole both in the dry season and rainy season for all samples. The synthesis of the information contained in the two triangles in the lozenge which includes all ions, shows that in the dry season, the water of the hydrosystem Lake Togo-Lagoon of Aného presents mostly a chloride sodium facies whereas in the rainy season it changes to chloride calcium facies. This confirms the influence of seasons on the chemical compositions dynamic of this hydrosystem waters.

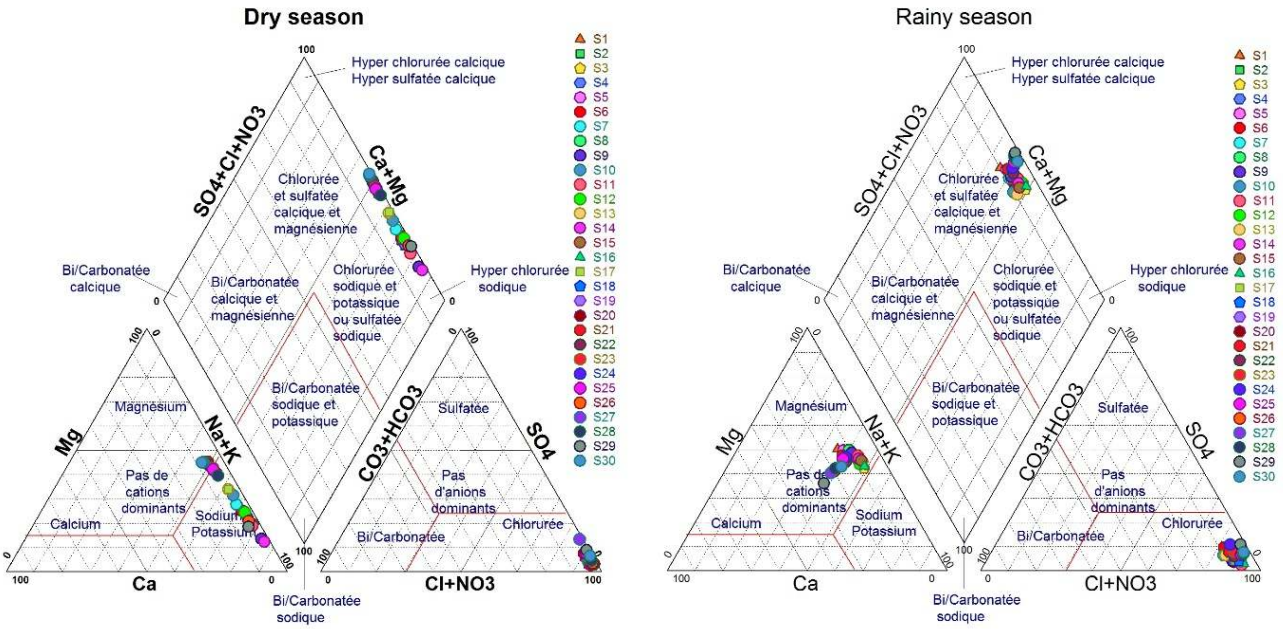


Fig. 2. Piper's diagram of lagoon complex waters in dry season and rainy season

3.3 TYPOLOGY OF THE HYDROSYSTEM LAKE TOGO-LAGOON OF ANÉHO WATER

The typological analysis of the waters allowed to highlight the relationship between the studied variables and their possible common sources as well as the similarities between the different sites prospected. This study was conducted through a Principal Component Analysis (PCA) on a data matrix containing 20 variables and 30 cases per season.

3.3.1 EIGEN VALUE AND TOTAL VARIANCE EXPLAINED

The eigenvalues, the percentages of variances explained and the cumulative variances for the two seasons are presented in Table 8.

Table 8. Eigenvalues and percentage of variance explained for dry and rainy seasons

	Dry season				Rainy season			
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
Eigen values	10.51	2.58	1.7	1.3	9.61	3.94	2.06	1.32
% Total variance	52.54	12.92	8.48	6.52	48.03	19.72	10.3	6.6
% Cumulative variance	52.54	65.46	73.93	80.46	48.03	67.75	78.05	84.65

It appears that the 4 factors explain 80.46% of the total variance in the dry season with include F1: 52.54%; F2: 12.92%; F3: 8.48%; F4: 6.52% and 84.65% of the total variance in the rainy season including F1: 48.03%; F2: 19.72%; F3: 10.3%; F4: 6.6%. The variances explained by the couple F1xF2 are 65.46% in the dry season and 67.75% in the rainy season. Thus, it appears that these factorial planes are capable to restore most of the information contained in the data concerning the factors controlling the physicochemical evolution of the waters. The analysis of these factorial planes will be supplemented by the relic information contained in the factors F3 and F4 (Table 9). Table 9 shows the coefficients of correlation between the variables and the factorial axes in the dry season and rainy season.

Table 9. Correlation coefficients of variables with factorial axes

	Dry season					Rainy season			
	F1	F2	F3	F4		F1	F2	F3	F4
TDS	**-0.95**	-0.09	0.24	-0.01	EC	**-0.99**	0.00	-0.02	0.00
Cl	**-0.95**	-0.14	0.19	-0.07	Sa	**-0.98**	-0.07	0.05	-0.01
Sa	**-0.95**	-0.15	0.19	-0.08	TDS	**-0.99**	0.00	-0.02	0.00
EC	**-0.95**	-0.14	0.19	-0.11	Cl	**-0.98**	-0.07	0.05	-0.01
P	**-0.94**	0.14	0.16	0.07	Ca	**-0.98**	0.08	0.01	-0.03
PO4	**-0.93**	0.15	0.16	0.06	K	**-0.98**	-0.13	0.01	0.03
SO4	**-0.86**	-0.04	-0.05	0.10	Na	**-0.97**	-0.10	0.05	0.05
K	**-0.84**	-0.13	-0.46	-0.14	SO4	**-0.94**	0.03	-0.03	0.04
Ca	**-0.81**	-0.12	-0.47	-0.22	Mg	**-0.93**	0.05	-0.02	0.11
Na	**-0.76**	-0.22	0.03	0.19	HCO3	**-0.66**	-0.41	0.29	0.03
pH	**-0.73**	-0.24	-0.01	0.11	NH4	**0.63**	-0.48	0.27	0.15
Mg	**-0.71**	-0.10	-0.48	-0.33	PO4	-0.14	**-0.89**	0.26	0.18
NH4	**0.70**	0.00	0.31	0.03	TSS	0.16	**-0.82**	-0.41	-0.18
TSS	-0.14	**0.92**	-0.13	0.05	Turb	0.16	**-0.80**	-0.43	-0.19
Turb	-0.30	**0.76**	-0.24	0.34	Tran	0.08	**0.78**	0.32	0.31
Tran	0.50	**-0.66**	0.17	-0.11	P	-0.02	**-0.72**	0.29	0.39
DO	0.42	**-0.53**	-0.32	0.40	DO	-0.10	-0.04	**-0.79**	0.06
HCO3	-0.57	0.01	**0.65**	0.20	pH	-0.26	0.05	**-0.66**	0.45
T°C	0.34	0.02	0.09	**-0.68**	T°C	0.15	0.31	-0.41	**0.63**
NO3	0.06	0.44	0.29	**-0.48**	NO3	0.34	-0.40	0.23	**0.57**

3.3.2 CORRELATION MATRIX

Table 10 presents the correlation matrices between the physicochemical parameters of the water in the dry season (A) and rainy season (B). In the dry season, significant and positive correlations were obtained between pH and EC, salinity, TDS, PO_4^{3-}, P, SO_4^{2-}, Cl^-, Ca, K, Mg and Na. Only NH_4^+ is negatively correlated with pH (r = -0.68). This correlation decreases in the rainy season and is may be related to disturbances caused by river inputs and precipitation. In the dry and rainy seasons, EC, salinity and TDS are significantly and positively correlated with SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-, Ca, K, Mg, Na and negatively with NH_4^+. Transparency has a significantly negative correlation with TSS and turbidity, respectively, in both seasons. In the dry season, there are significant and positive correlations between phosphorus (PO_4^{3-}, P) nutrients and SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-, Ca, K, Mg, Na. These correlations become very low or even nil in the rainy season except between PO_4^{3-} and HCO_3^-. In addition, the significantly negative correlations observed between NH_4^+ and phosphorus components (PO_4^{3-}, P) in the dry season become positive in the rainy season. This illustrates the influence of seasons on the physicochemical quality of the waters.

Table 10. Correlation matrix between physicochemical parameters

		B : Rainy season																			
		T°C	pH	EC	Sa	TDS	Tran	Turb	TSS	DO	PO4	P	NH4	NO3	SO4	Cl	HCO3	Ca	K	Mg	Na
A : Dry season	T°C	1	**0.37**	-0.11	-0.17	-0.12	0.26	-0.09	-0.11	0.15	-0.27	-0.18	-0.06	0.11	-0.04	-0.17	-0.35	-0.16	-0.16	-0.08	-0.12
	pH	-0.31	1	0.24	0.19	0.23	-0.02	0.07	0.1	**0.48**	-0.09	0.01	-0.26	-0.15	0.26	0.19	0.07	0.24	0.21	0.35	0.21
	EC	-0.24	**0.66**	1	**0.98**	**1,00**	-0.06	-0.12	-0.13	0.1	0.11	0,00	**-0.63**	-0.3	**0.94**	**0.98**	**0.6**	**0.95**	**0.98**	**0.89**	**0.96**
	Sa	-0.25	**0.66**	**1,00**	1	**0.98**	-0.1	-0.08	-0.09	0.02	0.19	0.07	**-0.57**	-0.27	**0.94**	**1,00**	**0.62**	**0.94**	**0.98**	**0.88**	**0.97**
	TDS	-0.31	**0.74**	**0.96**	**0.96**	1	-0.06	-0.13	-0.13	0.1	0.11	0,00	**-0.62**	-0.3	**0.94**	**0.98**	**0.6**	**0.96**	**0.98**	**0.89**	**0.96**
	Tran	0.19	-0.18	**-0.37**	**-0.37**	**-0.37**	1	**-0.72**	**-0.73**	-0.26	**-0.6**	-0.33	-0.17	-0.05	-0.06	-0.1	-0.24	-0.03	-0.16	-0.03	-0.15
	Turb	-0.24	0.08	0.11	0.11	0.16	**-0.65**	1	**0.98**	0.24	**0.49**	0.31	**0.39**	0.2	-0.15	-0.08	0.03	-0.24	-0.05	-0.23	-0.08
	TSS	-0.09	-0.12	-0.05	-0.04	0.01	**-0.63**	**0.71**	1	0.22	**0.54**	**0.37**	**0.36**	0.17	-0.14	-0.09	0.09	-0.24	-0.06	-0.24	-0.11
	DO	-0.16	-0.21	**-0.44**	**-0.43**	**-0.43**	**0.46**	-0.32	**-0.44**	1	-0.15	-0.13	-0.26	-0.04	0.07	0.02	-0.08	0.12	0.1	0.13	0.03
	PO4	-0.27	**0.68**	**0.85**	**0.86**	**0.91**	**-0.46**	**0.39**	0.26	**-0.47**	1	**0.83**	**0.36**	**0.4**	0.08	0.19	**0.59**	0.06	0.24	0.13	0.24
	P	-0.29	**0.69**	**0.86**	**0.86**	**0.92**	**-0.48**	**0.38**	0.26	**-0.48**	**0.99**	1	**0.39**	**0.43**	0,00	0.07	0.34	-0.05	0.11	-0.01	0.07
	NH4	0.18	**-0.68**	**-0.58**	**-0.58**	**-0.62**	**0.39**	-0.31	-0.1	0.14	**-0.58**	**-0.61**	1	**0.52**	**-0.57**	**-0.57**	-0.12	**-0.62**	**-0.54**	**-0.58**	**-0.51**
	NO3	0.09	-0.17	-0.05	-0.07	-0.02	-0.07	0.03	0.36	-0.29	-0.02	-0.03	0,00	1	-0.32	-0.27	-0.05	**-0.37**	-0.22	-0.31	-0.22
	SO4	-0.25	**0.54**	**0.78**	**0.79**	**0.76**	**-0.39**	0.25	0.16	-0.25	**0.82**	**0.81**	**-0.44**	-0.2	1	**0.94**	**0.53**	**0.95**	**0.92**	**0.83**	**0.88**
	Cl	-0.25	**0.66**	**1,00**	**1,00**	**0.96**	**-0.37**	0.12	-0.04	**-0.43**	**0.86**	**0.86**	**-0.58**	-0.07	**0.8**	1	**0.62**	**0.94**	**0.98**	**0.88**	**0.97**
	HCO3	-0.33	0.31	**0.64**	**0.64**	**0.69**	-0.22	0.1	0.01	-0.23	**0.63**	**0.64**	-0.15	0.17	**0.47**	**0.64**	1	**0.62**	**0.67**	**0.66**	**0.65**
	Ca	-0.25	**0.53**	**0.72**	**0.72**	**0.67**	**-0.36**	0.18	0.06	-0.18	**0.64**	**0.64**	**-0.62**	-0.08	**0.72**	**0.72**	0.19	1	**0.94**	**0.92**	**0.91**
	K	-0.25	**0.58**	**0.73**	**0.74**	**0.69**	**-0.36**	0.21	0.07	-0.16	**0.69**	**0.69**	**-0.64**	-0.16	**0.78**	**0.74**	0.2	**0.98**	1	**0.89**	**0.97**
	Mg	-0.22	**0.43**	**0.63**	**0.61**	**0.57**	-0.35	0.11	0.03	-0.21	**0.51**	**0.52**	**-0.56**	0.02	**0.55**	**0.61**	0.14	**0.95**	**0.88**	1	**0.92**
	Na	-0.35	**0.58**	**0.73**	**0.75**	**0.72**	-0.31	0.08	-0.08	-0.21	**0.62**	**0.65**	**-0.57**	-0.22	**0.73**	**0.75**	**0.39**	**0.55**	**0.59**	**0.41**	1

3.3.3 VARIABLES AND CASES PROJECTION IN THE F1xF2 PLANE

The analysis of the factorial plane F1xF2 resulting from the projection of the variables and characterized by a correlation circle (Figure 3) reveals that in the dry season the factorial axis F1 is defined in its negative part by CE, Sa, TDS, P, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^-, K, Ca, Na, pH, Mg and in its positive part by NH_4^+. The factorial axis F2 is defined in its positive part by TSS and turbidity while its negative part is characterized by transparency (Tran) and dissolved oxygen (OD). In the rainy season, the factorial axis F1 is defined by CE, Sa, TDS, Cl, Ca, K, Na, SO_4^{2-}, Mg, HCO_3^-, in its negative part and by NH_4^+ in its positive part. The main contributors of the F2 axis are PO_4^{3-}, TSS, Turbidity (Turb) and P in its negative part and transparency in its positive part. Thus, the factorial axis F1 defines a gradient of mineralization and enrichment in dissolved salts and organic matter both in dry and rainy seasons. In addition, there is a seasonal rhythm with in relation to the factorial axis F2 characterized by a pole inversion of the parameters (TSS/Turbidity) and the Transparency followed by a rapprochement between the couples PO_4^{3-}/P and TSS/Turbidity in the rainy season. In addition, Table 9 indicates that the F4 axis is negatively defined by the NO_3^- and the temperature (T °C) in the dry season and positively in the rainy season.

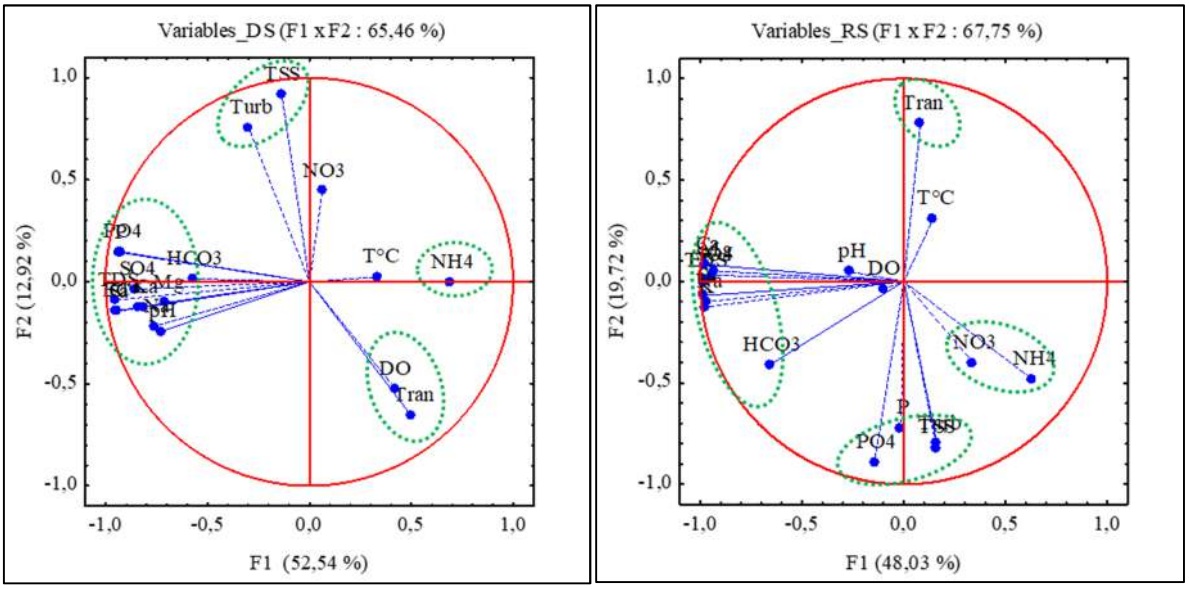


Fig. 3. Variables projection in the F1xF2 factorial plane in the dry season (DS) and rainy season (RS)

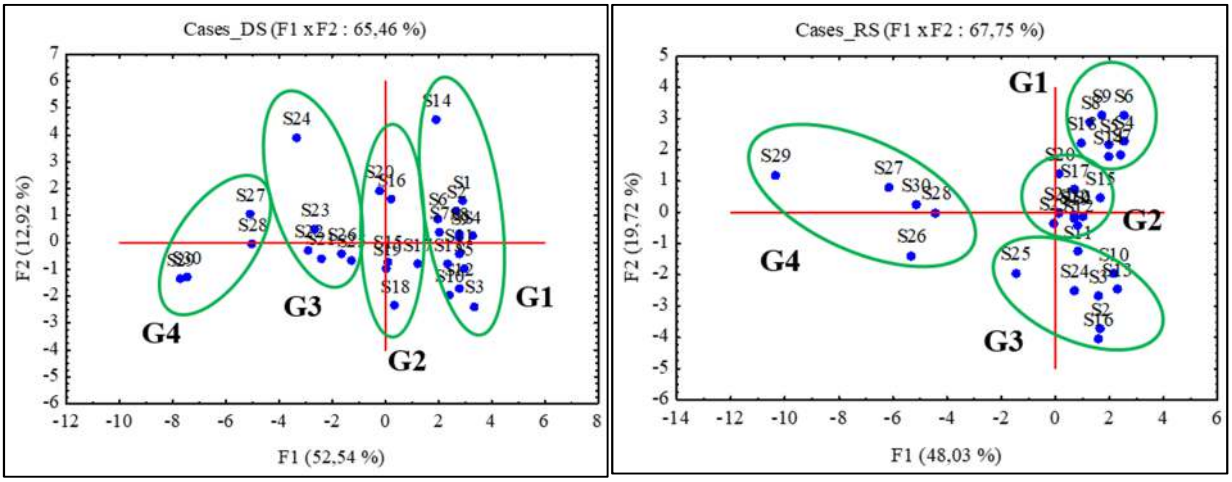


Fig. 4. Cases (sites) projection in the F1xF2 factorial plane in the dry season (DS) and rainy season (RS)

The projection of observations in the F1xF2 factorial plane (Figure 4), in the dry season, allows to distinguish four types of water according to their physicochemical characteristics. The first type (G1) regrouping the sites S1-S14, located in the north-west of Lake Togo, is characterized by weakly mineralized water, more concentrated in ammonium (NH_4^+), in dissolved oxygen and more transparent with particularly the site S14 which is very turbid and concentrated in TSS. The second type (G2) is composed of sites located in South-East of Lake Togo (S15-S20). These waters are moderately mineralized and have fairly high levels of NH_4^+ and dissolved oxygen with medium transparency. The third type (G3) corresponding mainly to the sites of the lagoon of Togoville (S21-S26) is characterized by fairly strong mineralization, low levels of NH_4^+ and dissolved oxygen with lower transparency. However, the site S24 is very turbid and very concentrated in TSS. The fourth type (G4) corresponds to the lagoon of Aného waters. They are highly mineralized, less transparent with low levels of NH_4^+ and dissolved oxygen. In the rainy season four types of water have been identified. The first type (G1) is characterized by weakly mineralized and more transparent waters with low levels of NH_4^+, PO_4^{3-}, P, TSS and low turbidity. The second type (G2) is characterized by low mineralization of water. These waters have medium transparency and turbidity with average contents of NH_4^+, PO_4^{3-}, P and TSS. The third type (G3) includes weakly mineralized and less transparent waters with higher levels of NH_4^+, PO_4^{3-}, P and TSS. The fourth type (G4) is characterized by high mineralized waters with lower levels of NH_4^+, PO_4^{3-}, P. Thus, there is a global gradient of increasing mineralization of the lagoon's waters from upstream to downstream.

4 DISCUSSION

Temperature is one of the most important ecological factors in aquatic ecosystems. It is involved in most physicochemical and biological processes [23], [24]. Indeed, it acts on pH, density, viscosity, solubility of the gases in the water and dissociation of the dissolved salts [18]. In addition, temperature influences biochemical reactions, development and growth of aquatic organisms [25]. According to [26], an increase in temperature promotes self-purification and sedimentation of total suspended solids. Compared to the French standard for drinking water set at 25 °C, the waters of the lagoon complex are unfit for human consumption [27]. However, they are characteristic of tropical lagoon water temperatures that vary between 25 and 35 °C depending on the season [28], [29], [30]. Favorable temperatures to a good growth of the fish species widely raised are between 24 and 35 °C [31]. The variation in water temperature is directly related to local climatic conditions, water flows, influence of tides and seasons [17], [32], [5]. In fact, the low temperatures recorded in the rainy season are due to the fresh wind of the monsoon while the intense sunshine in the dry season would be the cause of the temperature increase. This is in accordance with other studies in the topical area [3], [4], [5], [33]. The homogeneity of the temperatures distribution in any season would be due to a small thickness of water easily traversed by the solar rays associated with a regular natural and anthropic mixing [17], [34], [29].

pH is one of the important parameters that influences the behavior and distribution of chemical elements in aquatic ecosystems [23]. The pH values obtained during the two seasons are globally in accordance with the WHO standards for drinking water set between 6.5 and 9.5 [35] and with natural water pH which is between 6 and 8, 5 [23] with the exception of S17 in the rainy season. The lowest pH values recorded in the rainy season and the homogeneity of their distributions in both seasons have also been reported in other tropical lagoons [29], [36], [3], [4], [37], [38]. The pH variation is related to salinity's one. Thus, unlike the waters of continental origin which are acidic, those of marine origin are basic [17], [34], [29]. The acidity of the waters in the rainy season is directly due to acid rain and continental waters through the flood of rivers Haho and Zio [29], [37]. Also, [39] indicate that the acidity of inland waters is due to the supply of humic acids from soil leaching. The increase in pH in the dry season is due to evaporation and the influence of more alkaline ocean waters loaded with dissolved salts [40], [37]. This oceanic influence is confirmed by the increase in pH downstream of the lagoon complex. In addition, according to [41], the pH of surface water depends on the concentration of CO_2. Thus, unlike photosynthesis which increases the pH, the phenomenon of respiration and the mineralization of organic matter leads to its decrease by the production of CO_2. The pH values recorded during this study are favorable to a good development of aquatic life. The values between 5 and 9 are compatible with the life of fishes. However, the favorable pH range for most aquatic species is between 6 and 7.2 [42], [18].

Dissolved oxygen from surface water comes mainly from the atmosphere and photosynthetic activity of aquatic chlorophyllous plants [42]. The average dissolved oxygen content in the rainy season is higher than the dry season's one. This variation was observed by [43] and [37] respectively in the Grand-Lahou and Aby lagoons in Côte d'Ivoire. The same observation was made for the surface waters of Oued Moulouya in Morocco [44]. The concentration of dissolved oxygen in the water decreases as the temperature increases. This is due to its lower solubility, but also to its increased consumption by living beings and the multiplying bacteria [45], [18]. Lower levels of dissolved oxygen have been found in some lagoons in tropical areas [3], [4], [37], [5], [33]. The waters of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného are relatively aerated. In fact, dissolved oxygen levels are compatible with fish life according to European standards set between 5 and 7 mg/l [18]. These high levels could be explained by a continuous mechanical mixing of the water due to the tide movement during the low water period, the high flow of the continental waters during the rivers floods and the wind. Also, can we mention the photosynthetic activity of phytoplanktonic organisms [17], [20]. The minimum levels for the survival of salmonid fish and cyprinids are 4 mg/l and 6 mg/l, respectively [27]. A dissolved oxygen content which is less than 2 mg/l leads to the death of many aquatic organisms [46].

The conductivity, salinity and TDS variabilities are similar considering that these parameters are very significantly and positively correlated (Table 10). Based on the values of conductivity, salinity and TDS, the waters of the hydrosystem are unfit for human consumption according to the WHO standards for drinking water which are respectively 0.18-1 mS/cm, 0.1 g/l and 1 g/l [47], [27], [48] during the two seasons. The measured values are similar to other coastal lagoons and estuarine ecosystems [20], [4], [49], [33]. The high values obtained during the dry season are due to a strong marine influence during high tides, causing saline and very mineralized water to rise upstream. The significant decrease in values in the rainy season is explained by the entry of fresh continental waters via the rivers Haho and Zio associated with direct rainfall on the lagoon complex [17], [34], [3], [37]. With conductivity values above 1500 µS/cm, these waters are unsuitable for irrigation and watering [42]. However, in times of flooding the salinity ends up canceling associated to low conductivities which make them very favorable to watering and irrigation of crops often practiced on the banks of Lake Togo. According to [50], salinity values greater than 7 g/l cause the inhibition of the growth of *Eichhornia crassipes* (water hyacinths). This explains the colonization of lagoon's waters by this species only during the rainy season when salinity tends to zero.

Suspended matter contents and turbidity values are significantly and positively correlated (Table10). The measured values are similar to those found by other authors according to the seasons [4], [5], [33], [38]. They are, however, superior to those found by [37] in the Aby lagoon in Côte d'Ivoire. The significant difference obtained between the values of the dry season and those of the rainy season could be due to a sudden hydrological manifestation whose load in TSS is attributed to an intense erosion of the watershed, after rains [44]. Thus, the high values of turbidity and TSS recorded during the rainy season are due to the sedimentary particles transported by the Haho and Zio rivers, to the resuspension of the particles deposited at the bottom by strong mechanical mixing of the water due to the winds of monsoon and to high flow rates [17], [30], [3]. According to [18], turbidity is related to the presence of various organic particles, clay, colloids, plankton, etc. The increase in turbidity and levels of TSS causes a decrease in the transparency of the water. Indeed, this prevents the penetration of light, decreases photosynthesis and dissolved oxygen, compromises the development of aquatic life by creating imbalances between the various species. The asphyxiation of the fish, by clogging of the gills, is often a direct consequence of the high levels of TSS [51], [52], [18]. Although acceptable in the dry season, the waters of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného are unfit for consumption and are likely to compromise the fish life according to the French standard which is 25 mg/l [27].

Orthophosphates are anions easily fixed by the soil. Their natural presence in the waters is related to the characteristics of the lands crossed and the decomposition of the organic matter [18]. The orthophosphate and total phosphorus contents recorded are positively and very significantly correlated (Table 10) and are higher than those found in Lake Zowla in Togo [3], in Aby lagoon [37] and Aghien lagoon [30], [38] in Côte d'Ivoire. On the other hand, they are lower than the concentrations recorded in Lake Ahémé in Benin [4]. In the dry season, orthophosphates would mainly come from the intrusion of marine waters loaded with phosphate effluents discharged into the sea. However, in the rainy season they would be due to the entry of inland waters via the Haho river, which is responsible for the leaching of mining and agricultural soils. According to [18], surface water can be contaminated by industrial and domestic discharges or by the leaching of agricultural land containing phosphate fertilizers or treated with phosphorus pesticides. The total phosphorus levels found in the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného are much higher than those of natural waters, which are between 0.005 and 0.02 mg/l [23]. The French standards recommend for PO_4^{3-} and P the respective guide values of 0.5 and 0.1 mg/l for drinking water [27]. Generally, the problems of eutrophication of water are announced starting from the contents oscillating between 0,34 and 0,7 mg/l of phosphorus [23], [5]. This phenomenon is observed in the lagoon complex where there is a proliferation of phytoplankton and macrophytes such as *Eichhornia crassipes* in the rainy season when the salinity is low [50].

Ammonium is often found in water and usually results in a process of incomplete degradation of organic matter. It can originate from plant matter in streams, animal or human organic matter, industrial waste, fertilizers, etc. [18]. The ammonium contents recorded in the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného are low. However, they degrade the water quality in the rainy season in accordance with the French quality standard for drinking water set at 0.1 mg/l [27]. At corresponding period, they are similar to those found in Zowla Lake in Togo [3], Aby lagoon [37] and Fresco lagoon [29] in Côte d'Ivoire. In addition, these levels are lower than those recorded in the Aghien lagoon in Côte d'Ivoire [30] and in Lake Nokoué in Benin [53], [33]. These low contents can be explained by a good aeration of the hydrosystem (Table 2) which allows a faster oxidation of the animal and plant organic matter of the hydrosystem. Regarding toxicity for fish fauna, it is known that it is ammonia (non-ionized form (NH_3)) which is toxic and not ammonium (ionized form (NH_4^+)) and that the proportion of NH_3 depends on the pH and temperature [18]. According to [54], ammoniacal nitrogen remains in the ionized form (NH_4^+) without major danger to aquatic life, as long as the pH remains below 8. Lavoie *et al*. [55] confirm that ammonium NH_4^+ passes in its toxic form when the pH is high. By comparing the pH values recorded (5.59 to 7.71) with the long-term sensitivity threshold set at 0.3 mg/l of NH_3 regardless of the fish life [18], it appears that the waters of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného pose little danger regarding ammonia (NH_3) toxicity.

Nitrates are the final stage of nitrogen oxidation. The nitrate levels found in the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného are low and are distributed fairly homogeneous over the two seasons. They are favorable for human consumption according to the WHO standard for drinking water which is 50 mg/l [48]. These levels are higher than those obtained in Lake Zowla in Togo [3] and in the Grand-Lahou lagoon in Côte d'Ivoire [49]. On the other hand, they are well below the concentrations recorded in Lake Ahémé [4] and Lake Nokoué [53] in Benin and then in the Fresco lagoon in Côte d'Ivoire [29]. The increase in nitrate levels during the rainy season can be explained by the drainage and leaching of the agricultural soils of the watershed where nitrogen fertilizers are irrationally used and the resuspension of nitrate from sediments [56]. The low levels of nitrate recorded may be related to the action of the aquatic microflora likely to use them for the synthesis of new organic molecules. In excess, nitrates participate in eutrophication phenomena with phosphorus [18].

The sulphate (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-) and bicarbonate (HCO_3^-) contents are significantly and positively correlated with conductivity, salinity and TDS (Table 10). The high concentrations recorded in the dry season are due to the intrusion of very concentrated marine waters in major anions, especially during low-water periods of the hydrosystem and high tides. The

decrease in the rainy season is mainly due to a dilution of the lagoon waters by those of the Haho and Zio rivers. Indeed, these rivers and their tributaries have lower levels of major anions [17], [21]. For the quality of drinking water, the WHO sets the guideline values for sulphates, chlorides and bicarbonates at 250; 250 and 200 mg/l respectively [48]. Thus, in the rainy season, the arrival of river waters considerably reduces the influence of the sea and favors the decrease of concentrations. There is also a significant and positive correlation between major cations (Ca, K, Mg, Na) and conductivity, salinity and TDS (Table 10). These correlations attribute to them the same variabilities. Indeed, the highest levels recorded downstream in the lagoon of Aného, unlike those found upstream at the mouths of the Haho and Zio rivers, indicate an intrusion of marine waters highly concentrated in major cations [17], [21]. It is known that the major element contents of littoral aquatic ecosystems are generally depend on the inputs of the ocean and inland waters [17], [34]. The levels of Ca, K, Mg and Na recommended by WHO for drinking water are 100, 12, 50 and 200 mg/l respectively [48]. It thus appears that the waters of the lagoon complex are globally unfit for human consumption regarding the levels obtained.

The opposition of ammonium to mineralization parameters on the F1 axis during both seasons (Figure 3) indicates that two different processes explain their presence in the water. Indeed, ammonium would come from the mineralization of organic matter in the hydrosystem and on the continent and brought by the rivers Haho and Zio. As for the parameters of mineralization and dissolved salts, they are mainly brought by marine waters, especially during low water periods [17]. In addition, the main source of total phosphorus and orthophosphate in the dry season is marine whereas in the rainy season it is continental and is due to the leaching of mining and agricultural soils where phosphorus fertilizers are irrationally used. This explains their good correlation with TSS and Turbidity brought by floodwater during the rainy season (Figure 3). The sites that are under the permanent influence of the sea, whatever the season, are located in the lagoon of Aného. During the dry season, the marine intrusion reaches upstream of the lagoon complex while in the rainy season the marine influence is limited to lagoon of Aného because of inland waters (Figure 4). The physicochemical parameters studied show that the waters of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného are chloride sodium type in the dry season and chloride calcium type in the rainy season (Figure 2). This variation can be explained by the seasonal dynamics of the hydrosystem hydrology. These results are in accordance with those obtained by [17] in the same hydrosystem and by [5] in the lagoon system of Lomé. According to [17], sodium chloride is the most dominant salt in the waters from the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného.

5 CONCLUSION

This study allowed to determine the physicochemical characteristics and the level of mineral and organic pollution of the hydrosystem Lake Togo-lagoon of Aného in accordance with quality standards. The hydrochemistry of this ecosystem is strongly influenced by continental and oceanic waters, which are in turn controlled by the seasons. Indeed, in the dry season, there is a mineral and organic contamination due to the intrusion of ocean waters heavily loaded with dissolved salts (Mg, Na, Cl^-, and SO_4^{2-}) and phosphorus nutrient salts (PO_4^{3-}, P) to the north-west of Lake Togo. This is characterized by very high conductivity, salinity and TDS values. These phosphorus elements are mainly due to the discharge of phosphate effluents into the sea. In the rainy season, the contamination is mainly organic with the entry of the continental waters which bring the nitrogen and phosphorus nutrients (PO_4^{3-}, P, NH_4^+, NO_3^-) after leaching agricultural and mining soils. These waters which are less concentrated in dissolved salts considerably reduce their contents by dilution effect. Although nutrient levels are low, they are higher than natural water concentrations. This is a threat of eutrophication of the hydrosystem which is already manifested by the proliferation of water hyacinths on the water surface once the salinity conditions allow it. It is therefore essential to pay particular attention to the quality of this ecosystem for the socio-economic well-being of local populations. This will involve regular monitoring of the physicochemical parameters of the waters and actions limiting the input of phosphorus and nitrogen nutrients and organic matter.

REFERENCES

[1] J. V. Rao, P. Kavitha, K. Srikanth, P. K. Usman and T. G. Rao, "Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponge, Sigmadocia fibulata inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India". *Toxicological and Environmental Chemistry*, Vol. 89, no. 3, pp. 487-498, 2007.

[2] R. D'adamo, M. Di Stasio, A. Fabbrocini, F. Petitto, L. Roselli and M. G. Volpe, "Migratory crustaceans as biomonitors of metal pollution in their nursery areas : The Lesina lagoon (SE Italy) as a case study". *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 143, no. 1-3, pp. 15-24, 2008.

[3] K. Atanlé, M. L. Bawa, K. Kokou and G. Djanéyé-Boundjou, "Caractérisation physico-chimique et diversité phytoplanctonique des eaux du lac de Zowla (Lac Boko), Togo ". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 6, no. 1, pp. 543-558, 2012.

[4] C. A. Dèdjiho, D. Mama, L. Tomètin, I. Nougbodé, W. Chouti, C. K. D. Sohounhloué and M. Boukari, "Évaluation de la qualité physico-chimique de certains tributaires d'eaux usées du lac Ahémé au Bénin". *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 70, no. pp. 5608-5616, 2013.

[5] M. Ayah, M. Grybos, L. Tampo, L. M. Bawa, H. Bril and G. Djaneye-Boundjou, "Qualité et pollution des eaux d'un hydrosystème littoral tropical : cas du système lagunaire de Lomé, Togo". *European Scientific Journal, ESJ*, Vol. 11, no. 15, pp. 95-119, 2015.

[6] Albaret J.-J., *Les poissons: biologie et peuplements*. In J.-R. Durand, P. Dufour, D. Guiral and S. G. F. Zabi, Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire : Les milieux lagunaires. Tome 2, ORSTOM, Paris, pp. 239-279, 1994.

[7] Baran E., *Rôle des estuaires vis-a-vis de la ressource halieutique côtiere en Guinée*. In F. Domain, C. P and D. A, La pêche côtière en Guinée: ressources et exploitation. pp. 137-157, 1999.

[8] G. C. Smith and J. D. Parrish, "Estuaries as nurseries for the jacks Caranx ignobilis and Caranx melampygus (Carangidae) in Hawaii". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 55, no. 3, pp. 347-359, 2002.

[9] Kouassi A. M., *Hydrochimie et qualité des eaux de deux lagunes tropicales de Côte d'Ivoire (Ebrié, Grand Lahou)*. Thèse de Doctorat, Université de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire, 147 p., 2005.

[10] R. J. T. Klein and R. J. Nicholls, "Assessment of coastal vulnerability to climate change". *Ambio*, Vol. 28, no. 2, pp. 182-187, 1999.

[11] Benmessaoud F., *Qualité physico-chimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire du Bou Regreg et impact sur la biologie et la démographie de Venerupis decussata (LINNE, 1758) et Cardium edule (LINNE, 1767)*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohamed V, Agdal, Maroc, 306 p., 2007.

[12] R. Ogutu-Ohwayo, R. E. Hecky, A. S. Cohen and L. Kaufman, "Human impacts on the African great lakes". *Environmental Biology of Fishes*, Vol. 50, no. 2, pp. 117-131, 1997.

[13] P. A. G. M. Scheren, C. Kroeze, F. J. J. G. Janssen, L. Hordijk and K. J. Ptasinski, "Integrated water pollution assessment of the Ebrié lagoon, Ivory Coast, West Africa". *Journal of Marine Systems*, Vol. 44, no. 1-2, pp. 1-17, 2004.

[14] Chambers P. A., Kent R., Charlton M. N., Guy M., Gagnon C., Roberts E., Grove E. and Foster N., *Nutrients and their impact on the Canadian environment*., Environment Canada, Ottawa, Ontario, 271 p., 2001.

[15] J.-G. Jiang and Y.-F. Shen, "Estimation of the natural purification rate of a eutrophic lake after pollutant removal". *Ecological Engineering*, Vol. 28, no. 2, pp. 166-173, 2006.

[16] Millet B., *Etude de quelques caractéristiques hydrologiques et hydrochimiques du système lagunaire du lac Togo: années 1981 et 1982*. edition, ORSTOM, Lomé, 134 p., 1983.

[17] Millet B., *Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical: le lac Togo*. ORSTOM edition, Collection Etudes et Thèses, Paris, 230 p., 1986.

[18] Rodier J., Legube B. and Merlet N., *L'analyse de l'eau* 9è edition, Entièrement mise à jour, Dunod, Paris, 1529 p., 2009.

[19] Rejsek F., *Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques*. edition, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux, France, 368 p., 2002.

[20] M. El Morhit, M. Fekhaoui, A. Serghini, S. El Blidi, A. El Abidi, R. Bennaakam, A. Yahyaoui and M. Jbilou, "Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc)". *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, Vol., no. 30, pp. 39-47, 2008.

[21] L. Tampo, A. Oueda, Y. Nuto, I. Kaboré, L. M. Bawa, G. Djaneye-Boundjou and W. Guenda, "Using physicochemicals variables and benthic macroinvertebrates for ecosystem health assessment of inland rivers of Togo". *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 12, no. 4, pp. 961, 2015.

[22] Simler R., *Logiciel d'hydrochimie/Diagrammes*, 2005. [Online] Available from: www.lha.univavignon.fr/logiciel.htm, (12th April 2017).

[23] Chapman D. and Kimstach V., *Selection of Water Quality Variables*. In D. Chapman, Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring. E and FN Spon, London, pp. 56-133, 1996.

[24] E. Boussalouwa, A. Douira and N. Mokhtar, "Etude descriptive d'un peuplement benthique superficiel exposé à une pollution décroissante dans l'estuaire de Sebou (Côte atlantique marocaine)". *Revue d'Hydrobiologie*, Vol. 39, no. pp. 560-579, 2000.

[25] Fadli M., *Etude malacologique ; vecteurs intermédiaires de bilharziose urinaire dans le bassin du Loukkos, la plaine du Gharb et la plaine de Tadla (Maroc)*. Thèse de Doctorat d'Etat Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc, 148 p., 2003.

[26] Moumouni D. M. H., *Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines*. Thèse de Doctorat, Université de Bamako, 135 p., 2005.

[27] MEDAD, Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 1er décembre 2007. Rapport d'Etudes N° DRC-07-86177-15736A, Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement Durable (MEDAD)/Direction de la Prévention des Pollutions et des Risque (DPPR)/Service de l'Environnement Industriel (SEI), France, 81 p., 2007.

[28] L. M. Bawa, G. Djaneye-Boundjou, B. P. Boyode and B. T. Assih, "Water quality evaluation from Lomé's lagoon: Effects on heavy metals contamination on fishes". *Journal of Applied Science and Environmental Management*, Vol. 11, no. 4, pp. 33-36,

[29] Y. Issola, A. M. Kouassi, B. Dongui and J. Biemi, "Caractéristiques physico-chimiques d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire)". *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, Vol. 4, no. 3, pp. 368-393, 2008.

[30] A. Traoré, G. Soro, E. K. Kouadio, B. S. Bamba, M. S. Oga, N. Soro and J. Biemi, "Evaluation des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux d'une lagune tropicale en période d'étiage: la lagune Aghien (Côte d'Ivoire)". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 6, no. 6, pp. 7048-7058, 2012.

[31] Pouomogne V., *Pisciculture en Milieu Tropical Africain. Comment produire du poisson à coût modéré*. edition, Presse Universitaire d'Afrique, Yaoundé, 263 p., 1998.

[32] M. El Morhit, M. Fekhaoui, A. Serghini, S. El Blidi, A. El Abidi, A. Yahyaoui and M. Hachimi, "Étude de l'évolution spatio-temporelle des paramètres hydrologiques caractérisant la qualité des eaux de l'estuaire du Loukkos (Maroc)". *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, Vol. 34, no. 2, pp. 151-162, 2012.

[33] J. Zandagba, F. M. Adandedji, D. Mama, A. Chabi and A. Afouda, "Assessment of the physico-chemical pollution of a water body in a perspective of integrated water resource management: case study of Nokoué Lake". *Journal of Environmental Protection*, Vol. 7, no. 5, pp. 656-669, 2016.

[34] K. S. Konan, A. M. Kouassi, A. A. Adingra, B. K. Dongui and D. Gnakri, "Variations saisonnières des paramètres abiotiques des eaux d'une lagune tropicale : la lagune de Grand-Lahou, Cote d'Ivoire". *European Journal of Scientific research*, Vol. 21, no. 3, pp. 376-393, 2008.

[35] WHO, *Guidelines for Drinking-water Quality : incorporating 1st and 2nd addenda*. 3rd edition, Vol. 1, Recommendations, World Health Organization (WHO) chronicle Genève, Suisse, 515 p., 2008.

[36] S. O. Adefemi and E. E. Awokunmi, "Determination of physico-chemical parameters and heavy metals in water samples from Itaogbolu area of Ondo-State, Nigeria". *African Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 4, no. 3, pp. 145-148, 2010.

[37] O. Kambiré, A. Adingra, S. Eblin, N. Aka, A. Kakou and R. Koffi-Nevry, "Caractérisation des eaux d'une lagune estuarienne de la Côte d'Ivoire: la lagune Aby". *Larhyss Journal*, Vol., no. 20, pp. 95-110, 2014.

[38] L. N. Amon, L. K. Konan and S. Coulibaly, "Characterization and Typology of Aghien Lagoon waters (South-East of Cote d'Ivoire): Potential Resources for Drinking Water Production". *IOSR Journal of Applied Chemistry*, Vol. 10, no. 1, pp. 01-07, 2017.

[39] S. I. Korfali and B. E. Davies, "A comparison of metals in sediments and water in the river Nahr-Ibrahim, Lebanon: 1996 and 1999". *Environmental Geochemistry and health*, Vol. 25, no. 1, pp. 41-50, 2003.

[40] A. M. Kouassi and A. A. Adingra, "Surveillance hydrologique des eaux de la lagune Ebrié au niveau d'Abidjan". *Fiches techniques et documents de vulgarisation, Abidjan, CRO*, pp. 1-18, 2005.

[41] H. Alayat and C. Lamouroux, "Evolution spatio-temporelle du chimisme des eaux thermominerales des monts de la Cheffia (nord-est algérien)". *Karstologia*, no. 48, pp. 23-28, 2006.

[42] Arrignon J., *Aménagement piscicole des eaux douces* 5è edition, Lavoisier. Tec. Doc, Paris, 93 p., 1998.

[43] A. M. Kouassi, S. Konan and A. A. Adingra, "Suivi de paramètres hydrologiques et de pollution des eaux de la lagune de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire)". *Fiches techniques et documents de vulgarisation, Abidjan, CRO*, pp. 1-10, 2006.

[44] M. Makhoukh, M. Sbaa, A. Berrahou and M. Van Clooster, "Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental)". *Larhyss Journal*, Vol., no. 9, pp. 149-169, 2011.

[45] Hébert and S. Légaré S., *Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau*. Direction du Suivi de l'Etat de l'Environnement, Ministère de l'Environnement, Québec, 48 p., 2000.

[46] Cunningham W. P., Cunningham M. A. and Saigo B. W., *Environmental science: A global concern*. 9th edition, McGraw-Hill, Higher Education, Boston, 620 p., 2006.

[47] WHO, *Guidelines for drinking-water quality: recommendations*. 3rd edition, Vol. 1, Recommendations, World Health Organization (WHO) chronicle, Genève, Suisse, 595 p., 2004.

[48] WHO, *Guidelines for drinking-water quality*. 4th edition, World Health Organization (WHO) chronicle, 541 p., 2011.

[49] K. S. Konan, K. L. Kouassi, K. I. Kouame, A. Kouassi and D. Gnakri, "Hydrologie et hydrochimie des eaux dans la zone de construction du chenal du port de pêche de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 7, no. 2, pp. 819-831, 2013.

[50] J. R. Wilson, N. Holst and M. Rees, "Determinants and patterns of population growth in water hyacinth". *Aquatic Botany*, Vol. 81, no. 1, pp. 51-67, 2005.

[51] Dufour P., *Du biotope à la biocénose*. In J.-R. Durand, P. Dufour, D. Guiral and S. G. F. Zabi, Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire: Les milieux lagunaires. Tome 2, Paris, pp. 93-108, 1994.

[52] M. B. Lamizana-Diallo, "Évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso-Le cas de Massili dans le Kadiogo". *Sud-Sciences et technologiques*, Vol., no. 16, pp. 23-26, 2008.

[53] F. Dovonou, M. Aina, M. Boukari and A. Alassane, "Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques: cas du lac Nokoué au Sud Benin". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 5, no. 4, pp. 1590-1602, 2011.

[54] R. Brémond R. and R. Vuichard, *Paramètres de la qualité des eaux*. edition, Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, Secrétariat Permanent pour l'Etude des Problèmes de l'Eau, 178 p., 1973.

[55] I. Lavoie I., Hamilton P. B, Chapeau S., M Grenier, and Dillon P. J, *Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada*. edition, Presse de l'Université du Québec, Québec, 252 p., 2008.

[56] J. Hammami, M. Brahim and M. Gueddari, "Essai d'évaluation de la qualité des eaux de ruissellement du bassin versant de la lagune de Bizerte". *Bulletin de l'Institut National Sciences de Mer de Salammbô*, Vol., no. 32, pp. 69-77, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 674-683
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La radio au service de la paix et du développement dans l'Ouest ivoirien en contexte post-crise

[Radio for peace and development in western Côte d'Ivoire in post-crisis context]

LOUKOU Alain François

Département de géographie,
Université Alassane Ouattara,
Bouaké, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 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 purpose of this article is to highlight the key developmental role, but not always perceived at its fair value, that radio plays at the national and more precisely at the local level. Radio is a means of communication easily accessible to most people, as well in rural area as in urban area. As such, in particular socio-political contexts, it plays a leading role despite the pervasiveness of television and the Internet that disrupt the current media world. The west of the Ivory Coast that was one of the main centers of the military-political crisis in the country between 2002 and 2011 offers, through the Toulepleu department, an appropriate framework for assessing the role of the media in the socio-economic development after this crisis. A number of radio stations available in this region allow for an analysis of the issue. The results obtained through field studies and participating observations do show the key role that radio plays in national reconciliation and awareness politics to other socio-economic development issues.

KEYWORDS: radio, medias, ICTs, political crisis, peace, socioeconomic development, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: L'objet de cet article est de mettre en lumière le rôle déterminant, mais pas toujours perçu à sa juste valeur, que joue la radio dans le développement socioéconomique national et plus précisément à l'échelle locale. La radio est un moyen de communication facilement accessible à la plupart des populations, en milieu rural comme en milieu urbain. À ce titre, dans les contextes sociopolitiques particuliers, elle joue un rôle de premier plan malgré la prégnance de la télévision et de l'Internet qui bouleversent l'univers actuel des médias. L'Ouest ivoirien qui a été l'un des principaux foyers de la crise militaro-politique qu'a connue le pays entre 2002 et 2011 offre, à travers le département de Toulepleu, un cadre approprié pour apprécier le rôle de ce média dans le développement socioéconomique après cette crise. Un certain nombre de stations de radio disponibles dans cette région permettent de faire une analyse sur la question. Les résultats obtenus grâce aux études de terrain et aux observations participantes révèlent effectivement le rôle incontournable que joue la radio dans la réconciliation nationale et les politiques de sensibilisation aux autres enjeux socioéconomiques de développement.

MOTS-CLEFS: radio, médias, TIC, crise politique, paix, développement socioéconomique, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Historiquement, la radio fait partie des anciennes technologies de l'information et de la communication par opposition aux nouvelles technologies que sont l'ordinateur, le téléphone cellulaire, l'Internet, etc. En raison de cette ancienneté, elle est entrée dans les habitudes de vie des populations depuis bien longtemps, et joue un rôle de développement socioéconomique [1], [2]. En temps de paix comme en temps de guerre, la radio est éminemment utile (parce que facilement accessible) pour la

mobilisation des populations sur tous les objectifs politiques, sociaux et économiques touchant au développement: sensibilisation sur les questions de santé, d'environnement, d'éducation, d'agriculture, de cohésion ou de réconciliation entre les populations, etc. La radio a été déterminante lors de la seconde guerre mondiale. Le 18 juin 1940, c'est par le canal de la radio anglaise, BBC, que le Général De Gaulle lança, depuis Londres, aux Français, l'appel historique à la résistance face à l'invasion allemande. À un moment où l'on parle beaucoup d'Internet, de réseaux sociaux, de télévision numérique, la radio semble moins en vue. Pourtant, elle constitue toujours un média déterminant dans l'information des populations surtout dans les milieux ruraux. Très pratique, ne nécessitant pas d'investissements trop dispendieux pour l'implémentation de la station ainsi que pour l'acquisition et l'usage d'un poste, la radio est accessible même dans les endroits les plus reculés.

Pour un pays comme la Côte d'Ivoire qui a connu de graves troubles sociopolitiques qui ont, dans certaines régions, profondément déstructuré la cohésion sociale, la radio est un instrument déterminant dans la politique nationale de réconciliation du fait qu'elle peut efficacement servir de catalyseur de l'entente et de la fraternité entre les populations. L'Ouest ivoirien qui a été un des principaux théâtres de cette crise offre un cadre idéal pour apprécier le rôle de ce média. C'est aussi une région frontalière du Libéria et de la Guinée, deux pays ayant été confrontés au virus Ebola qui a fait des milliers de morts. Dans cette circonstance aussi, la radio joue un rôle essentiel et original dans la sensibilisation des populations face à cette maladie. L'importance de la radio est telle que depuis 2012, l'UNESCO lui a même consacré une journée qui est célébrée tous les 13 février de chaque année. Toutefois, devant la fulgurance de l'Internet et de la télévision numérique, la littérature scientifique récente s'intéresse de moins en moins au rôle de développement socioéconomique de ce média. Or il est toujours nécessaire de renouveler les connaissances sans cesse évolutives sur ce média et surtout de rappeler son rôle de développement socioéconomique à une époque où l'information et la communication structurent le fonctionnement des sociétés. C'est justement cet objectif que vise cet article contextuel qui débutera par la présentation du cadre de réflexion théorique et la description de la méthodologie. Les résultats seront ensuite présentés en trois principaux points : (a) la présentation des structures de radio émettant dans la zone d'étude ; (b) les formes d'accessibilité à la radio dans le département de Toulepleu ; (c) les différents types d'apports originaux de la radio au service de plusieurs causes du développement socioéconomique dans une zone fragilisée par la guerre civile. Enfin, suivra la discussion des résultats obtenus qui consistera à montrer d'une part que la concurrence d'autres médias amoindrit progressivement le rôle de la radio, et de l'autre, qu'en dépit de son rôle reconnu de développement, la radio peut être un outil dangereux si elle n'est pas utilisée avec précaution.

2 SOUBASSEMENT THEORIQUE ET METHODE DE RECHERCHE

2.1 DES EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES MAJEURES ET UN ROLE TOUJOURS DETERMINANT DE LA RADIO EN DEPIT DE LA CONCURRENCE DES AUTRES MEDIAS

Les évolutions technologiques et matérielles dans les domaines de la transmission et de la manufacture ont rendu la radio facilement accessible à de nombreuses populations et dans divers endroits d'un territoire donné, en faisant ainsi un puissant moyen de communication.

Grâce aux évolutions matérielles et technologiques dans la conception et la fabrication des appareils de radio, l'on est aujourd'hui loin de l'époque des postes de radio lourds, presqu'inamovibles et encombrants. Les nouvelles générations de radio sont parfois ultra compactes et très légères. Elles sont même incorporées dans les voitures, les téléphones portables, les réveils, etc. La radio qui, jadis, ne pouvait s'écouter que dans les foyers (en général au salon) peut dorénavant s'écouter dans divers autres lieux (au bureau, à la cuisine, même aux toilettes, etc.) ainsi que dans de multiples postures (assis dans une voiture, à l'ombre d'un arbre, juché sur une bicyclette, couché dans son lit, dans un hamac, sur une natte, ou même faisant son jogging, etc.). Pratique, au prix d'achat désormais très abordable, la radio est économiquement presqu'accessible à toutes les bourses et techniquement disponible dans les endroits les plus reculés pour offrir au plus grand nombre des populations une ouverture inégalée sur le monde. C'est surtout un média d'accès gratuit, contrairement à d'autres, comme la télévision et surtout l'Internet par exemple, qui nécessitent des coûts d'accès aux données. Si la taille de la radio et son coût ont été fortement réduits, la réception du signal a, en revanche, été considérablement accrue et améliorée pour le confort d'écoute grâce à la stéréo et à la modulation de fréquence (FM). Pour toutes ces raisons, et notamment pour sa large accessibilité aux populations, Tudesq [3] estime que la radio s'affirme comme le premier média en Afrique subsaharienne. Par ailleurs, avec le

multimédia, le développement récent du «streaming radio»[1] permet d'écouter en direct ou en différé des émissions sur l'Internet, grâce aux sites web des stations de radio. Certes, dans les pays africains, et singulièrement dans les milieux ruraux ou pauvres des villes où l'accès à l'Internet n'est pas encore généralisé, cette solution est rarement utilisée. Cependant, l'écoute de la radio par Internet a des avantages incontestables. Les émissions diffusées puis stockées en ligne, appelées podcasts[2], sont écoutables « à la demande » quelle que soit la date de leur diffusion initiale. Ainsi, quand pour diverses raisons, un auditeur a raté une émission importante, il peut la télécharger et l'écouter à sa convenance autant de fois qu'il le désire sur différents types de supports numériques.

La radio n'a pas connu que des évolutions technologiques. Du point de vue du rôle, c'est le moyen d'expression le plus puissant aujourd'hui, selon l'UNESCO [2]. En effet malgré la prégnance de la télévision et surtout les développements rapides de l'Internet qui bouleversent l'écosystème des médias [4], la radiodiffusion sonore demeure le média de référence en Afrique. Elle est beaucoup plus répandue puisqu'elle peut être écoutée partout, à partir de différents types de supports et par tout le monde y compris les analphabètes. Les programmes peuvent être facilement diffusés en diverses langues pour différents types d'auditeurs. La radio est donc le média le plus accessible de nos jours. Capitant [5] souligne avec insistance qu'elle est le média le plus important en Afrique de l'Ouest. La radio est à la fois source d'information, moyen de sensibilisation, de mobilisation de l'opinion et même facteur de propagande. A ces titres, elle est vraiment un média incontournable. Déjà en 1975, dans une enrichissante étude, Mor Sock [6] estimait que *« dans les pays en voie de développement, le rôle dévolu à l'information quel que soit le sens qu'on lui attribue, est en grande partie assuré par la radio. Elle est considérée comme la reine des moyens d'information dans ces pays à cause de ses énormes possibilités de franchir quelques-uns des nombreux obstacles que les autres moyens sont incapables de surmonter. Ces obstacles sont d'ordre géographique, économique, linguistique et psychologique ».* Plus de quarante ans après cette analyse, la radio conserve toujours sa place de leader des médias malgré la vive concurrence à laquelle elle est confrontée aujourd'hui.

En Côte d'Ivoire, selon les sources historiques du Ministère de l'information [7], l'aventure de la radiodiffusion sonore débute à l'époque coloniale, en 1949. Au commencement, les émissions se résumaient à un programme quotidien d'un quart d'heure animées essentiellement par des colons militaires. Peu d'indigènes pouvaient d'ailleurs écouter ces programmes, faute de postes de radio. L'intégration progressive de quelques Ivoiriens au sein du personnel français aura pour effet d'amener la station à s'adapter à son auditoire local et à donner à chaque Ivoirien l'occasion de s'identifier et de se reconnaître pleinement dans les programmes. Assez rapidement, la radio entra dans les mœurs des populations ivoiriennes avec la création officielle, en 1961, de Radio Côte d'Ivoire. Cependant, en raison des limites de couverture spectrale du territoire national et du coût des appareils jusqu'à une certaine époque, très peu de foyers pouvaient disposer d'un poste à transistors. Ce n'est qu'avec les évolutions matérielles et technologiques progressives que la radio se popularisa véritablement dans le pays.

Au total, les évolutions technologiques et matérielles ayant favorisé l'accessibilité à la radio ; la réactivité, la rapidité et l'instantanéité qui la caractérisent dans la diffusion de l'information, en font probablement le moyen de communication et d'information le plus important malgré la concurrence des autres médias.

2.2 MATERIEL ET METHODE

Le choix de l'Ouest ivoirien comme cadre géographique de l'étude (fig. 1) est lié à un contexte historique récent caractérisé par la crise politique et militaire qu'a connue la Côte d'Ivoire entre 2000 à 2011. L'Ouest ivoirien a été la région la plus affectée par cette grave crise. Les répercussions sociales et économiques de cette crise sont toujours visibles dans la région. Socialement, les populations autochtones et allogènes ont été profondément divisées par les courants politiques locaux. Économiquement, c'est aujourd'hui une région en très grand retard de développement du fait de la guerre civile. À tout cela, s'est ajouté en 2014-2015, un contexte sanitaire régional particulièrement grave : la fièvre à virus Ébola qui a sévi au Libéria et en Guinée, deux pays frontaliers de cette région. Le constat a été fait que dans la recherche de solutions aux difficultés multiples de cette région, la radio est beaucoup sollicitée à différents égards.

L'analyse de la littérature scientifique et de la presse spécialisée, *via* l'Internet, a permis de faire l'état des connaissances sur le sujet et d'acquérir un premier niveau d'information. Quant à la méthodologie proprement dite, elle est basée sur

[1] Signifiant en français, diffusion en mode continu, le streaming radio est un mode de diffusion numérique permettant d'écouter en direct un flux radio à mesure qu'il est diffusé. Ce mode s'oppose ainsi à la diffusion par téléchargement de fichiers qui nécessite de récupérer l'ensemble des données d'un morceau ou d'un extrait vidéo avant de pouvoir l'écouter ou le regarder (Wikipédia).

[2] Les podcasts sont des fichiers audio ou vidéo diffusés sur l'Internet, notamment sur les sites des radios.

plusieurs missions d'observation de terrain menées avec le concours d'un doctorant travaillant sur cette zone. Ces travaux de terrain ont consisté à recenser les différentes radios qui émettent dans cette région. Par la suite, l'observation participante a permis de suivre les programmes de différentes radios émettant dans la zone d'étude. Ce suivi a en fait consisté en l'analyse des programmes de ces radios pour apprécier dans quelle mesure les émissions diffusées participent à la sensibilisation des populations sur les problématiques essentielles que sont la réconciliation nationale, la cohésion sociale régionale, les mesures préventives pour éviter la survenue de l'Ébola dans la région et par extension dans le pays tout entier, etc. Des interviews centrées ont enfin permis de récolter d'utiles informations quant à l'impact des radios sur les objectifs de développement social dans la région. Ces interviews ont été réalisées auprès des responsables de radios locales, de chefs de ménages et d'usagers des radios. Le recueil des différentes données a abouti aux résultats dont l'analyse et la discussion suivent.

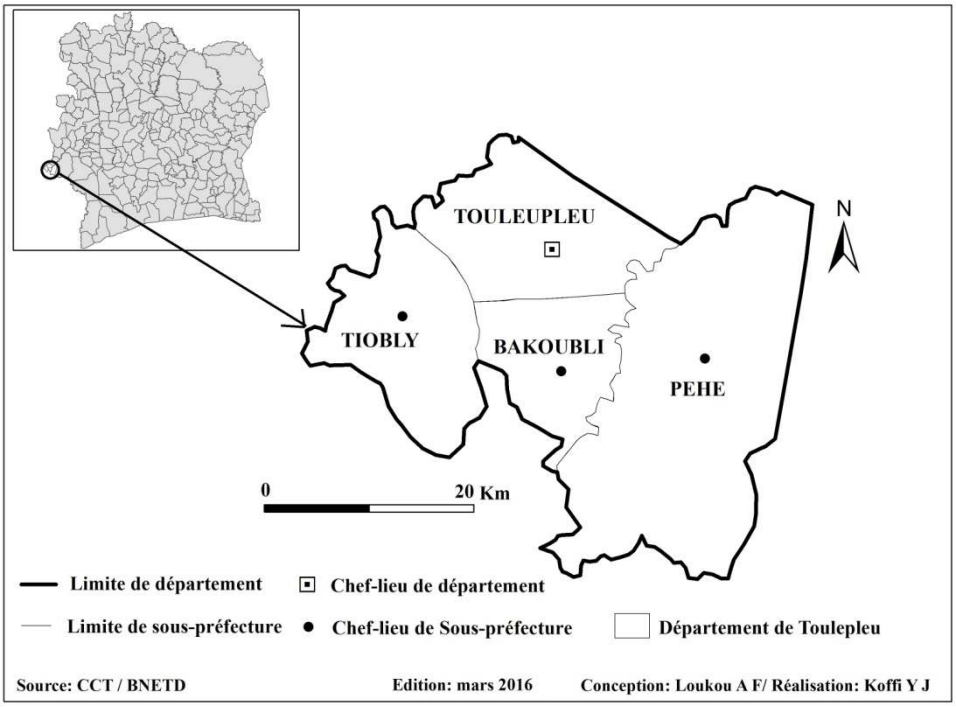


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PLUSIEURS STRUCTURES DE RADIO CONCOURENT AU DEVELOPPEMENT LOCAL DU DEPARTEMENT

Un ensemble de structures de radio allant des radios locales à la radio nationale et à quelques chaines internationales étrangères sont disponibles dans le département. Ensemble, ces différentes radios concourent aux politiques de développement socioéconomique.

3.1.1 LA CHAINE NATIONALE DE SERVICE PUBLIC : RADIO COTE D'IVOIRE

Créée officiellement en 1961, Radio Côte d'Ivoire constitue un moyen décisif de communication de l'État. Elle fait aujourd'hui partie du groupe Radio Télévision Ivoirienne (RTI) qui compte deux chaines de télévision et deux chaines de radio. Dans la typologie des radios, c'est une station dite généraliste à vocation nationale et régionale dont l'antenne est ouverte à tous les genres de programmes. Cependant, elle accorde une place de choix aux informations régionales. La station nationale est davantage tournée vers l'information institutionnelle et prend aussi en compte les besoins d'information des auditeurs à travers des émissions grand public, des débats sur des thèmes d'actualité, de société, de politique, d'économie et de culture. En vue de remplir efficacement ses objectifs de développement socioéconomique, Radio Côte d'Ivoire a adopté depuis plusieurs années des programmes d'information en langues nationales auxquelles s'ajoute le moré, langue des Mossis (peuple du Burkina Faso) dont une très forte communauté vit en Côte d'Ivoire et particulièrement dans la zone faisant l'objet de cette étude. Radio Côte d'Ivoire émet dans le département de Toulepleu depuis longtemps, sur la bande de fréquence 96.0 mhz.

C'est une région de grande production agricole où cohabitent des populations autochtones, allogènes et étrangères (provenant de la sous-région). De ce point de vue, la radio nationale constitue un canal d'information efficace dans la sensibilisation à la réconciliation et à la paix entre toutes ces différentes sensibilités ethniques dont la cohésion avait été mise à mal par plusieurs années de troubles sociopolitiques.

3.1.2 LES RADIOS LOCALES

Le département de Toulepleu dispose de deux radios locales aux émissions essentiellement tournées vers la paix: d'une part, Radio Paix et Réconciliation (99.5 mhz) et de l'autre, Radio ONUCI-FM. La première a une appellation clairement évocatrice quant à l'idée de paix et de réconciliation qu'elle est censée promouvoir. Au départ, elle était destinée à diffuser les informations au niveau de la commune de Toulepleu. Mieux, selon les enquêtes, elle couvre désormais tout le département et même quelques localités du Libéria voisin (Zouèdrou et Nico notamment) où résident encore de nombreux réfugiés ivoiriens. Quant à la station onusienne, c'est au travers de son slogan *« La fréquence de la paix »* ou de son refrain populaire «*ONUCI-FM, la radio de la paix en Côte d'Ivoire ; la radio qui réconcilie*» que se décline sa mission et sa vocation. Le site Internet corporatif de la radio reprend cette idée de paix en ces termes : «*C'est ensemble, main dans la main que nous arriverons à une paix certaine et durable»*. ONUCI FM est née en 2004 aux termes de la résolution 1528 (2004) des Nations Unies sur la situation politique en Côte d'Ivoire [8]. Opérationnel depuis le deuxième semestre de 2004 et émettant dans différentes localités du pays, cet outil de communication a pour vocation, grâce à un service d'information efficace, de promouvoir la paix, la réconciliation et l'union entre les différentes populations du pays dont la stabilité politique et la structure sociale avaient été gravement mises en péril à partir des années 2000. Elle émet en français et dans diverses langues régionales dans plusieurs villes du pays (fig. 2). Dans le département de Toulepleu, elle émet en FM sur la fréquence 93.7 mhz. Elle serait, en termes d'audience, la 3e parmi les chaînes de radio les plus populaires du pays.

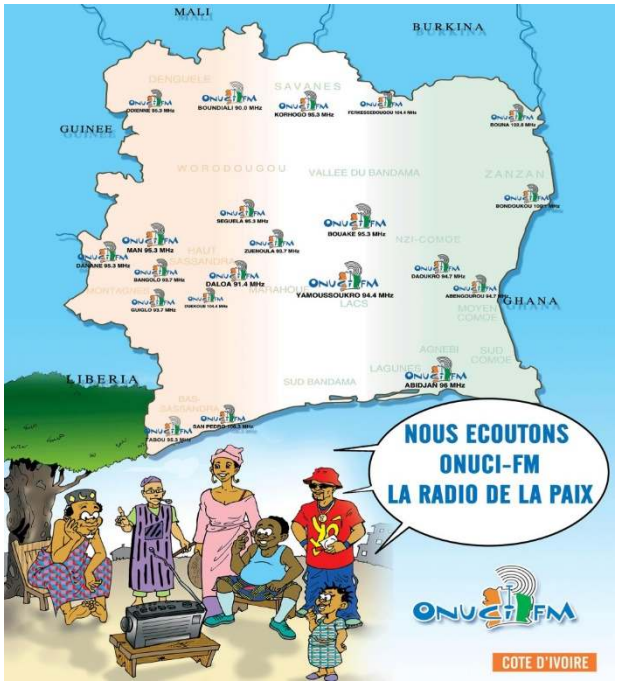


Fig. 2. Carte des sites d'implantation nationale de Radio ONUCI-FM

Source : http://www.onucifm.net/couvertureradio.pdf

Globalement, la carte ci-dessus laisse apparaître une plus forte implantation de la radio dans la zone ouest du pays, où la cohésion nationale a été la plus ébranlée. Le nord ainsi qu'une partie du centre du pays, qui ont été sous contrôle de la rébellion armée sont également bien représentés. Cette répartition est stratégique et montre l'intention des responsables de la radio d'émettre prioritairement dans les zones où le besoin de paix et de réconciliation est urgent. Les sites d'implantation récente de la radio ne figurent pas sur cette carte dont la réalisation est antérieure à ces nouvelles implantations.

3.1.3 LES RADIOS INTERNATIONALES

Aux médias nationaux et locaux qui diffusent leurs programmes dans le département de Toulepleu, s'ajoutent deux chaines étrangères : Radio France Internationale (RFI) et la BBC anglaise. Si contrairement aux chaines locales et nationales, ces deux chaines internationales n'ont pas une vocation de paix, elles concourent néanmoins à travers leurs programmes d'information très appréciés des auditeurs à l'ouverture sur le monde des populations locales.

Au total, la multiplicité des chaines de radio dans le département a considérablement rendu ce média accessible à tous et presque dans les moindres hameaux. De ce fait, cet appareil multifonctions (actualités, sensibilisation, éducation, divertissement, etc.) est un puissant média qui est au service de nombreuses causes du développement socioéconomique.

3.2 LA RADIO, UN OUTIL FACILEMENT ACCESSIBLE DANS LE DEPARTEMENT DE TOULEPLEU

En raison de ses nombreux avantages, la radio est un média géographiquement, économiquement et culturellement accessible aux populations du département de Toulepleu.

3.2.1 L'ACCESSIBILITE TERRITORIALE DES RADIOS DANS LE DEPARTEMENT DE TOULEPLEU

Dans le domaine de l'information, l'accessibilité territoriale indique, selon Sylvie Capitant [5], les possibilités matérielles et géographiques d'accéder à un média. De par la multiplicité récente des chaînes de radio dans le département de Toulepleu, il est aujourd'hui aisé d'accéder à différents types de radio dans cette zone géographique du pays. Le territoire départemental est en effet relativement bien couvert par diverses radios locales. Quoique l'on ne connaissance pas le nombre de postes de radio en usage dans le département, on a pu toutefois constater que pratiquement chaque foyer en possède au moins un ; que ce soit en ville ou que ce soit dans les villages et les nombreux campements agricoles du département. Pour la simple raison que les appareils sont disponibles partout, sur différents supports (postes à transistors, téléphones portables). Il suffit parfois de deux petites piles électriques pour faire fonctionner l'appareil (pour les postes à transistors). Par ailleurs, c'est un instrument désormais sans grande contrainte de poids (pour la plupart des récepteurs), et qui se transporte donc partout. Il est facile d'utilisation par tout le monde et il donne gratuitement accès à plusieurs stations.

3.2.2 L'ACCESSIBILITE ECONOMIQUE DES RADIOS DANS LE DEPARTEMENT DE TOULEPLEU

Du point de vue de l'accessibilité économique, la radio est incontestablement le média le moins onéreux pour les populations. Avec la filière chinoise des appareils électroniques qui ont inondé les marchés africains, le prix d'achat d'un poste à transistors sur les marchés est aujourd'hui dérisoire et donc financièrement à la portée de la plupart des populations. Ces postes à transistors peuvent fonctionner sans électricité. Les téléphones multimédias, également issus de la filière chinoise, aux coûts très abordables pour une grande partie de la population permettent d'écouter la radio dans de très bonnes conditions. Certes, ceux-ci réclament l'électricité pour la charge des batteries. Néanmoins, comparativement à la télévision, à tout considérer, le problème est moins rédhibitoire dans le département de Toulepleu.

3.2.3 L'ACCESSIBILITE CULTURELLE DES RADIOS DANS LE DEPARTEMENT DE TOULEPLEU

L'accessibilité culturelle, désigne, selon Sylvie Capitant (citée plus haut), le capital social nécessaire à un individu pour user d'un média. Si cette question ne se pose pas dans les sociétés occidentales fortement alphabétisées, en revanche, elle se pose encore dans les sociétés ivoiriennes où le taux d'alphabétisation est encore globalement faible (environ 56% en 2017, selon le Ministère de l'éducation nationale) [9]. Malgré tout, considérant ce critère, la radio est le média le plus accessible pour deux raisons essentielles : son caractère oral et son plus grand usage des langues nationales. Les populations analphabètes peuvent accéder aux émissions sans intermédiaire. Dans la zone d'étude, les radios locales spécialement dédiées à la paix, à la réconciliation et aux autres questions de développement diffusent certains de leurs programmes dans les langues vernaculaires du département. Cette particularité fait de la station éponyme Paix et Réconciliation, la radio à la plus forte audience régionale [10].

Les différentes caractéristiques qui viennent d'être analysées font de la radio un média diversifié et stratégique au service du développement dans le département.

3.3 LA RADIO AU SERVICE DE LA PAIX ET DE NOMBREUSES CAUSES DU DEVELOPPEMENT SOCIOECONOMIQUE DU DEPARTEMENT DE TOULEPLEU

L'accès à une information pertinente joue un rôle déterminant dans de nombreuses causes sociales et de développement. À ce titre, la radio est un moyen idéal pour l'atteinte de cet objectif.

3.3.1 L'INFORMATION PAR LA RADIO EST ESSENTIELLE POUR RELEVER LE DEFI DE LA RECONCILIATION ET DE LA PAIX DANS L'OUEST IVOIRIEN

Suite à la guerre civile qui avait, de fait, consacré la partition géographique du pays en deux, la Côte d'Ivoire reste encore marquée par des fractures et des dissensions ethniques et politiques au sein des populations qui vivaient jadis en harmonie. Dans l'Ouest qui abrite une forte population d'allogènes et d'allochtones aux côtés des populations autochtones, la crise a laissé de profondes divisions. La situation politique et sociale reste toujours fragile même si elle s'améliore progressivement. Maintenir la sécurité et poursuivre la mise en œuvre des mesures en faveur de la réconciliation, de la paix et de la reconstruction est un défi dont le relèvement nécessite les moyens de communication pour faire passer les messages. De ce point de vue, la radio peut jouer un rôle décisif. Le département de Toulepleu (situé à la pointe ouest de la Côte d'Ivoire et limitrophe du Libéria) où la plupart des enquêtes de terrain ont été menées est accessible à plusieurs stations de radio. Les enquêtes ont permis de relever le rôle capital de la radio à travers les messages de sensibilisation à la paix et à la réconciliation qu'elle permet de véhiculer facilement auprès des différentes couches de la population, en français et en langues locales. Evelyne Josse [11] estime que pour un individu, l'un des tout premiers besoins perçus comme vitaux est celui d'être informé. Selon cette auteure, l'information procure un sentiment de maîtrise et de contrôle de la situation tout en réintroduisant une certaine prévisibilité du futur. Une information pertinente permet ainsi de réduire sensiblement l'état de stress et la détresse des populations affectées par un incident critique.

Dans ce département qui a été l'un des plus affectés par la longue crise qu'a connue la Côte d'Ivoire, la radio est un instrument de la reconstitution du tissu social local fortement déstructuré. Une bonne partie des émissions est relative à des thématiques touchant à la cohésion nationale, à la paix, à la sécurité, au désarmement, etc. Ainsi, grâce à ces émissions, la plupart des populations qui avaient des positions radicales et extrémistes par rapport à la situation sociopolitique ont progressivement abandonné ces positions tranchées pour s'inscrire dans une logique d'apaisement. Les témoignages des auditeurs sur les radios en attestent. Les informations diffusées sur la plupart des radios répondent véritablement aux besoins des populations-cibles. On peut estimer que dans l'ensemble, elles sont variées, complètes et correctes. Elles tiennent compte d'un certain nombre de paramètres : les circonstances particulières d'affrontements auxquelles ces populations ont été confrontées, l'analphabétisme, les sensibilités et différences culturelles. Les messages sont transmis en termes simples et compréhensibles par les personnes concernées y compris par les très jeunes et les très âgés. Pour Sylvie Capitant [5], la radio fait le lien entre le rural et l'urbain, entre les populations alphabétisées et celles qui sont illettrées, entre les populations francophones et celles qui sont locutrices des langues nationales.

Cet appareil d'information et de divertissement est aussi un puissant moyen de sensibilisation et d'éducation sur les problématiques de santé publique telles que la fièvre hémorragique à virus Ebola, le VIH SIDA, le paludisme, etc.

3.3.2 LE RECOURS A LA RADIO DANS LES CAMPAGNES DE PREVENTION DES GRANDES EPIDEMIES

En raison de leur accessibilité géographique, économique et culturelle, les radios locales sont en première ligne dans les politiques de prévention des grandes endémies dans l'Ouest ivoirien.

Très pratique, la radio a un coefficient d'attractivité sociale significatif sur les populations locales et constitue de ce fait un moyen efficace dans les campagnes de sensibilisation sanitaire notamment dans la prévention de la maladie à virus Ébola qui a sévi dans les régions frontalières du Libéria et de la Guinée. Il est évident que la radio, à l'instar des autres médias, a joué un rôle important dans l'endiguement de la maladie qui jusqu'ici n'a pas franchi les frontières ivoiriennes. Elle permet de toucher les populations des zones rurales reculées. La radio sert aussi dans la prévention de pandémies traditionnelles telles que le paludisme et le VIH sida. Par le biais d'accords conclus avec le projet d'urgence multisectoriel pour la lutte contre le sida (PUMLS), certaines ONG utilisent les radios locales pour sensibiliser les populations aux dangers de cette maladie sexuellement transmissible. Plusieurs années de crise armée ont économiquement et socialement fragilisé les populations surtout les jeunes filles, les exposant au sida. Les radios sont d'une grande utilité pour les ONG qui travaillent sur le terrain pour contenir la propagation du VIH dans ces zones affectées par plusieurs années de conflits politiques et armés. Selon les enquêtes, les émissions de sensibilisation ont permis de modifier les comportements des populations et de réduire la prévalence dans la région.

3.3.3 La Radio Au Service De Diverses Autres Causes Du Developpement Dans Le Departement De Toulepleu

Indépendamment de sa fonction d'informer et de sensibiliser les populations sur les problématiques spécifiques susmentionnées, la radio, comme les autres médias, a d'autres fonctions sociales.

La radio constitue un vecteur efficace d'information générale et de communication. Elle informe les populations à travers les journaux parlés, les bulletins d'information, les magazines sur la vie politique, sociale et économique aux échelles locale, régionale et nationale. Dans le domaine économique, par exemple, elle permet de donner l'information vraie sur les prix des produits de spéculation agricole et ainsi d'éviter que les populations ne soient abusées par des acheteurs véreux. Pour faire échec aux indélicatesses de certains acheteurs, plusieurs coopératives agricoles du département ont recours aux radios rurales à partir desquelles elles font régulièrement diffuser des messages en langues locales et nationales pour attirer l'attention et la vigilance des paysans sur ces méfaits. À un niveau plus national, des communiqués similaires sont diffusés par le gouvernement sur les ondes de la radio nationale dans les principales langues nationales et en français.

Dans le département de Toulepleu, les radios locales participent à l'éducation générale des populations à travers des émissions à caractère scolaire, rural, agraire, social, médical, etc. Les enquêtes et observations de terrain dans la zone d'étude permettent de dire que la radio contribue à influer positivement sur le comportement des populations et ainsi sur le développement social et économique de la région.

À moyen terme, la radio devra cependant faire face à la concurrence des autres médias qui progressivement sont en train de lui contester son hégémonie auprès des populations.

3.4 La Concurrence Des Autres Medias Amoindrit Progressivement Le Role De La Radio

Certes, la radio continue d'être le premier média en termes d'audience dans le département de Toulepleu et plus généralement en Côte d'Ivoire, et de ce fait conserve un rôle décisif de développement social surtout dans les milieux ruraux. Cependant, la généralisation de la télévision par satellite accessible grâce aux antennes paraboliques ainsi qu'accessoirement l'Internet sont de nature à menacer son hégémonie.

A l'occasion des missions d'enquêtes de terrain l'on a pu constater l'existence dans le département d'un nombre relativement significatif d'antennes paraboliques sur les toits de certaines maisons, même dans quelques villages isolés. À long terme, le rôle prépondérant de la radio en tant que moyen d'information des populations devrait s'amoindrir dans le département. Hormis la gratuité, elle n'a plus le monopole de l'instantanéité et de la rapidité dans la diffusion des informations, qui faisaient sa force. Les chaines de télévision qui diffusent de l'information en continu se multiplient. Associant images et sons, la télévision a un pouvoir d'attraction incomparable sur les populations. Avec cette spécificité, elle permet par ailleurs une pédagogie supérieure à celle de la radio dans les politiques de sensibilisation. Dans un tel contexte, des questions sur l'avenir du rôle de la radio se posent : où en sera alors la radio dans les prochaines années face à la télévision? La radio continuera-t-elle de jouer un rôle déterminant dans le système médiatique et dans les politiques de sensibilisation?

Quant à l'Internet, il est encore loin de pouvoir rivaliser sérieusement avec la radio dans le département de Toulepleu, compte tenu d'une très faible accessibilité des populations à ce médium. L'Internet est cependant un outil multimédia : il associe textes, images fixes et animées, vidéos et sons. Par cette caractéristique, il a un pouvoir d'attraction encore plus fort sur les jeunes. Les observations faites dans les quelques cybercafés disponibles dans le département ont permis de relever son influence croissante sur les populations jeunes. S'il est vulgarisé et utilisé à bon escient dans les politiques de sensibilisation, il pourrait aussi amoindrir le rôle de la radio.

L'on a généralement tendance à opposer les autres médias à la radio. Pourtant, à la réflexion attentive, moins que des concurrents, la télévision et l'Internet devraient plutôt être perçus comme de solides compléments de la radio. Dans le cas spécifique des politiques de sensibilisation dans l'Ouest ivoirien, la télévision et la radio opèrent dans une complémentarité salutaire, en dépit de leurs spécificités propres. Quant à l'Internet, quoique peu vulgarisé dans la zone, il offre de nouvelles possibilités au secteur des médias audiovisuels. Les radios et les télévisions ont en effet la possibilité de se valoriser sur les sites Internet qu'elles créent. Elles peuvent même émettre des programmes en direct ou en différé à partir de l'Internet. De plus en plus, les sites Internet de certaines radios proposent des enregistrements audio et vidéo des émissions déjà diffusées que les auditeurs peuvent écouter ou visionner par téléchargement selon leur disponibilité. Ce nouveau format de diffusion est un facteur de renforcement de la visibilité internationale et de l'importance du rôle que jouent ces médias.

Quoique jouant un rôle de développement socioéconomique incontestable, la radio peut s'avérer un instrument à double tranchant et donc dangereux si l'on en use de façon détournée.

3.5 MALGRE SON ROLE RECONNU DE DEVELOPPEMENT, LA RADIO PEUT ETRE UN OUTIL REDOUTABLE

La radio ne remplit pas toujours correctement le rôle d'informer, d'éduquer et de distraire qui est sa fonction de base. Il arrive qu'elle outrepasse cette fonction et devient une machine redoutable.

À l'instar des autres médias, la radio peut être un moyen dangereux si elle est mal utilisée. Elle peut alors servir d'outil de propagande, de subversion, de désinformation, de manipulation, de révolte, etc. Le rôle de la Radio Mille Collines dans le génocide rwandais en témoigne éloquemment [12]. Bénéficiant d'une large audience surtout auprès des jeunes, cette radio répandit une propagande virulente contre les Tutsi, les Hutu modérés, les Belges et la Mission des Nations Unies pour l'assistance au Rwanda [13]. La station a donc été accusée d'avoir créé une atmosphère hostile qui prépara le terrain au génocide rwandais [13].

Certes, selon les enquêtes, de telles dérives n'ont pas encore été enregistrées dans le cas de l'Ouest ivoirien qui est le cadre de cette étude. Bien au contraire, ce sont des messages d'apaisement et de cohésion qui sont diffusés sur les radios locales. Cependant, dans cette région fortement rurale et majoritairement analphabète où subsistent encore des relents de rancœur voire de vengeance, le moindre dérapage radiophonique pourrait avoir des conséquences désastreuses. En effet, les intentions malveillantes de quelque Directeur de radio locale ou les propos incontrôlés de journalistes ou d'invités politiques mal avisés seraient susceptibles de compromettre cette cohésion sociale presque retrouvée. La vigilance doit donc rester de mise en ce qui concerne cette région encore trop fragile tant les tensions intercommunautaires avaient été exacerbées durant la crise. Consciente de ces risques potentiels, la Haute Autorité de la Communication Audiovisuelle (HACA), l'instance nationale de régulation des médias audiovisuels, y veille constamment afin que la radio demeure un outil au service de la paix et du développement socioéconomique dans le département.

4 CONCLUSION

Au nombre des multiples canaux de diffusion de l'information, la radio continue d'occuper une place de choix. À ce titre, elle est considérée comme un produit de première nécessité. Aujourd'hui comme hier, la radio constitue un moyen efficace dans les politiques de développement à l'échelle nationale comme à l'échelle locale : elle a un rôle informatif important, et elle est aussi un moyen de sensibilisation aux problèmes sociaux et politiques divers. Là où pour des problèmes de diffusion liés à la technique ou au coût onéreux des investissements, les autres médias sont absents, la radio est quant à elle généralement présente. C'est le cas de la région de l'Ouest ivoirien qui a constitué le cadre spatial de cette étude. Quoiqu'elle n'ait pas, comme la télévision, le pouvoir technique d'associer des images au son pour permettre plus de pédagogie, la radio reste néanmoins un outil efficace de communication et d'information par son accessibilité, sa praticité et son instantanéité. Les évolutions technologiques et matérielles avec la numérisation, la miniaturisation ainsi que la multiplicité de chaines de radio dans le département ont rendu la radio accessible à tous et presque partout. Ainsi dans l'ouest ivoirien, le paysage radiophonique s'est enrichi de nombreuses stations émettant en modulation de fréquence pour le confort d'écoute des auditeurs. Quelle que soit la catégorie à laquelle elles appartiennent, ces radios présentent un intérêt local car elles prennent en compte la vie des populations sur le plan social, économique et culturel.

Certes, la généralisation de la télévision par satellite et l'expansion rapide de l'Internet ont beaucoup changé l'univers des médias. L'on pourrait alors craindre qu'avec la fulgurance de la télévision et de l'Internet, la radio serait délaissée. Mais il n'en est rien encore, si l'on s'en tient au constat fait dans la zone d'étude. Certes aussi, des inquiétudes relatives à un usage détourné du pouvoir de la radio sont à considérer. Mais jusqu'ici, il n'a pas été signalé de dérives à même de mettre en cause le rôle informatif et de développement de la radio dans la zone d'étude. Aussi, dans le contexte post-crise caractéristique du département de Toulepleu, la radio continue d'être le principal vecteur d'information et de communication au service de la réconciliation nationale, de la cohésion sociale, de la paix, de la prévention contre les épidémies. En somme, la radio est un moyen essentiel d'accompagnement du développement socioéconomique dans le département.

REFERENCES

[1] Mac Bride Sean, *Voix multiple, un seul monde*. Rapport de la commission d'étude internationale des problèmes de communication. Paris : UNESCO, 1980

[2] UNESCO, *Médias, développement et éradication de la pauvreté*, Paris : UNESCO, 2007

[3] Tudesq André-Jean, "Médias et transfert de modèles, les radios de proximité en Afrique sub-saharienne : un modèle autochtone ?, 2009. ", [Online] Available: http://www.grer2.fr/upload/articles_en_ligne/.pdf (May 08, 2017)

[4] Lecroart Elodie, *La concurrence entre la presse écrite et les médias audiovisuels de service public sur Internet*. Mémoire de Master : Université catholique de Louvain, 2013

[5] Capitant Sylvie, " La radio en Afrique de l'Ouest, un « média carrefour » sous-estimé ? L'exemple du Burkina Faso", Réseaux 4/2008 (n° 150), p. 189-217, 2008.
[Online] Available: www.cairn.info/revue-reseaux-2008-4-page-189.htm. DOI : 10.3917/res.150.0189 (July 15, 2017)

[6] Mor sock Boubacar, "La radio, moyen de communication pour le développement", Ethiopiques, numéro 04, Revue socialiste de culture négro-africaine, 1975. [Online] Available: http://ethiopiques.refer.sn/spip.php?article323 (September 09, 2017)

[7] Ministère de l'information, *1963-1988, la télévision ivoirienne, un quart de siècle*. Abidjan : Plaquette éditée par le Ministère de l'information de la République de Côte d'Ivoire, 1988

[8] Organisation des Nations Unies, Résolution 1528 (2004), 2004.
[Online] Available: http://www.un.org/fr/documents/view_doc.asp?symbol=S/RES/1528 (2004) (May 11, 2017)

[9] Portail officiel du gouvernement ivoirien, *le taux d'analphabétisme a chuté de 7.2% en Côte d'Ivoire*
[Online] Available: http://www.gouv.ci/_actualite-article.php?recordID=8173 (October 30, 2017)

[10] Gahié Mathias, *L'apport des technologies de l'information et de la communication dans le développement du département de Toulepleu*. Mémoire de Master 2 de géographie : Université Alassane Ouattara, Bouaké, 2015

[11] Josse Evelyne, "L'information dans les contextes de crises humanitaires", 2011.
[Online] Available: http://www.grotius.fr/l%E2%80%99information-dans-les-contextes-de-crises-humanitaires/ (July 14, 2017)

[12] Tuvuzimpundu Joséphine, *Dans la tourmente rwandaise : étude lexico-sémantique du discours de la Radiotélévision libre des Mille Collines (RTLM).* Thèse de doctorat de linguistique : Université Michel de Montaigne-Bordeaux III, 578 p., 1994

[13] Wikipédia, Radio Milles collines, *https://fr.wikipedia.org/wiki/Radio_T%C3%A9l%C3%A9vision_Libre_des_Mille_Collines* (21-10-2017).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 684-701
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) par les établissements d'enseignement primaire et secondaire œuvrant dans les groupements de Mudaka et de Miti au Sud-Kivu

[The integration of communication (TIC) and information technologies by the educational establishments primary education and secondary working in the groupings of Mudaka and Miti in the South-Kivu]

Christian NTACOBASIMA COKOLA

Institut Supérieur de Techniques de Développement (ISTD) Mulungu, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2018 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 development and the integration of numerical and communication and information technologies in the educational space of Mudaka and Miti would be into same to make progress the effectiveness of the schools which work in these two rural mediums of the South-Kivu in teaching and the assumption of responsibility of learning but also in their teaching operation, administrative and with their opening, if they were really integrated by those. The results of this research carried out on 60% of primary schools and 60% of high-schools and technical working in each of two groupings revealed then what follows compared to the integration of communication(TIC) and information technologies by these educational establishments: in grouping of Miti 37,5% of secondary and technical schools surveyed have an address e-mail, and 11,11% in the grouping from Mudaka, 21,42% of primary schools in grouping of Miti against 0,05% of primary schools of Mudaka grouping, no school in these two mediums have a Web site, none does not lay out of a radio station of teaching use nor a television set of teaching use. Neither primary education educational establishment nor secondary practices the computer-assisted learning, less still the teaching assisted by Internet. The rate of service road of the schools in electric power is about 12,5% for the secondary schools of the grouping of Miti, of 11,11% for the secondary schools of the grouping of Mudaka, of 5% for the primary schools in grouping of Mudaka against 14,2% for the educational establishments primary education of Miti. Ultimately in the schools exerting in groupings of Miti and Mudaka, the computer course is registered primarily with the programmed of course on a purely advertising basis, and the integration of the TIC in the teaching and administrative activities of the schools remains and remains still problematical the present time.

KEYWORDS: Schools, Mudaka, Miti, Integration, Teaching Activity.

RÉSUMÉ: Le développement et l'intégration du numérique et de technologies de l'information et de la communication dans l'espace éducatif de Mudaka et de Miti seraient en même de faire progresser l'efficacité des écoles qui œuvrent dans ces deux milieux ruraux du Sud-Kivu dans l'enseignement et la prise en charge des apprenants mais aussi dans leur fonctionnement pédagogique, administratif et à leur ouverture, si elles étaient réellement intégrées par celles-ci. Les résultats de la présente recherche réalisée sur 60% d'écoles primaires et 60% d'établissements d'enseignement secondaire et technique œuvrant dans chacun de deux groupements ont révélé alors ce qui suit par rapport à l'intégration des technologies de l'information et de la communication(TIC) par ces établissements d'enseignement : en groupement de Miti 37,5% d'écoles secondaires et techniques enquêtées ont une adresse e-mail, et 11,11% dans le groupement de Mudaka, 21,42% d'écoles primaires de Miti contre 0,05% d'écoles primaires à Mudaka, aucune école dans ces deux milieux ne possède un site web, aucune ne dispose d'un poste radio à usage pédagogique ni un téléviseur à usage pédagogique. Aucun établissement d'enseignement primaire ni secondaire ne pratique l'enseignement assisté par ordinateur, moins encore l'enseignement assisté par internet. Le taux de desserte des

écoles en énergie électrique est de l'ordre de 12,5% pour les écoles secondaires du groupement de Miti, de 11,11% pour les écoles secondaires du groupement de Mudaka, de 5% pour les écoles primaires en groupement de Mudaka contre 14,2% pour les établissements d'enseignement primaire de Miti. En définitive dans les écoles exerçant en groupements de Miti et de Mudaka, le cours d'informatique est inscrit essentiellement au programme de cours à titre publicitaire, et l'intégration des TIC dans les activités pédagogiques et administratives des écoles reste et demeure encore problématique à l'heure actuelle.

MOTS-CLEFS: écoles, Mudaka, Miti, intégration, activité pédagogique.

1 INTRODUCTION

En RDC, l'accès et l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans l'éducation reste une histoire de rêve pour les écoles secondaires et primaires. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication on ne peut pas s'en passer. Si à nos jours, les NTIC sont venues rendre plus aisé toute chose, il faut alors accepter tous les maux que ces NTIC ont envers les usagers. En réalité, les NTIC dans l'éducation permettent d'avoir une formation actualisée et mondialisée.

Les règles appliquées aux NTIC sont encore plus défavorables pour l'Afrique. Les données du net circulent sur des liaisons louées. Les pays du sud, dont la RDC, avec une économie médiocre ont moins de chance de bénéficier des avantages liés aux NTIC suite à leur coût exorbitant. Cette situation est pourtant réversible, tout dépend de la gestion de la chose publique. Si à nos jours l'éducation reste classique en RDC, c'est pour trois raisons, nous le croyons : l'absence d'une volonté politique nationale de développement des NTIC, la disparité criante dans la fourniture énergétique à travers le pays, la faiblesse du pouvoir d'achat de la population.

Pour MPOYO LYANGO, coordonateur national de Congo Concern Network(CCN), « si environ 5% de la population a un téléphone cellulaire, moins de 1% fréquente le cybercafé et seulement 0,1% est connecté à Internet(CAEME-AFRIQUE,2012).

L'utilisation de moyens audiovisuels permet, en faisant simultanément appel à la perception visuelle et auditive, l'assimilation d'une quantité plus grande d'informations, que par un seul de ces sens. Un autre avantage réside dans le fait qu'il est désormais possible d'atteindre une population scolaire ou non, nombreuse et dispersée, et donc de pallier l'insuffisance de moyens d'encadrement. Enfin, l'enseignement audiovisuel permet une plus grande ouverture de l'école sur le monde extérieur(CAEME-AFRIQUE,2012).

Il est un secret de polichinelle que l'Internet fait reculer les barrières de l'ignorance. Il vient rapprocher les pays du tiers monde de ceux qui sont industrialisés, dans la mesure où tous se connectent au réseau des réseaux afin d'accéder au savoir intellectuel mondial. Le nombre d'internautes est encore bien réduit à tous les niveaux, écoles et particuliers, si bien que l'Internet constitue encore un luxe au lieu d'être un outil familier d'accès aux connaissances de base en RDC (Congo Forum ,2007).

Savez-vous que deux tiers de la population mondiale n'ont pas accès à internet ? Ce chiffre est plus préoccupant que parmi les personnes privées d'accès à internet, un grand nombre sont aussi les plus pauvres du monde, et vivent dans des régions dépourvues d'infrastructures, une situation qui n'augure pas un rapide changement de situation(CTA,2014).

Le monde actuel évolue au rythme de l'informatique et de l'internet(autoroutes de l'information).

Tous les aspects de notre société sont régis par une organisation et une administration qui reposent sur les bases informatiques. L'informatique considérée et utilisée jusque-là comme outil et support pour certaines disciplines de l'enseignement national doit devenir réellement un objet d'étude en tant que discipline à part entière. Et cet enseignement ne peut se donner efficacement que sur base d'un programme solide et bien élaboré qui facilitera l'utilisation efficiente de l'ordinateur. Comme partout à ailleurs, la formation informatique a été dans ses débuts en RDC, l'œuvre des constructeurs et des sociétés privées avant de devenir une préoccupation des pouvoirs publics.

Jusqu'à l'an 2003, il n'existait pas encore la formation informatique dans les écoles publiques et privées. Il faut louer l'initiative de certaines écoles qui ont pu insérer dans leurs programmes de cours l'enseignement de l'informatique.

Sans programme officiel, ces enseignements facultatifs sont restés au niveau publicitaire et n'ont pu contribuer efficacement à l'amélioration des apprentissages scolaires. Deux perspectives sont envisageables dans la relation entre l'informatique et l'enseignement :

1) la perspective pédagogique concerne les différentes possibilités d'utilisation de l'ordinateur pour améliorer les apprentissages scolaires. A ce titre, l'ordinateur sera un outil d'aide aux enseignants et aux apprenants.
2) La perspective culturelle, concerne l'introduction de l'informatique comme matière d'enseignement (RDC, MINEPSP, 2007).

Le domaine de l'éducation ne peut rester indifférent au progrès des technologies de l'information et de la communication. L'informatique contribue aux objectifs suivants :

a) faciliter l'accès à l'information en exploitant les TIC ;
b) acquérir une certaine autonomie et favoriser l'auto-apprentissage ;
c) diversifier les modes de communication et en améliorer la qualité, etc.

L'enseignement de TIC dans les écoles est d'une grande utilité. Les apprenants renforcent leurs savoirs en la matière, ce qui leur permet une adhésion aisée à la société numérique. Ces programmes visent à développer chez l'apprenant des aptitudes à utiliser les techniques avancées pour gérer et produire des documents multimédia, à créer des sites web statiques et dynamiques, à créer et à intégrer des scripts dans un code et à exploiter une base de données dans un site web(République Tunisienne, 2006).

Dès lors que le gouvernement déploie les infrastructures nécessaires d'accès à internet et aux TIC à travers le pays, les citoyens, les organisations et les institutions sociales trouvent les moyens souples et appropriés être en contact avec les institutions du gouvernement, de surveiller leurs actions et de pouvoir s'exprimer sur leur force et leur faiblesse. Ils sont également encouragés à participer aux activités de leur nation.

Mis au point depuis 2007, le programme officiel de l'enseignement de l'informatique dans les écoles primaires et secondaires butte à plusieurs obstacles pour être mis réellement en application au sein des établissements d'enseignement tant publics que privés œuvrant dans les groupements de Mudaka et de Miti situés respectivement à 17 km et à 23 km au nord de la ville de Bukavu.

Les facteurs de l'inapplicabilité de ce programme national dans les institutions scolaires de ces milieux sont nombreux et diversifiés. Ils sont financiers, sociaux, culturels, conjoncturels, organisationnels, pédagogiques, humains, matériels, politiques et économiques. Pendant ce temps, le cours d'informatique se trouve inscrit sur les horaires hebdomadaires de cours, et sur les pièces scolaires délivrés par les écoles primaires et secondaires chaque année. Cet enseignement est resté publicitaire dans ces écoles car celles-ci n'assurent pas normalement cet enseignement aux apprenants faute d'infrastructures adéquates et des ressources humaines, matérielles, financières nécessaires.

Opérant dans le contexte où la part du budget national alloué à l'enseignement est insuffisant par rapport aux énormes besoins des écoles, leur fonctionnement étant financé par les frais payés par les pauvres parents d'élèves sans revenu suffisant, des parents au départ paupérisés par les guerres répétitives, l'insécurité généralisée, l'instabilité politique et sociale, les écoles font face à d'énormes difficultés pour pouvoir assurer dignement cet enseignement à leurs populations scolaires. Dans ces deux entités administratives de la province du Sud-Kivu à l'Est de la RDC, les écoles ne disposent pas des équipements informatiques(ordinateurs, disques optiques, flash disques, tablettes, antenne VSAT, CD-ROM, logiciels, routeur, modem, insuffisance d'infrastructures de connexion à Internet,)etc.

L'acquisition de ces équipements informatiques pourtant très nécessaires n'est pas à l'ordre du jour et n'est qu'une utopie pour beaucoup d'écoles à ce 21ème siècle où la technologie numérique s'impose à tous. Pourtant ce besoin s'impose actuellement à toutes ces écoles qui aspirent au progrès scolaire et pédagogique. Ces écoles utilisent un personnel administratif et enseignant sous-équipé et incapable d'utiliser la plupart d'outils informatiques, elles manquent de manuels scolaires et matériels pédagogiques sur les technologies de l'information et de la communication. Avec les seuls frais scolaires insuffisants payés par les parents auxquels il faut ajouter la gouvernance inefficiente des établissements d'enseignement ne permettant pas aux écoles exerçant dans ces milieux d'intégrer les TIC dans leurs activités pédagogiques et administratives.

Les obstacles à l'intégration des TIC dans les écoles rurales de Miti et de Mudaka sont nombreux et diversifiés et sont liés à la manière de faire des gestionnaires du secteur éducatif en province comme au niveau national.

En fait ici, les écoles, en grande partie financées par les frais sous diverses appellations payés par les parents paupérisés, sont des véritables vaches laitières traites par les responsables d'églises, étatiques et privés, différents gestionnaires du réseau éducatif situés tant au niveau local, provincial que national, qui n'accordent aucune attention ni intérêt à l'utilisation des TIC par leurs écoles, mettant ainsi en mal la formation de l'élite du futur en matière de la technologie numérique. Pendant ce temps, les pauvres parents sont contraints chaque mois de débourser des frais dits « **frais d'informatique** », variant entre **200FC et 1000FC par élève et par mois selon les écoles et le réseau de gestion**, avec comme justification, l'acquisition des

équipements informatiques par les écoles, chose qui reste non réalisée par les gestionnaires d'écoles tant primaires que secondaires dans ces deux entités.

Les écoles demeurent sous équipées en matériels informatiques en dépit de ces contributions financières qu'on fait payer aux parents d'élèves mensuellement et ce cours reste difficilement enseigné aux apprenants, consacrant ainsi leur exclusion du monde numérique de ce siècle.

Pourtant, l'initiation à l'informatique ou l'apprentissage de l'utilisation des ordinateurs dans le cadre scolaire de ces deux milieux (Mudaka et Miti) est d'autant plus importante dans ces contrées où les ménages des apprenants sont totalement dépourvus de toute forme de TIC, afin de développer de nouvelles compétences d'apprentissage tout au long de la vie de cette jeunesse.

La présente recherche voudrait alors répondre à la question fondamentale suivante à l'issue des enquêtes et autres recherches effectuées sur le terrain:

Quel est le degré d'intégration de technologies de l'information et de la communication par les écoles primaires, secondaires œuvrant dans les groupements de Mudaka et de Miti dix ans après la mise au point du programme officiel de l'enseignement de l'informatique dans les écoles en RDC ?

Cette recherche poursuit alors les objectifs ci-après :

1. déterminer la densité numérique dans les établissements d'enseignement primaire et secondaire, institutions de formation de l'élite dans ces deux entités rurales de la province du Sud-Kivu ;
2. vérifier le niveau d'accès à l'électricité dans ces écoles et les alternatives en terme d'énergie pour alimenter ces établissements ;
3. identifier les établissements d'enseignement dans ces deux milieux qui ont l'accès à l'internet à usage pédagogique ;
4. déceler si les établissements d'enseignement du milieu pratiquent l'enseignement assisté par ordinateur à ce 21ième siècle ou y pense déjà.
5. comparer entre ces deux milieux ruraux le degré d'intégration de technologies de l'information et de la communication par les écoles dans le contexte où ils sont pourtant actuellement devenus incontournables.

Notre visée est une tentative descriptive, explicative, comparative et évaluative de l'intégration de technologies de l'information et de la communication dans les établissements d'enseignement afin de tracer une perspective d'avenir pour une pédagogie de développement dans ces milieux ruraux marginalisés sur ce point par les politiques de ce pays d'une part. D'autre part, la nécessité d'une connaissance chiffrée, précise et sûre de cette réalité sociale et culturelle dans ces milieux se fait de plus en plus sentir concernant l'intégration de la technologie numérique dans les établissements d'enseignement primaire, secondaire et technique. Ainsi le renseignement de première main ne peut être obtenu que par une enquête particulière, ce qui nous a préoccupé.

2 MILIEU D'ÉTUDE

2.1 LE GROUPEMENT DE MUDAKA

Le groupement de Mudaka est situé à 28°45' de longitude Est et 2°18' latitude sud dans la collectivité chefferie de Kabare. Il est subdivisé en six localités dont : Cituzo, Cinjoma, Cirhogole, Kalehe, Kashungurhi et Mubumbu.

Il est limité comme suit:

Du groupement de Miti au nord par la rivière Mushuva

Du groupement de Bushwira au sud par la rivière Cikumbi

A l'Est : par le lac Kivu

A l'Ouest : par le parc national de Kahuzi-Biega (PNKB)

Dans le groupement de Mudaka, territoire de Kabare, la population qui s'y trouve est hétérogène. La majorité de la population du groupement de Mudaka est de la tribu « Bashi » qui sont autochtones mais qui y vivent avec d'autres tribus, ainsi que certains immigrants Rwandais, mais aussi les missionnaires catholiques dans la paroisse de Murhesa, aux grands séminaires philosophât et théologat ainsi qu'au monastère de Murhesa.

La majeure partie de la population est concentrée aux périphéries du marché de Mudaka, du centre de Murhesa (SHUN) et généralement tout au long de la route Bukavu-Goma.

Une faible concentration de la population se trouve à l'Ouest de ce groupement et s'explique par l'insécurité causée par les groupes et forces armés qui se trouvent dans le parc national de Kahuzi-Biega voisin à ce groupement.

2.2 LE GROUPEMENT DE MITI

Le groupement de Miti fait partie de 14 groupements que comprend le territoire de Kabare en province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Il est situé dans le nord de ce territoire à presque 23 km de la ville de Bukavu. Ce groupement est compris entre 2°18 minutes de latitude Sud et 28°43 minutes de longitude est, son altitude varie entre 1500 m à 2340 m. Il a une superficie estimée à 186 km^2 et est limité:

- au nord : par le groupement de Bugorhe au niveau de la rivière Langa
- au sud : par le groupement de Mudaka, par la rivière Mushuva
- à l'est : par le groupement de Bushumba, par la rivière Langa
- à l'ouest : par le Parc National de Kahuzi-Bièga.

Le relief est typiquement plat pour la grande partie du groupement et la petite partie vers l'ouest, donc aux abords du PNKB est occupée par des plateaux et collines connexes comme par exemple : Lukobarhi, Madaga, Mushigula et Chibinda. Ce groupement jouit d'un climat tropical humide qui est marqué par deux facteurs importants : les pluies et les températures. Le groupement connait habituellement deux saisons : la saison de pluie qui intervient dès le mois de septembre jusqu'en juin, alors que la saison sèche va de juillet en août. La moyenne de pluies est de l'ordre de 1200-1800mm/an.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les matériels et outils suivants ont été utilisés : la base de sondage, le questionnaire écrit en français, l'ordinateur, le téléphone portable, la grille d'observation dans les écoles, le guide d'entretien structuré avec les chefs d'établissements, le carnet de terrain, le cahier d'enregistrement des données et informations de terrain, les rapports et archives des écoles, le répertoire des écoles primaires et secondaires de la sous-division provinciale de l'EPSP-INC de Kabare 2. Les possibilités pratiques d'exécution de cette publication nous ont amené à opter pour l'utilisation de l'enquête par sondage. Ainsi pour la récolte de données sur terrain, nous avons utilisé les techniques ci-après : l'échantillonnage aléatoire simple, l'interview structurée, l'enquête par sondage, l'observation directe, et l'analyse documentaire qui ont enrichis l'étude, suivies des méthodes descriptive, statistique, comparative et analytique. Les écoles enquêtées ont été choisies par la méthode probabiliste pour constituer l'échantillon probabiliste pour cette recherche. Cependant la forme explicative de résultats recueillis sur terrain a été faite sous forme des tableaux statistiques. Pour le dépouillement et le traitement de données récoltées sur terrain, nous avons utilisé le logiciel Excel pour réaliser des calculs statistiques et présenter des tableaux statistiques. Dans certains cas nous avons fait usage des fréquences simples et cumulées converties en pourcentage en ce qui concerne les questions fermées et l'analyse du contenu pour les questions ouvertes. La recherche a été réalisée dans les établissements scolaires publics, privés et conventionnés du primaire et du secondaire œuvrant dans les groupements de Mudaka et de Miti, pour la période allant du **18 mars au 24 juin 2017**. Pour que notre échantillon d'étude soit le plus représentatif possible, nous avons tiré **un échantillon aléatoire simple de 60% d'écoles primaires et 60% d'écoles secondaires dans chaque groupement, soit 20 écoles primaires enquêtées sur 34 à Mudaka, et 9 écoles secondaires sur 15 opérationnelles dans ce milieu.**

Dans le groupement de Miti, les 60% comme échantillon aléatoire simple d'écoles nous ont donné **8 écoles secondaires enquêtées sur 14, et 14 établissements primaires enquêtés sur un total de 23 écoles** opérationnelles durant l'année scolaire 2016-2017. Pour toutes les écoles dans ces deux entités nous avons appliqué la méthode de sondage à probabilité égale pour pouvoir constituer l'échantillon probabiliste, le hasard étant seul responsable de la constitution d'écoles pouvant faire partie de l'échantillon d'écoles à enquêter.

L'enquête par sondage a été réalisée dans les écoles de ces deux groupements suivant les phases suivantes :

a) la phase préparatoire avec les activités suivantes : la détermination des buts de l'enquête, la définition de l'unité de sondage, la détermination des informations à recueillir, le choix de la méthode à utiliser, le choix du type d'échantillon, de la taille de l'échantillon et de la méthode de tirage des unités de l'échantillon, ainsi que les investigations préliminaires ;
b) la collecte de renseignements sur les sites de recherche et le contrôle ;
c) l'exploitation des résultats par le dépouillement et l'interprétation.

Les questionnaires pour cette enquête ont été préparés pour être remplis par les gestionnaires d'écoles avec peu ou pas l'aide de l'enquêteur. Ils ont cependant été donnés et collectés par l'enquêteur sur les sites de recherche dans les écoles.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 RÉSULTATS

Tableau n°1 : Identification des écoles primaires enquêtées en groupement de Mudaka (2016-2017)

Désignation de l'école	Réseau de gestion	Nombre de classes	Effectif du personnel		Nombre d'élèves inscrits en 2016-2017	
			Hommes	Femmes	Garçons	Filles
EP CIRHOGOLE	PUBLIC	6	5	4	121	112
EP KABANDA	ANGLICAN	12	8	6	147	165
EP BENEMUDAKA	KIMBANGUISTE	6	5	2	200	125
EP TUMAINI	PUBLIC	6	4	3	79	57
EP IRHOBO	ECP/ERPFC	6	4	4	112	126
EP MPUNGWE	CATHOLIQUE	7	3	5	239	150
EP LUKANANDA	PROTESTANT	6	5	2	131	180
EP KABISI II/CIRH.	PROTESTANT	6	6	0	223	179
CS MAZINGIRA	PRIVE	7	3	6	250	200
EP IMANI 2	SALUTISTE	6	3	5	118	128
EP. MUDUSA	PROTESTANT	15	12	5	324	267
EP.KIGOMA	KIMBANGUISTE	6	4	3	145	140
EP.KAJEJE	CATHOLIQUE	12	12	2	200	188
EP.KALWA	PROTESTANT	14	11	4	385	308
EP.1 MURHESA	CATHOLIQUE	14	14	5	338	317
EP.KASHUNGURHI	PROTESTANT	6	4	3	135	176
EP.CITUZO	PROTESTANT	6	4	4	126	104
EP. MUDERHWA	KIMBANGUISTE	6	4	3	120	116
EP. UVUTO	ADVENTISTE	6	3	4	83	101
EP2 MURHESA	CATHOLIQUE	14	11	5	323	328
	Total	**131**	**95**	**75**	**2458**	**2339**
	Pourcentage		**57,57**	**42,4242**	**51,24**	**48,75**

Source : Enquête de terrain, mai 2017

Nous avons constaté à travers ces résultats que les hommes sont majoritaires dans le personnel enseignant, de même, les garçons sont les plus nombreux dans ces établissements que les filles sur un total de 131 classes.

Tableau n°2 : Ecoles secondaires enquêtées en groupement de Mudaka(année scolaire 2016-2017)

Désignation	Réseau de gestion	Nombre de classes	Effectif du personnel		Effectif d'élèves inscrits 2016-2017	
			Hommes	Femmes	Garçons	Filles
LYCEE ARMANDA	CATHOLIQUE	12	12	3	151	155
INST.CINJOMA	PROTESTANT	6	10	0	140	130
INST.KISOLOKELE	KIMBANGUISTE	12	23	2	150	80
INST. MURHESA	CATHOLIQUE	14	26	3	400	210
INST. KALWA	PROTESTANT	8	15	1	187	187
INST. BUHURA	PROTESTANT	6	10	3	60	45
INST.KAJEJE	CATHOLIQUE	6	10	1	61	74
INST.KIGOMA	KIMBANGUISTE	6	10	3	60	45
INST.MUDAKA	ANGLICAN	6	10	0	180	110
	Total	**76**	**126**	**16**	**1389**	**1036**
	Pourcentage		**88,7324**	**11,2676**	**57,278**	**42,7216**

Comme à l'école primaire, les hommes sont plus nombreux que les femmes parmi le personnel enseignant et les garçons sont plus majoritaires que les filles parmi les élèves.

Tableau n°3 : Ecoles primaires enquêtées en groupement de Miti(année scolaire 2016-2017)

Désignation	Réseau de gestion	Nombre de classes	Effectif du personnel		Effectif d'élèves inscrits en 2016-2017	
			HOMMES	FEMMES	GARCONS	FILLES
EP.KASHUSHA	PROTESTANT	18	11	11	302	290
EP. MULUNGU	CATHOLIQUE	8	7	5	149	121
EP. KASEREKO	ECP/EBNM	6	4	3	145	111
EP.BUKUNDA	PROTESTANT	6	6	1	130	165
CS MATUNDA	PRIVE	6	2	5	47	35
EP. KAMBEHE	PROTESTANT	8	6	3	159	150
EP.ANGA MITI	NON CONVENTIONNE	17	10	10	240	225
EP.MERE HADEWYCH	CATHOLIQUE	10	5	8	228	226
EP.CHIBINDA II	PROTESTANT	6	6	3	200	136
EP.MAKOMBE	SALUTISTE	6	6	2	180	195
EP.MESHENGO	CATHOLIQUE	8	6	4	57	66
EP.RWABIKA	CATHOLIQUE	15	15	6	305	309
CS DIVIN MAITRE	CATHOLIQUE	6	3	4	88	95
EP.KAKENGE	CATHOLIQUE	11	8	5	228	215
	Total	**131**	**95**	**70**	**2458**	**2339**
	Pourcentage		**57,58**	**42,42**	**51,24**	**48,76**

Ces écoles représentent un échantillon de 60% d'écoles primaires opérationnelles dans ce groupement au cours de la période de la recherche sur terrain s'inscrivant dans l'année scolaire 2016-2017.

Tableau n°4 : Ecoles secondaires enquêtées en groupement de Miti (année scolaire 2016-2017)

Désignation	Réseau de gestion	Nombre de classes	Effectif du personnel		Effectif d'élèves inscrits	
			Hommes	Femmes	Filles	Garçons
INST.KAKENGE	CATHOLIQUE	6	9	1	51	63
INST.HILO	ECP/EBNM	6	6	4	48	60
INST.KASHUSHA	PROTESTANT	12	17	1	103	154
INST.MATUMAINI	PROTESTANT	11	13	1	139	135
INST.MUSHUNGURHI	CATHOLIQUE	9	15	2	43	164
INST. MITI	PROTESTANT	7	11	1	173	126
ITAV KABISI	PROTESTANT	12	27	3	208	116
INST.KASHEKESHEKE	KIMBANGUISTE	8	12	2	128	140
	Total	**71**	**110**	**15**	**893**	**958**
	Pourcentage		**48,8889**	**6,66667**	**48,244**	**51,7558**

En groupement de Miti comme en groupement de Mudaka, les hommes sont majoritaires dans le personnel enseignant des écoles enquêtées et les garçons sont les plus nombreux que les filles.

4.1.1 RÉSULTAT 1 : LA DENSITÉ NUMÉRIQUE DANS LES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT EN GROUPEMENTS DE MITI ET DE MUDAKA

Tableau n°5 : Densité numérique des écoles primaires en groupement de Miti

Dénomination de l'école	Nombre d'élèves	Nombre d'ordinateur de l'école	Marque et capacité	A quoi l'école utilise ses ordinateurs ?	Comment l'école utilise-t-elle les supports informatiques ?
EP.KAKENGE	443	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP.KASHUSHA	592	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP. MULUNGU	270	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP. KASEREKO	256	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP.BUKUNDA	295	0	-	-	Pas de supports à l'école
CS MATUNDA	82	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP. KAMBEHE	309	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP.ANGA MITI	465	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP.MERE HADEWYCH	454	4	Toshiba, Lenovo, Samsung	Enseignement et saisie des rapports administratifs	Pour le stockage des informations de l'école
EP.CHIBINDA II	336	3	Acer 500GB, HP 320GB	Enseignement et saisie des rapports administratifs	Pour le stockage et la sauvegarde des données de l'école
EP.MAKOMBE	375	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP.MESHENGO	123	1	Acer 500GB	Pour la saisie des rapports de l'école	L'école n'a pas de supports informatiques
EP.RWABIKA	614	1	Lenovo	Pour enseigner l'informatique	L'école n'a pas de supports informatiques
CS DIVIN MAITRE	183	11	TOSHIBA	Pour enseigner le cours d'informatique	Pour stocker les données électroniques de l'école
Total	4797	20			
Moyenne école		1,428571429			
Ratio élèves par ordinateurs		0,004169			

La densité numérique dans les établissements d'enseignement primaire en groupement de Miti est très faible avec quelques écoles qui ne possèdent aucun ordinateur à ce siècle. Le ratio qui traduit le nombre d'ordinateurs dont dispose une école par élève est inférieur à un ordinateur partout. C'est seulement trois écoles sur 14 qui ont plus d'un ordinateur alors que 9 écoles sur 14 ne disposent d'aucun ordinateur.

Tableau n°6 : Densité numérique des écoles secondaires et techniques œuvrant en groupement de Miti

Dénomination de l'école	Nombre d'élèves	Nombre d'ordinateur de l'école	Marque et capacité	A quoi l'école utilise ses ordinateurs ?	Comment l'école utilise-t-elle les supports informatiques ?
INST.KAKENGE	114	0	-	-	Pas de supports à l'école
INST.HILO	108	1	Dell 500GB	Saisie des rapports de l'école	L'école n'a que le flash disque pour stocker quelques données
INST.KASHUSHA	257	0	-	-	Pas de supports à l'école
INST.MATUMAINI	274	0	-	-	Pas de supports à l'école
INST.MUSHUNGURHI	207	1			
INST. MITI	299	0	-	-	Pas de supports à l'école
ITAV KABISI	324	2	HP 80GB	Saisie des rapports	L'école ne dispose d'aucun support informatique
INST.KASHEKESHEKE	268	2	HP 320GB	Enseignement du cours d'informatique	L'école possède de flash disques pour le stockage de ses données
Total	1851	6			
Moyenne		0,75			
Ratio élèves par ordinateurs		0,00324149			

Partout dans le groupement de Miti, la densité numérique des établissements d'enseignement secondaire est inférieure à un ordinateur. Seulement quatre écoles secondaires sur 8 disposent d'au moins un ordinateur et quatre autres parmi les huit pris pour échantillon pour l'ensemble du groupement de possèdent aucun ordinateur.

Tableau n°7 : Densité numérique des écoles secondaires et techniques en groupement de Mudaka

Dénomination de l'école	Nombre d'élèves	Nombre d'ordinateur de l'école	Marque et capacité	A quoi l'école utilise ses ordinateurs ?	Comment l'école utilise-t-elle les supports informatiques ?
LYCEE ARMANDA	306	15	-	Enseignement de l'informatique	L'école n'a que de flash disques pour la conservation de ses données
INST.CINJOMA	270	0	-	-	Pas de supports à l'école
INST.KISOLOKELE	230	0		-	Pas de supports à l'école
INST. MURHESA	610	0		-	Pas de supports à l'école
INST. KALWA	374	0			
INST. BUHURA	105	1	Lenovo 500GB	Pour enseigner le cours d'informatique	L'école n'utilise pas de supports informatiques
INST.KAJEJE	135	0	-	-	Pas de supports à l'école
INST.KIGOMA	105	0	-	-	Pas de supports à l'école
INST.MUDAKA	290	1	Dell 500GB	Saisie des rapports administratifs	L'école ne dispose d'aucun support informatique
Total	2425	17			
Moyenne		1,888888889			
Ratio élèves par ordinateurs		0,00701031			

En tout, sur neuf établissements d'enseignement secondaire et technique, le lycée Armanda qui organise les enseignements de l'option technique commerciale et informatique dispose d'un parc informatique qui dépasse dix ordinateurs bien qu'ici, le ratio élève par ordinateur soit aussi inférieur à 1 ordinateur. Dans toutes ces écoles tous les documents sont faits à la main, et quelques-uns sont saisis en dehors de l'école. Le ratio élève par ordinateur est inférieur à un ordinateur dans la moyenne de toutes ces écoles enquêtées.

Tableau n°8 : Densité numérique des écoles primaires opérationnelles en groupement de Mudaka

Dénomination de l'école	Nombre d'élè- ves	Nombre d'ordinateur de l'école	Marque et capacité	A quoi l'école utilise ses ordinateurs ?	Comment l'école utilise-t-elle les supports informatiques ?
EP CIRHOGOLE	233	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP KABANDA	312	1	HP	Produire les rapports administratifs	l'école n'utilise que le flash disque pour conserver quelques données
EP BENEMUDAKA	325	1	HP	Produire les rapports administratifs	Pas de supports à l'école
EP TUMAINI	136	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP IRHOBO	252	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP MPUNGWE	389	5	-	Enseignement de l'informatique	l'école ne dispose d'aucun support informatique
EP LUKANANDA	311	0	-	-	Pas de supports à l'école
EP KABISI II/CIRHOG	402	0	-	-	Pas de supports à l'école
CS MAZINGIRA	450	0	-	-	L'école ne dispose pas de ces outils
EP IMANI 2	246	0	-	-	L'école ne dispose pas de ces outils
EP. MUDUSA	591	1	HP 320GB	Produire les rapports administratifs	L'école ne dispose pas de ces outils
EP.KIGOMA	285	0	-	-	L'école n'a pas de supports informatiques
EP.KAJEJE	388	1	Lenovo 350GB	Pour enseigner l'informatique	L'école n'a pas de supports informatiques
EP.KALWA	693	2	HP, DELL	Pour enseigner le cours d'informatique	Pour stocker les données électroniques de l'école
EP.1 MURHESA	655	3	HP,DELL	Pour enseigner le cours d'informatique	Pour stocker les données électroniques de l'école
EP.KASHUNGURHI	311	0	-	-	L'école n'a pas de supports informatiques
EP.CITUZO	230	1	Dell 300GB	Pour enseigner le cours d'informatique	L'école n'a pas de supports informatiques
EP. MUDERHWA	236	1	Toshiba 150GB	Pour enseigner le cours d'informatique	L'école n'a pas de supports informatiques
EP. UVUTO	184	0	-	-	L'école n'a pas de supports informatiques
EP 2 MURHESA	651	3	DELL	Pour enseigner le cours d'informatique	L'école n'a pas de supports informatiques
Total	7266	19			
Moyenne		0,95			
Ratio élèves/ ordinateurs		0,00261492			

Commentaire : dans toutes les écoles enquêtées pendant cette recherche, nous avons trouvé que les logiciels multimédias, les tablettes, les CD, les CD-ROM, les flashs disques et les autres supports informatiques sont non seulement rares mais aussi inconnus par plusieurs gestionnaires d'établissements d'enseignement tant primaire que secondaire. Ces supports informatiques ne sont pas utilisés par les écoles de Miti et de Mudaka dans leurs activités pédagogiques et administratives.

4.1.2 RÉSULTAT 2 : L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR DANS LES ÉCOLES DE MUDAKA ET DE MITI

L'enseignement assisté par ordinateur est totalement absent dans les établissements d'enseignement de ces 2 milieux. Nous avons trouvé pendant cette recherche que c'est seulement le complexe scolaire Divin Maître situé en groupement de Miti qui donne quelques leçons d'informatique à ses apprenants en utilisant le vidéoprojecteur et qui dispose d'un plus grand nombre d'ordinateurs parmi toutes les écoles de la contrée(Miti) et qui possède un rétroprojecteur pour l'enseignement du cours d'informatique, bien que cela soit encore très insuffisant.

Partout ailleurs, nous sommes toujours à l'âge de la craie, du tableau noir et de l'utilisation des supports pédagogiques manuscrits. L'enseignement audiovisuel dans ces écoles rurales est utopique et la présence physique quotidienne de l'enseignant est obligatoire dans la classe pour que les enseignements soient donnés aux apprenants au quotidien. Ici pas d'enseignant pas de cours. Le personnel administratif, enseignant ainsi que les élèves de ces écoles n'utilisent pas du tout les technologies de l'information et de la communication. Aucun établissement d'enseignement primaire, secondaire et technique que ce soit en groupement de Miti ou de Mudaka ne possède un poste radio à usage pédagogique moins un téléviseur à usage pédagogique.

4.1.3 RÉSULTAT 3 : ESTIMATION DU DEGRÉ D'ACCÈS À INTERNET PAR LES ÉCOLES ŒUVRANT À MUDAKA ET À MITI

4.1.3.1 LE DEGRÉ D'UTILISATION D'INTERNET PAR LES ÉCOLES PRIMAIRES DANS LES DEUX GROUPEMENTS

Tableau n°9 : par les écoles primaires du groupement de Mudaka

Dénomination	Site web de l'école s'il existe	L'école a-t-elle une adresse e-mail ?	L'école utilise-t-elle internet dans ses activités pédagogiques et administratives ?	L'école a-t-elle de médiathèque propre pour ses activités pédagogiques ?
EP CIRHOGOLE	n'existe pas	Non	Non	Non
EP KABANDA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP BENEMUDAKA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP TUMAINI	n'existe pas	oui, cirimwamidonatiendirection@gmail.com	Non	Non
EP IRHOBO	n'existe pas	Non	Non	Non
EP MPUNGWE	n'existe pas	Non	Non	Non
EP LUKANANDA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP KABISI II/CIRHOG	n'existe pas	Non	Non	Non
CS MAZINGIRA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP IMANI 2	n'existe pas	Non	Non	Non
EP. MUDUSA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.KIGOMA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.KAJEJE	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.KALWA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.1 MURHESA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.KASHUNGURHI	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.CITUZO	n'existe pas	Non	Non	Non
EP. MUDERHWA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP. UVUTO	n'existe pas	Non	Non	Non
EP 2 MURHESA	n'existe pas	Non	Non	Non
Total		1 école qui a une adresse e-mail		
Moyenne		0,052%		
Ratio école par adresse e-mail		0,052		
Ratio école par site web	0			

Commentaire : La seule école qui dispose d'une adresse e-mail utilise l'adresse de son directeur gestionnaire, mais cette adresse n'a pas été ouverte exclusivement pour les besoins de l'école. Ce qui suppose que lors de son remplacement, l'école serait sans aucune adresse e-mail. Plus encore, le type d'accès à internet est problématique pour les écoles. Les écoles ici qui n'ont pas de site web n'ont donc pas de vitrine sur le monde est alors elles sont absentes.

Tableau n°10 : par les écoles primaires de Miti

Dénomination	Site web de l'école s'il existe	L'école a-t-elle une adresse e-mail ?	L'école utilise-t-elle internet dans ses activités pédagogiques et administratives ?	L'école a-t-elle de médiathèque propre pour ses activités pédagogiques ?
EP.KAKENGE	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.KASHUSHA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP. MULUNGU	n'existe pas	Non	Non	Non
EP. KASEREKO	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.BUKUNDA	n'existe pas	Non	Non	Non
CS MATUNDA	n'existe pas	Non	Non	Non
EP. KAMBEHE	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.ANGA MITI	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.MERE HADEWYCH	n'existe pas	Oui, epmerehad@gmail.com	Non, pour quelques communications(envoi et réception des mails)	Non
EP.CHIBINDA II	n'existe pas	Oui, ecolenature.sudkivu@gmail.com	Non, pour quelques communications(envoi et réception des mails)	Non
EP.MAKOMBE	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.MESHENGO	n'existe pas	Non	Non	Non
EP.RWABIKA	n'existe pas	Non	Non	Non
CS DIVIN MAITRE	n'existe pas	Oui, csdivivmaitre12@gmail.com	Non, c'est seulement pour assurer ses communications(envoi et réception des mails)	Non
Total		3 écoles qui ont une adresse e-mail		
Moyenne		0,214285 soit 21,42%		
Ratio école par adresse e-mail		0,214285		
Ratio école par site web	0			

Commentaire : L'internet n'est pas utilisé dans les écoles de ce milieu, c'est un grand inconnu dans le monde éducatif pourtant son importance n'est pas à démontrer.

4.1.3.2 LE DEGRÉ D'UTILISATION D'INTERNET PAR LES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE DANS LES DEUX GROUPEMENTS

Tableau n°11 : par les écoles secondaires et techniques de Mudaka

Dénomination	Site web de l'école s'il existe	L'école a-t-elle une adresse e-mail ?	L'école utilise-t-elle internet dans ses activités pédagogiques et administratives ?	L'école a-t-elle de médiathèque propre pour ses activités pédagogiques ?
LYCEE ARMANDA	n'existe pas	Oui, lymarmanda@yahoo.fr	Non, c'est seulement pour assurer ses communications(envoi et réception des mails)	Non
INST.CINJOMA	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.KISOLOKELE	n'existe pas	Non	Non	Non
INST. MURHESA	n'existe pas	Non	Non	Non
INST. KALWA	n'existe pas	Non	Non	Non
INST. BUHURA	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.KAJEJE	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.KIGOMA	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.MUDAKA	n'existe pas	Non	Non	Non
Total	-	1 école qui a l'adresse e-mail		
Moyenne	-	0,1111 soit 11,11%		
Ratio école par adresse e-mail		0,1111		
Ratio école par site web	0			

Commentaire : Le seul établissement d'enseignement technique qui dispose de l'adresse e-mail ne l'utilise uniquement que comme outil de messagerie électronique, échange de courriers avec quelques proches de l'école. Les écoles n'exploitent pas internet pour leurs activités pédagogiques et administratives.

Tableau n°12 : par les écoles secondaires et techniques du groupement de Miti

Dénomination	Site web de l'école s'il existe	L'école a-t-elle une adresse e-mail ?	L'école utilise-t-elle internet dans ses activités pédagogiques et administratives ?	L'école a-t-elle de médiathèque propre pour ses activités pédagogiques ?
INST.KAKENGE	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.HILO	n'existe pas	Oui, insitituthilo183@gmail.com	Non, c'est seulement pour assurer ses communications(envoi et réception des mails)	Non
INST.KASHUSHA	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.MATUMAINI	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.MUSHUNGURHI	n'existe pas	Oui, mushungurhipierre@gmail.com	Non, c'est seulement pour assurer ses communications(envoi et réception des mails)	Non
INST. MITI	n'existe pas	Non	Non	Non
ITAV KABISI	n'existe pas	Non	Non	Non
INST.KASHEKESHEKE	n'existe pas	Oui,eckkashekesheke@gmail.com	Non, c'est seulement pour assurer ses communications(envoi et réception des mails)	Non
Total		3 écoles qui ont une adresse e-mail		
Moyenne		0,375 soit 37,5%		
Ratio école/adresse e-mail		0,375		
Ratio école/site web	O			

Commentaire : Les deux écoles qui possèdent une adresse e-mail, utilisent les adresses de leurs gestionnaires. Ces adresses n'ont pas été créées pour le besoin des établissements mais plutôt pour le bien de responsables de ces écoles. Ce sont leurs gestionnaires qui utilisent ces adresses pour échanger les courriers avec leurs proches.

4.1.4 RÉSULTAT 4 : DE L'ALIMENTATION DES ÉCOLES EN COURANT ÉLECTRIQUE

a) **Ecoles primaires du groupement de Miti** : sur un total de 14 écoles enquêtées pendant cette recherche, seulement deux écoles sont alimentées en énergie électrique, soit un taux de 14,2% de l'échantillon. Ces deux écoles sont notamment, le complexe scolaire Divin Maître située à Mululu et l'école primaire Chibinda 2 située à Chibinda. Précisons également que ce courant électrique n'est pas toujours permanent pour faciliter la réalisation des activités pédagogiques, les coupures sont toujours intempestives.

b) **Ecoles primaires de Mudaka** : pour un échantillon aléatoire simple de 20 écoles primaires, une seule école, l'école primaire Mpungwe située à Murhesa, est desservie en énergie électrique, soit un taux de 5% de l'échantillon.

c) **Ecoles secondaires de Miti** : c'est seulement l'institut Mushungurhi qui est alimentée en énergie électrique sur un échantillon aléatoire simple de 8 écoles enquêtées, soit un taux de 12,5% de desserte des écoles.

d) **Ecoles secondaires œuvrant à Mudaka**: l'enquête réalisée dans ce milieu a révélé que c'est seulement le Lycée Mère Armanda qui est desservie en énergie électrique, soit un taux de 11,1% de l'échantillon sur 9 écoles enquêtées

4.1.5 RÉSULTAT 5 : DE L'UTILISATION DE NTIC POUR DES FINS ÉDUCATIVES PAR LES ÉCOLES

Dans le groupement de Miti, uniquement le complexe scolaire Divin Maître dispense quelques leçons du cours d'informatique en utilisant le vidéoprojecteur au profit de ses élèves. Les autres écoles n'ont pas intégrées les TIC dans leurs activités pédagogiques et administratives.

En groupement de Mudaka, la recherche a révélé que les NTIC demeurent un rêve dans les activités pédagogiques et administratives dans les écoles primaires et secondaires, car à part le lycée Armanda et l'école primaire de Mpungwe qui

disposent chacune de quelques ordinateurs, dans les autres écoles, les NTIC sont et demeurent une utopie. On se complait souvent à faire figurer le cours d'informatique sur les horaires de cours mais en réalité, les apprenants n'ont rien appris durant toute l'année scolaire dans le cadre de cette discipline.

Les NTIC sont un grand inconnu dans les écoles et leur intégration dans ces institutions n'est pas encore garantie par les acteurs éducatifs. Les autres grands inconnus dans ces écoles et par les acteurs en présence sont l'enseignement audiovisuel, les logiciels multimédias, et les supports informatiques comme les tablettes, le flash disques, les disques compatibles, etc.

4.2 DISCUSSION

Le plein accès aux technologies de l'information et de la communication est encore loin d'être une réalité dans les écoles œuvrant dans les groupements de Mudaka et de Miti comme le démontrent les résultats obtenus par cette recherche. La densité numérique dans les écoles de ces deux milieux est très faible. Partout le ratio élève par ordinateur est inférieur à un ordinateur, soit de 0,004169 pour les écoles primaires du groupement de Miti, de 0,00270124 pour les écoles secondaires opérationnelles dans ce groupement ; de 0,00701031 pour les écoles secondaires de Mudaka et de 0,00261492 dans les écoles primaires du même groupement.

❖ **Accès à l'électricité dans les écoles**

L'intégration des TIC dans les établissements d'enseignement ne peut se faire indépendamment de la présence d'une source d'énergie continue et déjà disponible. Les appareils mobiles fonctionnant sur batterie et pouvant être rechargés à l'extérieur(par exemple les téléphones portables et notamment les smart phones) ont le potentiel d'accroitre les possibilités d'apprentissage, mais la plupart des outils tels que les télévisions, les ordinateurs de bureau, les ordinateurs portables, les tablettes et l'Internet nécessitent une source d'énergie stable(ISU, 2015).

L'électricité est rare dans les établissements d'enseignement primaire du Burundi, de Madagascar, de Sierra Leone, du Niger et d'Ouganda, où moins de 5% des écoles primaires sont connectées à un réseau électrique. L'électricité est également rarement disponible dans les établissements d'enseignement primaire du Burkina Faso, du Cameroun, des Comores, de RDC, d'Ethiopie, de Guinée, du Lesotho, du Malawi, du Togo et de la République unie de Tanzanie, où moins de 20% des écoles primaires sont alimentées en électricité. Par contraste, plus de trois quarts des écoles primaires sont reliées à l'électricité au Botswana, au Djibouti, au Sao Tomé-et-Principe, en Afrique du Sud et au Swaziland. A Maurice et aux Seychelles, tous les établissements d'enseignement primaire ont l'électricité (ISU,2015).

Pour ce qui est de cette recherche réalisée dans les groupements de Miti et de Mudaka ; 12,5% est le taux de desserte des écoles secondaires à Miti ; 11,11% de desserte pour les écoles secondaires et techniques en groupement de Mudaka ; de 5% pour les écoles primaires de Mudaka et de 14,2% pour les écoles primaires de Miti.

❖ **La densité numérique des écoles**

Les ressources informatiques sont largement insuffisantes dans les établissements d'enseignement primaire de nombreux pays tels que la Gambie où on dénombre en moyenne 277 élèves par ordinateur. Le manque d'ordinateurs est particulièrement flagrant en Zambie et au Sao Tomé-et-Principe où il ya plus de 5OO élèves de l'enseignement primaire par ordinateur. Le ratio d'élèves par ordinateur au niveau de l'enseignement primaire en Afrique du Sud, au Botswana, au Rwanda et au Maurice est respectivement de 90 :1 ; 55 :1 ; et 23 :1.

A Madagascar et au Niger par exemple, on dénombre en moyenne plus de 500 élèves par ordinateur dans le premier cycle de l'enseignement secondaire. Dans le deuxième cycle, ce ratio passe à 94 :1 au Niger mais il reste de 500 :1 à Madagascar (ISU, 2015).

Les résultats obtenus pour ce cas par cette recherche dans les deux entités rurales à savoir Mudaka et Miti sont les suivants, pour 14 écoles primaires enquêtées en groupement de Miti pour 4797 élèves à former, cinq écoles ont au moins chacune 1 ordinateur et un total de 20 ordinateur pour l'ensemble de ces écoles. Six ordinateurs pour 8 écoles secondaires enquêtées et 1851 élèves et seulement 4 écoles possèdent entre 1 et 2 ordinateurs pour une moyenne de 0,75 ordinateur par école.

Pour le groupement de Mudaka, 2425 élèves à former sur 9 écoles enquêtées, un total de 17 ordinateurs ont été enregistrés avec seulement 2 écoles qui possèdent chacune un ordinateur et une école qui possède 15 ordinateurs, et 7266 élèves du primaire pour 19 ordinateurs pour 9 écoles, d'où une moyenne de 1,88 ordinateur par école dans l'ensemble.

❖ **L'enseignement assisté par ordinateur**

Est une méthode pédagogique interactive qui prévoit l'usage d'un ordinateur pour dispenser un cours, suivre l'apprentissage et choisir du matériel pédagogique supplémentaire à proposer aux élèves/étudiants en fonction de leurs besoins individuels. Les salles d'informatique, combinées avec l'apprentissage en classe, peuvent être perçues comme un soutien efficace pour l'enseignement assisté par les TIC, notamment en ce qui concerne l'utilisation des ordinateurs et de l'Internet. Des données antérieures issues du programme d'analyse des systèmes éducatifs de la CONFEMEN(PASEC) et relatives aux pays d'Afrique occidentale et centrale ont montré que 5% au moins des élèves de 2ème et de 5ème année fréquentaient un établissement d'enseignement équipé d'une salle d'informatique au Mali en 2012(PASEC,2014), en RDC(PASEC,2011), et au Togo(PASEC,2012a), en 2010, et en Côte d'Ivoire en 2009(PASEC,2012b).(ISU,2015).

Pour le cas étudié des écoles de Miti et de Mudaka, il s'y observe ce qui suit, les écoles de ces deux entités n'assurent pas à leurs apprenants l'enseignement assisté par ordinateur. Pendant cette recherche sur terrain, nous n'avons trouvé aucune école qui dispose d'un poste radio à usage pédagogique, aucune d'elles ne possède un téléviseur à usage pédagogique et l'accès des établissements à internet est très réduit si pas absent pour certaines.

❖ **Internet comme outil d'apprentissage en ligne**

L'apprentissage en ligne ou l'enseignement par Internet est une méthode pédagogique interactive qui prévoit l'utilisation des contenus issus du web. Tous les établissements de l'enseignement secondaire publics du Botswana sont équipés d'une connexion internet. Maurice a connecté à l'internet respectivement 93% et 99% de ses établissements de l'enseignement primaire et secondaire. Au Rwanda la connectivité internet reste faible dans ce pays avec respectivement 6% et 18% des établissements de l'enseignement primaire et secondaire avec accès à internet(ISU,2015).

En groupements de Mudaka et de Miti, la présente recherche est arrivée aux résultats suivants pour ce point : 37,5% d'écoles secondaires et techniques de Miti ne possèdent rien que l'adresse e-mail ; 11,11% du groupement de Mudaka, alors que 21,42% d'écoles primaires de Miti ont une adresse e-mail contre 0,05% à Mudaka possède l'adresse e-mail. Ni en groupement de Miti ni en groupement de Mudaka, aucune école ne possède de site web. Ces établissements n'utilisent donc pas le contenu web dans leurs activités pédagogiques et administratives.

Alors que selon le CTA(2015), 2,5 trilioes d'octets de données sont produites chaque jour dans le monde. Ils proviennent de capteurs d'images numériques, de signaux GPS de téléphones mobiles, de messages sur les sites de médias sociaux, de vidéos publiées en ligne, de transactions d'achats en ligne. Le taux de pénétration d'internet est de 3% en Afrique contre une moyenne mondiale de 14%.(CTA,2015).

Les écoles qui fonctionnent dans les groupements de Miti et de Mudaka n'exploitent pas internet comme un outil d'apprentissage et pour cela, elles ne dotent pas leurs apprenants de nouvelles compétences dans le domaine du numérique. Le peu d'écoles qui possèdent une adresse e-mail, ne l'utilisent uniquement que pour échanger les courriels et les messageries électroniques avec quelques proches des directeurs gestionnaires de ces écoles et non souvent pour les besoins de ces établissements.

L'utilisation des TIC dans le secteur de l'éducation en est encore à un stade embryonnaire dans la majorité des pays d'Afrique subsaharienne. Néanmoins, de nouvelles avancées et prises de position concernant les TIC dans l'éducation sont faites presque quotidiennement sur le continent. Or, Julia Isaacs (2012) a observé que depuis de nombreuses années les investissements tendent à se concentrer sur le fonctionnement des nouvelles technologies dans des milieux éducatifs pauvres en ressources, en adoptant une approche technocentrée de l'intégration des TIC dans l'éducation. Il est clair qu'une stratégie qui met l'accent sur une pédagogie solide, sur la formation des enseignants à l'utilisation efficace des TIC pour améliorer l'enseignement et sur le renforcement des capacités globales est bien plus pertinente.

Quoiqu'à des rythmes différents, les TIC sont peu à peu introduites dans les systèmes d'éducation de la plupart des pays mais leur développement reste lent à cause du manque de politiques efficaces, d'infrastructures de base (électricité, appareils, accès internet), de ressources financières et d'enseignants qualifiés. Il s'ensuit que l'intégration des TIC dans une minorité d'écoles a le potentiel d'élargir la fracture numérique en fonction de plusieurs facteurs tels que le genre, le lieu et la situation socioéconomique(ISU UNESCO,2015).

❖ **Pourcentage d'établissements primaires et secondaires disposant d'un poste radio, d'un téléviseur à usage pédagogique dans les deux groupements (Mudaka et Miti)**

Après investigations, enquete, sondages et observations réalisées sur terrain, il s'est dégagé que le taux de possession d'un poste radio et d'un téléviseur à usage pédagogique dans les écoles est de 0% que ce soit en groupement de Miti ou en

groupement de Mudaka. Ces outils pédagogiques qui font partie de technologies de l'information et de la communication sont non seulement absents mais aussi totalement inconnus dans les écoles de ces milieux.

5 CONCLUSIONS

Dans la plupart de cas, les administrations et entreprises congolaises y compris les écoles, privilégient jusqu'à ce jour le traitement manuel de dossier. Cette technique traditionnelle consacre la lenteur, la falsification des données, la conservation incertaine des archives, la difficulté de consultation des dossiers, la perte de temps, le manque des statistiques fiables, la difficulté de transmission et de communication de l'information interinstitutionnelle. C'est un retard criant de gouvernance électronique par rapport aux autres pays de la région (Guilain BABS,2014).

Il se constate que les nouvelles technologies de l'information et de la communication ne sont toujours pas développées en RDC. Cette fracture est une réalité dans notre pays et se doit d'être réduite dans le domaine de l'éducation. Les NTIC constituent une réponse aux différents défis de l'éducation (doter chaque élève d'un numéro matricule, la formation à distance des enseignants à l'aide de la vidéo conférence, l'impression des listings de paie et bien d'autres) (Maker MWANGU cité par GAELE BASUBI et NONO WAHEMA, 2012).

Dans les groupements de Mudaka et de Miti, les écoles tant secondaires que primaires ont un faible taux d'intégration des technologies de l'information et de la communication dans leurs activités pédagogiques et administratives, ce qui consacre une certaine médiocrité scientifique et numérique de ces établissements.

Elles enregistrent un très faible degré de connectivité à internet avec 37,5% d'écoles secondaires à Miti qui ont une adresse e-mail, et 11,11% de Mudaka ; 21,42% d'écoles primaires de Miti enquêtées ont l'adresse e-mail contre 0,05% à Mudaka. Aucune école à Mudaka et à Miti ne dispose d'un site web et aucune ne pratique l'enseignement assisté par internet ; et aussi, elles sont faiblement desservies en courant électrique et en d'autres sources d'énergie, soit 12,5% pour les écoles secondaires du groupement de Miti qui sont alimentées en électricité ; 11,11% d'écoles secondaires de Mudaka et 5% pour les écoles primaires de ce groupement, tandis que 14,2% d'écoles primaires enquêtées en groupement de Miti sont desservies en courant électrique. Il est cependant déplorable d'avoir constaté que malgré cela, ce courant électrique est très souvent absent et ne permet pas aux écoles de très bien l'utiliser dans leurs activités. Ces écoles possèdent une faible densité numérique par rapport à leurs populations scolaires à desservir, soit un ratio partout inférieur à un ordinateur. Ces institutions éducatives ne sont pas compétitives dans le domaine de la technologie numérique. Cette recherche réalisée dans ces deux groupements révèle que beaucoup de ces écoles ne disposent même pas d'un seul ordinateur à ce siècle où les technologies modernes de l'information et de la communication sont devenues incontournables et impératives à toutes les sociétés humaines, soit d'après cette recherche, 10 écoles sur 20 écoles primaires enquêtées en groupement de Mudaka ne possèdent aucun ordinateur, et 6 écoles secondaires sur 9 n'ont aucun ordinateur, alors que pour le groupement de Miti, 4 écoles secondaires sur 8 enquêtées ne disposent d'aucun ordinateur ; et 9 écoles primaires sur 14 enquêtées ne possèdent pas d'ordinateur. Ces écoles sont en grande partie sous-équipées en infrastructures et matériels utilisables pour les nouvelles technologies de l'information et de la communication, comme les supports informatiques(CD-ROM, DVD, réseaux informatiques, logiciels multimédias, logiciels de création de pages web, supports de stockage, etc), les ordinateurs, les modems, les routeurs, la connexion internet, les cartes réseau, les kits de connexion à internet, les logiciels de navigation, les logiciels de messagerie, les antennes VSAT, les navigateurs informatiques, les postes de radio à usage pédagogique, les téléviseurs à usage pédagogique… d'où elles n'utilisent réellement pas au vrai sens ces technologies de l'information et de la communication(TIC) dans leurs activités quotidiennes. Cette recherche accomplie dans ces écoles note que cette technologie est inconnue des acteurs et gestionnaires d'écoles, car l'unique et seul outil de télécommunication qui est très répandue, très populaire, est le téléphone portable, mais il n'est pas utilisé pour les activités pédagogiques mais plutôt pour émettre des appels, l'envoi et la réception des messages.

L'envergure mondiale de l'internet et des autres technologies de l'information et de la communication similaires exige que l'on accepte humblement une réponse internationale à certains problèmes, et donc que l'on instaure une politique de coopération active entre les institutions éducatives de Mudaka et Miti avec les autres services étatiques.

Enfin, il faudra faire un effort particulier par les gestionnaires et acteurs d'écoles à tous les niveaux pour que les écoles exerçant dans les groupements de Miti et de Mudaka bénéficient de ces nouvelles technologies pour une adhésion à la société numérique du siècle, une nécessité incontournable.

Comme aucune école dans ces deux milieux ne possède de site web, elles n'ont donc pas de vitrine sur le monde, elles sont considérées alors absentes dans le monde du numérique.

RÉFÉRENCES

[1] CAEME-AFRIQUE, (2012), L'informatique au secondaire, (en ligne) http://caeme-afrique.centerblog.net/m/25-informatique-au-secondaire, consulté le 28 mars 2017

[2] CONGO FORUM,(2007), L'impact de l'informatique dans la société congolaise, (en ligne) http://www.Google.com, consulté le 22 mai 2017

[3] CTA,(2014), Amélioration génétique animale, des bouleversements à venir, revue spore, n°165.

[4] RDC,MINEPSP,(2007), Programme d'informatique de l'enseignement secondaire

[5] RDC,MINEPSP,(2007), Programme d'informatique de l'enseignement primaire

[6] République TUNISIENNE,(2006), Ministère de l'éducation et de la formation , Programmes d'informatique, 3ème année et 4ème année de l'enseignement secondaire, (en ligne), http:// www.Google.com, consulté le 7 avril 2017.

[7] GUILAIN BABS,(2014), RDC : au plus lointain d'une société de l'information, (en ligne), http://business-et-finances.com/rdc-au-plus-lointain-dune-societe-de-linformation/ consulté le 12 juin 2017

[8] GAELLE BASUBI et NONO WAHEMA,(2012), L'apprentissage des NTIC, moyen sûr pour atteindre le développement et la modernité en RDC, (en ligne), http://www.eduquepsp.cd/index.php/actualites/3299-lapprentissage-des-nouvelles-technologies-de-linormation-et-la-communication-moyen-sur-pour-atteindre-le-developpement-et-la-modernite-en-rdc, consulté le 9 juin 2017

[9] UNESCO ISU, (2015), Technologies de l'information et de la communication en éducation en Afrique subsaharienne, analyse comparative du développement numérique dans les écoles, bulletin de l'ISU, n°25, (en ligne), http://www.Google.com, consulté le 5 juillet 2017.

[10] CTA(2015), Données ouvertes et big data, aide à la décision, revue spore n°175.

[11] CTA(2015), Une clientèle de proximité, commerce régional, revue spore n°178.

Notice of Retraction

The Editor-in-Chief of the *International Journal of Innovation and Applied Studies* wishes to retract the article:

Salah Eddine SALHI and Abdellah Echaoui, "Assessment and analysis of the determinants of the tax potential in Morocco : Macro-econometric modeling test (ENGLE-GRANGER COINTEGRATION MODEL)," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 24, no. 2, pp. 702–718, September 2018.

It has come to our attention that certain aspects of the article have been copied from an earlier work.

The journal submission guidelines make it clear that articles must be original and do not infringe any existing copyright. The Editor-in-Chief sincerely apologizes to readers and the original authors.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 719-727
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Rapid Sand Filtration Technique to reduce Iron in SAU Campus

A. Singha[1], T. Akter[1], and K. Hossain[2]

[1]Irrigation and Water Management, Sylhet Agricultural University, Sylhet-3100, Bangladesh

[2]Research fellow, Irrigation and Water Management, Sylhet Agricultural University, Sylhet-3100, Bangladesh

Copyright © 2018 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 main objective of this research work is to improve the filtration technologies to make them more sustainable and accessible for the public. This study focused on developing improved modified operating methods for rapid sand filtration technology. In this an attempt is made one modified rapid sand filter and compare with conventional rapid sand filter. The main objective to increase the efficiency of conventional rapid sand filters by some modification. For construction of modified filter PVC granules are used as capping material as well as ferric chloride also used. Both the material helps to achieve the lower turbidity and total dissolved solid concentration. In this purpose A Fabricated model was prepared having dimension 17x17x12 m. Gravel, Coconut shell (Activated carbon), Sand was filled in the model in the layer of size 45cm, 40cm, 30cm respectively. The tests which are conducted on sample are pH, Turbidity, BOD, Total solids. It improves the performance of filter in terms of high filtration rate, high turbidity removal and high decrease in percentage of total solids and thus making it more applicable. The results indicate that with the developed rapid-sand filters store rate of 137 gallons per day (g/d), the modified filters would require less cleaning than the other traditional filter. This report proposes the implementation of highly iron mitigation measures to prevent long term health effects. It also contains leaflets for widespread information on the construction, use and maintenance of the SAU authority, decision makers, water specialists and scientists confronted with iron mitigation needs.

KEYWORDS: Sustainable, Construction, Rapid Sand Filter, Modified, Technologies.

1 INTRODUCTION

Iron is the second most abundant metal in the earth's crust, of which it accounts for about 5%. Elemental iron is rarely found in nature, as the iron ions Fe2+ and Fe3+ readily combine with oxygen- and sulfur-containing compounds to form oxides, hydroxides, carbonates, and sulfides. Iron is most commonly found in nature in the form of its oxides [1][2]. In drinking-water supplies, iron(II) salts are unstable and are precipitated as insoluble iron(III) hydroxide, which settles out as a rust-coloured silt. Anaerobic groundwaters may contain iron(II) at concentrations of up to several milligrams per litre without discoloration or turbidity in the water when directly pumped from a well, although turbidity and colour may develop in piped systems at iron levels above 0.05–0.1 mg/litre. Staining of laundry and plumbing may occur at concentrations above 0.3 mg/litre [3].

Filtration is a fundamental unit process that is commonly used to help remove particles present in surface water, precipitated hardness from lime-softened water, microorganisms (bacteria, viruses, and protozoan cysts), precipitates of aluminum and iron used in coagulation, and precipitated iron and manganese present in many well water supplies [4][5]. Filtration can be compared to a sieve or micro-strainer that traps suspended material between the grains of filter media. However, since most suspended particles can easily pass through the spaces between grains of the filter media, straining is the least important process in filtration. Filtration primarily depends on a combination of complex physical and chemical mechanisms, the most important being adsorption. Adsorption is the process of particles sticking onto the surface of the individual filter grains or onto the previously deposited materials. Forces that attract and hold particles to the grains are the same as those that work in coagulation and flocculation. In fact, coagulation and flocculation may occur in the filter bed, especially if coagulation and flocculation before filtration was not properly controlled. Incomplete coagulation can cause

serious problems in filter operation. Filters may be broadly classified as “rapid” or “slow” based on the rate at which they operate. A slow sand filter is a filter operated at very low filtration rates (usually 0.1~0.2 m/hr) without coagulation in pre-treatment [6].

Capping is the process of covering the filtration media by appropriate caps such anthracite coal, bituminous coal, crushed coconut shell. Capping involves the replacement of portion of sand with appropriate caps. The Proposed study was made to assess the use of Coconut shell as a capping media. Coconut shells are easily available and it helps to tackle some additional flock loads. It improves quality of filtration with respect to bacterial measure.



Fig. 1. Campus of Sylhet agricultural University

Source: (M. A. Hossain et.al.; Sustainable Storm Water Drainage System Design for Sylhet Agricultural University, 2016)

The primary focus of this research is to design and construct a modified filtration system water treatment. The materials used for the design of modified filtration system; gravel, sand, and PVC granules.

1. To Design and construct pilot scale model of rapid sand filter.
2. To study the performance of rapid sand filter based on the quality of effluent produced.

2 MATERIALS AND METHODS

In this chapter, testing facility, experimental procedures and experimental programs are included. Design of experimental set up is done based on the basic design of rapid sand filtration. As per the literature review the design for set-up is done.

2.1 MATERIALS

2.1.1 GRAVEL

Gravel which retained on 45cm has been used as supporting media for sand layer. The depth of gravel layer in the filtration units is 20cm. Gravel was washed and oven dried thoroughly before using as the supporting filter media layer.



Fig. 2. Standard size of Gravel

2.1.2 SAND

River sand having uniformity co-efficient 1.7 and effective size 0.60mm is used as filter material. Sand was washed with clean and sun dried before using as filter media. The depth of sand layer maintained in the filtration unit is 30 cm.



Fig. 3. Standard size of Coarse Sand

2.1.3 ACTIVATED CARBON/ CRUSHED COCONUT SHELL

Crushed coconut shells having an effective size of 1.91 mm were used as capping media above the sand layer. crushed coconut shell was placed in layers above the sand as capping. The depth of coconut layer in filtration unit was 45 cm. Coconut

shells were crushed into pieces manually using a rammer then thoroughly cleaned before using it as capping. Crushed coconut shells were washed and oven dried for 24 hrs.



Fig. 4. Standard size of Coal (Activated Carbon)

2.2 STUDY AREA

Fabricated model was prepared having dimension 17x17x12 m. Gravel, Coconut shell (Activated carbon), Sand was filled in the model in the layer of size 45cm, 40cm, 30cm respectively. The tests which are conducted on sample are pH, Turbidity, BOD, Total solids. It improves the performance of filter in terms of high filtration rate, high turbidity removal and high decrease in percentage of total solids and thus making it more applicable.

The Filter was installed in Abus Samad Azad Hall. The Sample was collected from the dining place and different floor in this hall. The sample collected was turbid. The sample was collected in cans. The water was tested Agricultural Construction and Environmental Engineering lab for sieve analysis and water quality testing. Water sample was bought to laboratory and it was kept in large containers for sedimentation process with detention period for 3-4 hrs. The supernatant water was collected and then passed through Rapid Sand Filter.

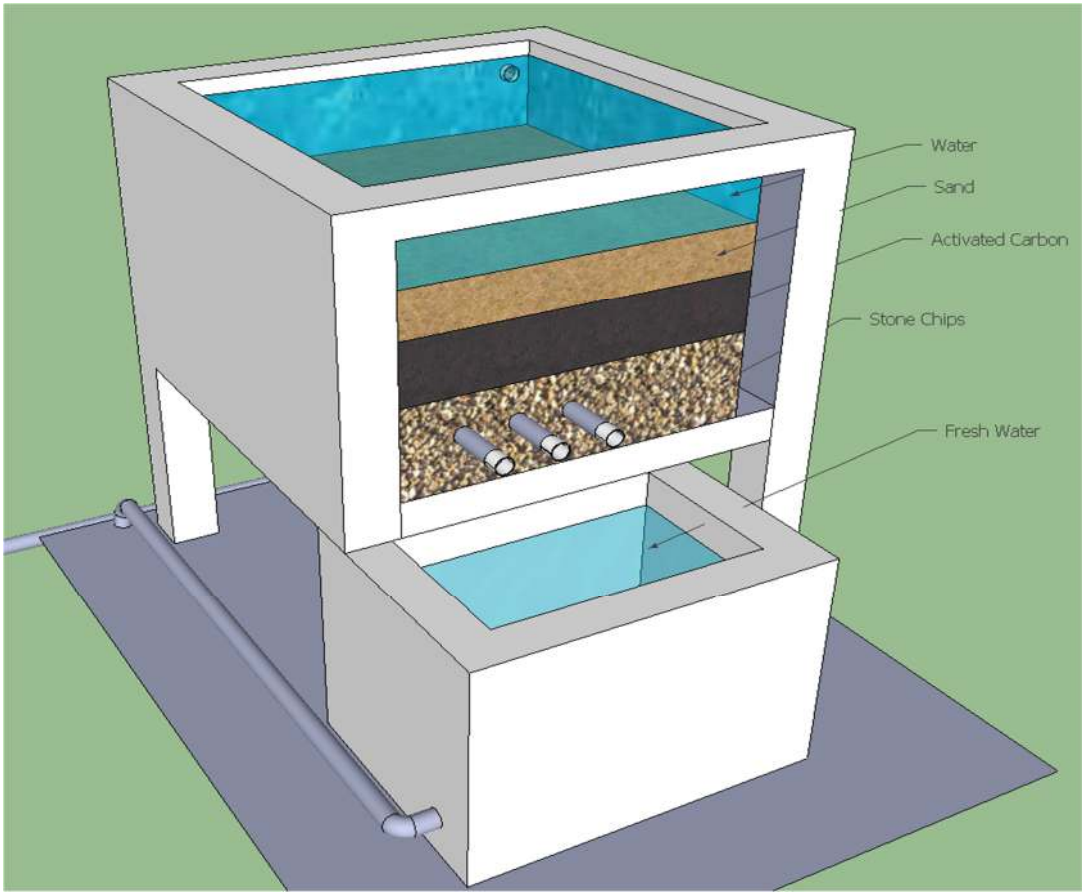


Fig. 5. Proposed a Fabricated model

2.3 EXPERIMENTATIONS

Various experiments were performed for water i.e., pH, Turbidity and Total dissolved solids to determine the initial and final concentration. pH of the sample helps to determine the acidic or basic characteristics. Generally, the pH scale varies from 0 to 14. 0 to 7 is acidic, 7 are neutral and 7-14 is alkali in nature. According to drinking point of view it plays an important role. Continuous use of acidic or alkali water create the serious health issues.

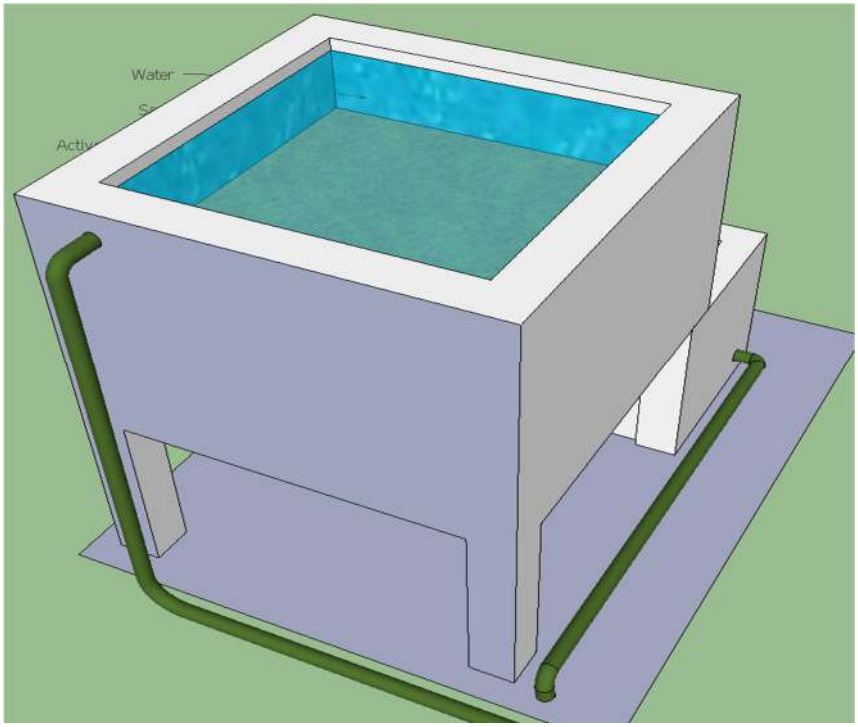


Fig. 6. Angle View of Modified Rapid Sand Filter

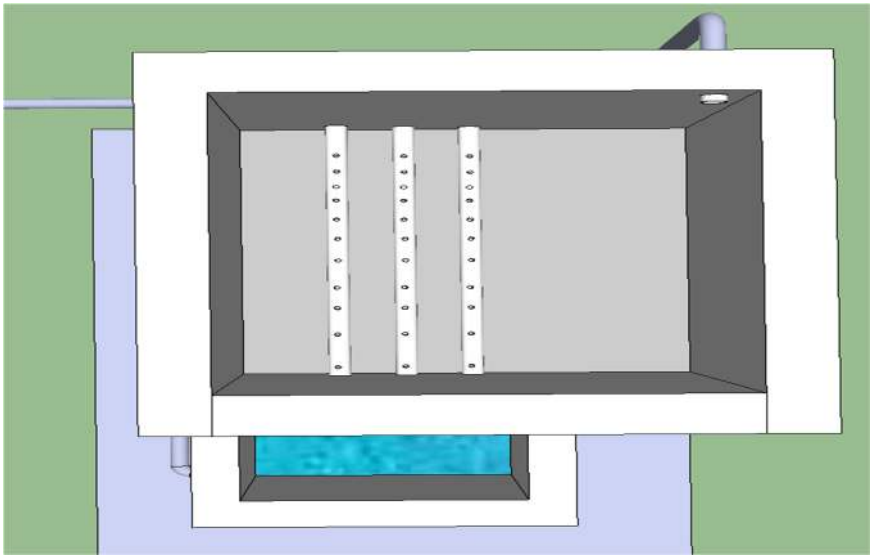


Fig. 7. Top View of Modified Rapid Sand Filter

Aggregate gradation (sieve analysis) is the distribution of particle sizes expressed as a percent of the total dry weight. Gradation is determined by passing the material through a series of sieves stacked with progressively smaller openings from top to bottom and weighing the material retained on each sieve. For the characterization of bulk goods of different forms and sizes, the knowledge of their particle size distributions is essential. The particle size distribution, i.e. the number of particles of different sizes, is responsible for important physical and chemical properties such as solubility, flowability and surface reaction. Gradations are expressed on the basis of total percent dry weight passing, which indicates the total percent of aggregate by weight that will pass a given size sieve.

Some of the descriptive terms used in referring to aggregate gradations are:

Coarse Aggregate: All the materials retained on and above the No. 8 (2.36 mm) sieve
Fine Aggregate: All the material passing the No. 8 (2.36 mm) sieve.

2.4 FINENESS MODULUS

Fineness Modulus is defined as an index to the particle size not to the gradation. Fineness Modulus is calculated from the sieve analysis. It is defined mathematically as the sum of the cumulative percentages retained on the standard sieves divided by 100. The standard size sieves are 6" (150 mm), 3" (75 mm), 1 ½" (37.5 mm), ¾" (19.0 mm), 3/8" (9.5 mm), No. 4 (4.75 mm), No. 8 (2.36 mm), No. 16 (1.18 mm), No. 30 (600 μm), No. 50 (300μm), and No. 100 (150 μm). Always report the fineness modulus to the nearest 0.01. In fineness modulus, the finer the material the more the water demand is. It is used for the purpose of estimating the quantity of coarse aggregate to be used in the concrete mix design. The F.M. of fine aggregates should not be less than 2.3 or more than 3.1, or vary by more than 0.20 from batch to batch.

2.5 APPARATUS

1) Balance or scale: Capacity sufficient for the sample mass, accurate to 0.1 percent of the sample mass or readable to 0.1 g
2) Sieves
3) Mechanical sieve shaker
4) Suitable drying equipment
5) Containers and utensils: A pan or vessel of a size sufficient to contain the sample covered with water and to permit vigorous agitation without loss of any part of the sample or water

2.6 SAMPLE SIEVING

In this procedure it is required to shake the sample over nested sieves. Sieves are selected to furnish information required by specification.

Sieves are nested in order of decreasing size from the top to the bottom and the sample, or a portion of the sample, is placed on the top sieve.

Sieves are shaken in a mechanical shaker for approximately 10 minutes, or the minimum time determined to provide complete separation for the sieve shaker being used. As established by the Time Evaluation.

2.7 TIME EVALUATION

The minimum time requirement should be evaluated for each shaker at least annually by the following method:

1. Shake the sample over nested sieves for approximately 10 minutes.

2. Provide a snug-fitting pan and cover for each sieve, and hold in a slightly inclined position in one hand.

3. Hand-shake each sieve by striking the side of the sieve sharply and with an upward motion against the heel of the other hand at the rate of about 150 times per minute, turning the sieve about one sixth of a revolution at intervals of about 25 strokes.

If more than 0.5 percent by mass of the total sample prior to sieving passes any sieve after one minute of continuous hand sieving adjust shaker time and re-check.

In determining sieving time for sieve sizes larger than 4.75 mm (No. 4), limit the material on the sieve to a single layer of particles.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 1. Particle Size Distribution for gravel/Stone

Sieve Size (mm)	Weight retained	Cumulative weight retained	Cumulative percentage of weight retained
50	0	0	0
37.5	0	0	0
25	170	170	8.67
19	460	630	32.14
12.5	830	1460	74.49
9.5	300	1760	89.79
6.3	200	1960	100
Pan	40	2000	
	2000		Total= 305.09

Sample of sand = 500 gm
Fineness Modulus (F.M.) = (cumulative) % / 100 = 2.94

Table 2. Particle Size Distribution for Sand

Mesh no	Sieve size (mm)	Sieve weight without sand (gm)	Weight retained (gm)	Cumulative weight retained (gm)	Cumulative percentage weight retained (%)
4	4.67	309.91	0	0	0
8	2.38	321.03	0.13	0.13	0.026
16	1.19	322.66	40.32	40.45	8.09
30	0.595	303.92	78.58	119.03	23.806
50	0.297	293.64	232.46	351.49	70.298
100	0.149	292.36	112.32	463.81	92.762
200	0.074	280.44	31.51	495.32	100
pan		283.00	4.37	500	
			500		294.98

Sample of sand = 500 gm
Fineness modulus = (cumulative) % / 100
= 2.94

3.1 CALCULATIONS

1. The sum of the individual weights retained on each sieve and in the pan shall not vary be more than 1% from the original weight of the sample. When the loss or gain is greater than 1%, the test shall be considered invalid and another portion shall be tested. If the sum of the individual weights is within the 1% limit, the difference between the sum of the individual weights and the original weight shall be added to or subtracted from the sieve with the largest amount of material retained.
2. Fine Aggregate (% Retained): The percent retained on each sieve is computed by dividing the weight of the material retained on that sieve by the original weight (determined in 1004.03-1) of the sample before washing and multiplying by 100 and reported to the nearest 0.01%. This value shall be truncated at 0.01% and shall not be rounded.
3. Coarse Aggregate (% Retained): The percent retained on each sieve is computed by dividing the weight of the material retained on that sieve by the original weight (determined in 1004.03-1) of the sample and multiplying by 100 and reporting to the nearest 0.01%. This value shall be truncated at 0.01% and shall not be rounded. The material for determination of the percentage finer than the 75 µm (No. 200) sieve shall be obtained from a separate representative sample that has been placed in a proper plastic container. This percentage shall be determined in accordance with the above procedure.
4. Fine and Coarse Aggregate (% Passing): The percent passing a given sieve is computed by subtracting the percent retained on that sieve from the total percent passing the next larger sieve in the sieve series used and calculated to the nearest 0.01%.

4 CONCLUSION

1. Coal as like Coconut shell (Activated Carbon) when used as a filter media in the filtration process gives good efficiency.
2. There was considerable reduction in turbidity, total solid, pH and BOD.
3. There was considerable reduction in the color intensity.
5. The reduction in turbidity is up to 90%.
6. The Decrease in the total solids was upto 89%.
7. Reduction of BOD proves that organic compound can be efficiently removed by Coconut shell.

REFERENCES

[1] Elinder C-G. Iron. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB, eds. Handbook on the toxicology of metals, Vol. II. Amsterdam, Elsevier, 1986:276-297.

[2] Knepper WA. Iron. In: Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, Vol. 13. New York, NY, Wiley Interscience, 1981:735-753.

[3] Department of National Health and Welfare, Canada (NHW). Nutrition recommendations. The report of the Scientific Review Committee. Ottawa, 1990.

[4] Ben Aim, R., Sahnoun, A., Chemin, C., Hahn, L., Visvanathan, C. and Vigneswaran, S., New filtration media and their use for water treatment, Proceedings, World Filtration Congress, Nagoya, Japan, 1993

[5] Gadkari, S. K., Raman, V. and Gadkari, A. S., Studies of direct filtration of raw water, Indian J. Environ. Health, 22(1), 575, 1980.

[6] Cleasby, J. L., Declining rate filtration, Water Science and Technology, 27(7-8), 11, 1993.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 728-735
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractérisation des techniques de fermentation du cacao (*Theobroma cacao* L.) dans les principales zones de production en Côte d'Ivoire

[Characterization of cocoa (*Theobroma cacao* L.) fermentation techniques in main production areas in Côte d'Ivoire]

Brou Julien KOUAKOU[1], Bi Zahouli IRIE[2], Emmanuel DICK[3], Kouadio Emmanuel N'GORAN[1], and Brou KOUAME[4]

[1]Programme de recherche sur le coton, Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de Chimie-Technologie/Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

[4]Laboratoire Sols, Eaux et Plantes, Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 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 order to appreciate the cocoa post-harvest techniques in Côte d'Ivoire, a study was undertaken in the main production areas . It consisted in carrying out a survey near the producers in order to characterize fermentation techniques that are a crucial step of cocoa technology. The duration of the fermentation, the material used and the frequency of mixing cocoa beans during this operation were the parameters taken into account. The results reveal the use of the sheets of banana trees at an average frequency higher (67,33 %). The frequency of black covers use is 32,67 %. These practices are relatively the same in all the production areas. Box for fermentation is never used. The duration of fermentation varies between 2 days and 8 days. However, the operations which last less than 6 days are more frequent in the Mid-west (72%) and South-west (64%) than in the East (46%). Mixing cocoa beans during the fermentation is a rare treatment in all the production areas. In the East where it is some time realized, its frequency is in general of one time. All in all, fermentation is controlled better in the Est of Côte d'Ivoire than in the others, especially concerning its duration and the frequency of mixing cocoa beans.

KEYWORDS: post-harvest, material of fermentation, mixing, duration of fermentation, quality.

RÉSUMÉ: La présente étude examine les techniques post-récolte du cacao dans principale zones de production en Côte d'Ivoire. Elle a consisté à mener une enquête auprès des producteurs afin de déterminer les techniques de la fermentation utilisée. Une étape cruciale de la technologie du cacao. Les paramètres pris en compte pour cette étude ont été : le matériel utilisé la durée de la fermentation et la fréquence de brassage des fèves. Les résultats ont révélé que les feuilles de bananiers sont les plus utilisées comme matériel de fermentation avec une fréquence moyenne de 67,33%. Par contre, 32,67% des producteurs utilisent des bâches noires. La caisse de fermentation recommandée par la recherche, aucun producteur n'en fait usage. Ces pratiques sont relativement identiques dans toutes les zones de production. Dans toutes les localités, les producteurs pratiquent la fermentation avec des durées hétérogènes allant de 2 à 7 jours à Abengourou, de 3 à 7 jours à Oumé et de 3 à 8 jours à Soubré. Toutefois, les opérations qui durent moins de 6 jours sont plus fréquentes dans le Centre-Ouest (72 %) et le Sud-Ouest (64 %) que dans l'Est (46 %). Le brassage de la masse de fèves de cacao au cours de la fermentation est pratiquement inexistant dans les différentes zones de production. Dans l'Est où il est quelque fois réalisé, sa fréquence est généralement faible. En somme, la fermentation est mieux maîtrisée dans la zone Est surtout au niveau de sa durée et de la fréquence de brassage que dans les autres zone.

MOTS-CLEFS: post-récolte, matériel de fermentation, brassage, durée de fermentation, qualité.

Corresponding Author: Brou Julien KOUAKOU

1 INTRODUCTION

Comme la plupart des pays en voie de développement, l'économie de la Côte d'Ivoire est tributaire de l'exportation de matières premières dont le cacao. Introduite dans les mœurs des agriculteurs ivoiriens à la fin du XIX^{e} siècle grâce à la colonisation, la cacaoculture a connu un bond spectaculaire, surtout après l'indépendance du pays en 1960. Elle est pratiquée en Côte d'Ivoire dans trois principales zones : à l'Est (première boucle du cacao), au Centre-Ouest (zone post-pionnière) et au Sud-Ouest (front pionnier récent) [1]. Depuis 1970, la Côte d'Ivoire occupe le premier rang des pays producteurs de cacao avec des productions atteignant près de 1,2 millions de tonnes de fèves par an, soit 40 % de la production mondiale [2], [3]. La quantité de fèves produites demeure donc une véritable satisfaction pour l'économie ivoirienne. Cependant, la qualité du cacao «*made in* Côte d'Ivoire» reste à désirer. La recherche des causes de cette mauvaise qualité a souvent amené à revoir les pratiques post-récolte du cacao [4] notamment la technique de fermentation. Cette opération est une des principales étapes de la technologie post-récolte du cacao [5]. Elle est caractérisée par sa durée, le matériel utilisé et la fréquence de brassage des fèves durant l'opération. Les travaux réalisés sur la fermentation [6], [7], [8], [9], montrent, de manière générale, que cette étape de la technologie du cacao joue un rôle essentiel dans la qualité des fèves. Cependant, ces pratiques post-récoltes sont diversement appliquées par les producteurs ivoiriens.

La présente contribution se propose d'examiner la technique post-récolte de fermentation du cacao dont l'appréciation des paramètres permettra de mieux percevoir sa maîtrise dans les différentes zones de production en Côte d'Ivoire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MÉTHODOLOGIE D'ENQUÊTE

Pour obtenir les informations qualitatives et quantitatives sur les techniques de fermentation, le travail réalisé à consister à diligenter une enquête dans les trois principales zones de production de cacao en Côte d'Ivoire. Les zones retenues sont l'Est (première boucle du cacao), le Centre-Ouest (zone post-pionnière) et le Sud-Ouest (front pionnier récent) (figure 1). La collecte des informations relatives aux techniques de fermentation dans les différentes zones de production a été réalisée grâce à un questionnement direct de 50 producteurs choisis de manière aléatoire dans chaque localité. Elle a consisté à les interroger afin de documenter les conditions et les techniques utilisées pour la fermentation du cacao. Chaque producteur est identifié par l'initial de la localité représentant sa zone, suivi en indice, du numéro de l'ordre dans lequel il a été interrogé. Ainsi, nous avons AB_1, OM_1 et SB_1, pour les premières personnes enquêtées respectivement dans les localités d'Abengourou (zone Est), d'Oumé (zone Centre-Ouest) et Soubré (zone Sud-Ouest).

Les enquêteurs ont été amenés à remplir un questionnaire portant sur le matériel et la durée de la fermentation ainsi que le traitement des fèves lors de cette opération.

Pour une meilleure couverture de chaque zone d'étude, le point de départ de l'enquête a été le Chef-lieu de région (Abengourou) ou de département (Oumé et Soubré). De ces points, les axes principaux, secondaires et tertiaires ont été empruntés (figure 2).

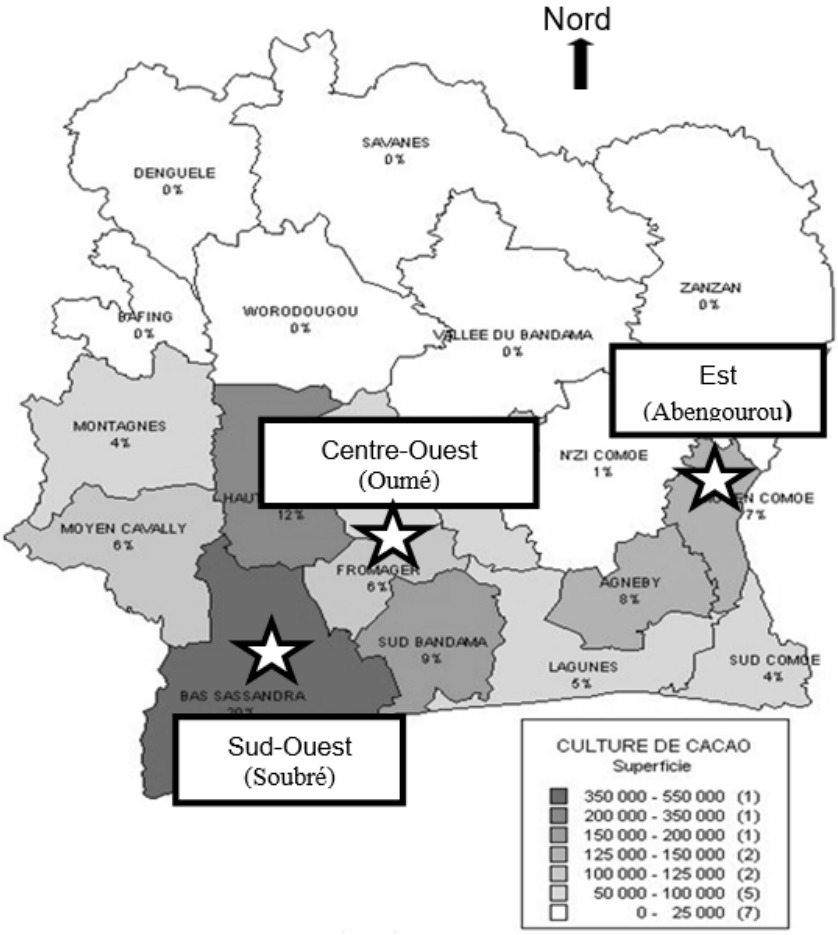


Fig. 1. Principales zones de production du cacao en en Côte d'Ivoire

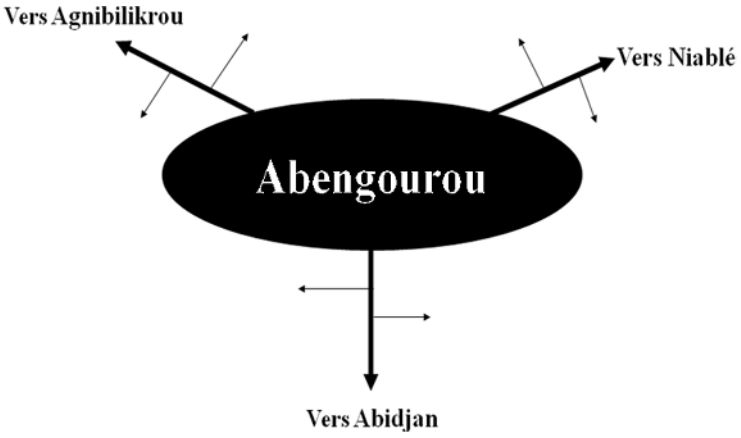


Fig. 2. Schéma de couverture des zones d'étude lors de l'enquête (cas d'Abengourou)

2.2 ANALYSE DES DONNÉES

Après dépouillement, les données issues des enquêtes ont été saisies sur Excel version 2013. Les données recueillies au cours de l'enquête ont été soumises au du test de Khi deux d'ajustement à l'aide du logiciel SPSS. Le test T de Student a permis de comparer les moyennes des paramètres aux valeurs standard, données par les normes de qualité au seuil de 5 %.

3 RÉSULTATS

3.1 MATÉRIELS DE FERMENTATION

Dans les localités étudiées, deux types de matériels de fermentation sont utilisés essentiellement utilisés (figure 3). En effet, les fréquences d'utilisation des feuilles de bananier à Abengourou, Oumé et Soubré sont respectivement de (70 %, 60 %, et 64 % (sensiblement identiques). Par contre, les fréquences d'usage des bâches noires, inférieures à celles des feuilles de bananier, sont de 30 %, 40 % et 36 % respectivement pour les mêmes localités. Quant aux caisses de fermentation (figure 4), recommandées par la recherche, elles ne sont pratiquement pas utilisées par les producteurs dans toutes les localités (figure 5).



Fig. 3. Types de support de fermentation utilisés dans les zones de production (a : Feuilles de bananier, b : Bâche noire)



Fig. 4. Caisse recommandée par la recherche pour la fermentation des fèves de cacao.

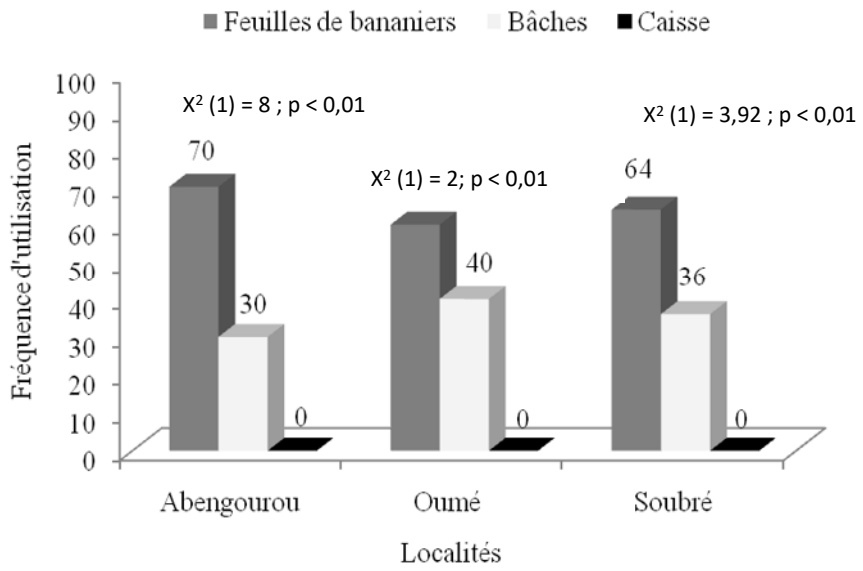


Fig. 5. Fréquence d'utilisation des matériels de fermentation dans les différentes localités

3.2 TECHNIQUES DE FERMENTATION

3.2.1 BRASSAGE DES FÈVES LORS DE LA FERMENTATION

La figure 6 montre que le brassage de la masse de fèves de cacao au cours de la fermentation est pratiquement inexistant dans les différentes zones de production. Là où elle est pratiquée, elle l'est à une faible fréquence. Ainsi, 60 %, 80 % et 72 % de producteurs, respectivement à Abengourou, Oumé et Soubré, n'effectuent pas de brassage. Par contre, 30 %, 18 %, 20 % d'une part et 10 %, 2 %, 8 % d'autre part font respectivement un et deux brassages dans lesdites localités. Aucun producteur n'effectue plus de deux brassages.

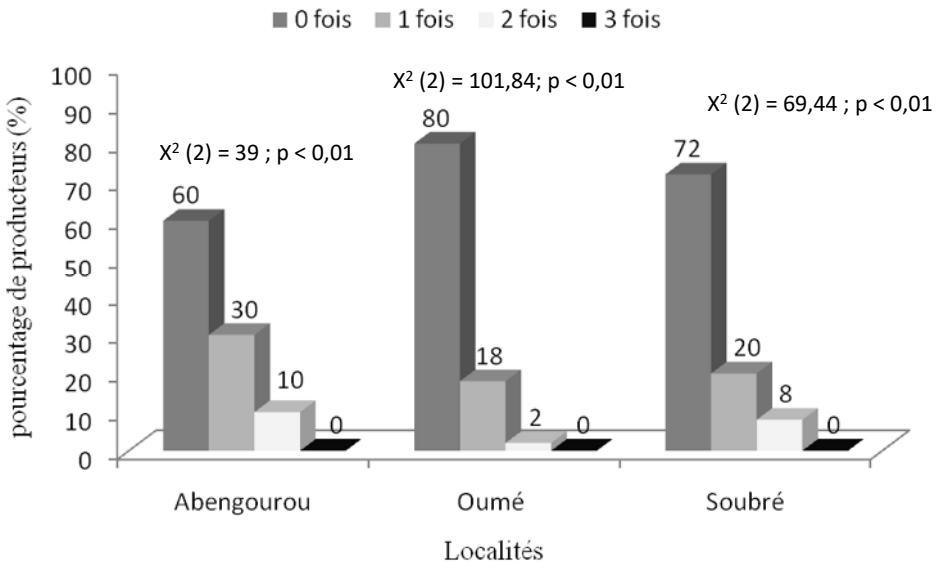


Fig. 6. Fréquence de brassage de la masse de fèves de cacao lors de la fermentation dans les différentes localités

3.2.2 DURÉE DE LA FERMENTATION

La durée de fermentation varie selon les localités de production de cacao (Tableau VI). Elle va de 2 à 7 jours à Abengourou, de 3 à 7 jours à Oumé et de 3 à 8 jours à Soubré. Les fermentations qui durent 4, 5 ou 6 jours sont les plus fréquentes. Ainsi, à Abengourou, ce sont 22 % des producteurs qui réalisent la fermentation de leurs fèves pendant 4 jours, 18 % pendant 5 jours et 42 % pendant 6 jours. Les proportions de producteurs enregistrés à Oumé pour les mêmes durées de fermentation sont respectivement 30, 36 et 22 %. A Soubré, les fermentations de 4 et 5 jours sont pratiquées chacune par 26 % des producteurs. Celles qui durent 6 jours sont réalisées par 20 % des producteurs. L'examen de la durée de fermentation vue sous l'angle de deux classes de durées (< 6 jours et ≥ 6 jours), montre à Abengourou que 54 % des producteurs fermentent leurs fèves pendant au moins 6 jours. A Oumé et à Soubré, ce sont moins de la moitié (respectivement 30 et 36 %) des producteurs qui pratiquent la fermentation durant ce même temps (Tableau VI). Le temps moyen de fermentation des fèves de cacao est 5,30 ± 1,18 jours à Abengourou ; 5,00 ± 1,01 jours à Oumé et 5,04 ± 1,31 jours à Soubré. Ces durées moyennes sont statistiquement identiques selon le test de Newman-Keuls et significativement inférieures ($p < 0,01$) à la durée minimum (6 jours) recommandée pour une bonne fermentation (tableau I).

Tableau 1. ***Proportions (%) de producteurs en fonction du nombre du jours de fermentation des fèves de cacao dans les localités étudiées***

	Localités	Nombre de jours de fermentation								
		Inférieur à 6 jours					Plus de 6 jours			
		2	3	4	5	Total	6	7	8	Total
Proportions de Producteurs (%) par localité	**Abengourou**	2	4	22	18	46	42	12	0	54
	Oumé	0	4	30	36	70	22	8	0	30
	Soubré	0	12	26	26	64	20	14	2	36

3.2.3 NOMBRE DE BRASSAGES DURANT LA FERMENTATION

L'enquête en milieu paysan a permis de classer les producteurs en deux catégories selon qu'ils brassent ou non la masse de fèves de cacao au cours de la fermentation. Les tests de Khi-deux montrent que la première catégorie regroupe ceux qui préfèrent n'effectuer aucun brassage. Ceux-ci sont les plus nombreux et représentent 60, 80 et 72 % des producteurs, respectivement à Abengourou, Oumé et Soubré. Ceux de la deuxième catégorie effectuent soit un brassage (30, 18 et 20 %), soit deux brassages (10, 2 et 8 %) comme recommandé par les bonnes pratiques durant cette opération post-récolte (tableau II).

Tableau 2. ***Durées moyennes de fermentation des fèves de cacao dans les localités étudiées***

	Durée de fermentation (jours)			Norme
Localités	**Abengourou**	**Oumé**	**Soubré**	
Moyenne	5,30 ± 1,18a	5,00 ± 1,01a	5,04 ± 1,31a	D = 6 jours
Comparaison de la durée moyenne à la norme	P* < 0,01	P* < 0,01	P* < 0,01	

NB : Sur la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre indiquent des différences non significatives au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls)

D = Durée de fermentation

**: Moyenne significativement inférieure à la norme au seuil de 5 % (Test t de Student)*

± : Ecart-type

4 DISCUSSION

Les matériels de fermentation utilisés par les producteurs de cacao dans les différentes zones de production se résument aux feuilles de bananiers et aux bâches noires. Les fèves sont mises en tas dans ces types de matériel [10]. Les caisses quant à elles, ne sont pas du tout utilisées. Ce, quelle que soit la localité de production. Les moyennes des fréquences d'utilisation des feuilles de bananiers (64,67±5,03 %), statistiquement supérieures à celle des bâches noires (35,33±5,03 %) selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %, traduisent une préférence du première matériel au deuxième, justifiée par leur accessibilité. En effet, le cacaoyer est cultivé en association avec les bananiers pour qu'ils bénéficient de leur ombrage. Par conséquent, les feuilles de bananier sont facilement disponibles et sont utilisées pour la fermentation [11], [12]. Par ailleurs, leur coût est pratiquement nul. A contrario, les bâches noires et surtout les caisses nécessitent des moyens financiers pour l'achat ou la

confection. Aussi, la fermentation en caisse, technique moderne proposée par les structures de recherche, semble ne pas être adoptée par les producteurs qui ont eu pour habitude de pratiquer la fermentation traditionnelles en faisant usage des matériels précédemment cités [13], [14], [15]).

Le brassage de la masse de fèves pendant la fermentation est une opération très peu pratiquée par les producteurs de cacao en Côte d'Ivoire. En effet, 70,67 % des producteurs des localités étudiées ne brassent pas la masse de fèves en fermentation, soit parce qu'ils n'y accordent pas grand importance, soit par ignorance des avantages que représente le brassage dans l'homogénéité des fèves et de leur qualité à la fin de l'opération [16]. Ces résultats sont conformes à ceux des travaux réalisés au Nigéria [17] qui ont montré que 38 % des producteurs de cacao brassent leur masse de fèves une seule fois contre 60 % qui ne le font pas du tout.

La durée de fermentation est hétérogène dans chaque zone. Chaque producteur fermente le cacao selon son appréciation. Les durées moyennes de fermentation sont toutefois, statistiquement identiques dans toutes les localités. Ces valeurs moyennes (5,30 ± 1,22 jours ; 5,00 ± 0,97 jours et 5,03 ± 1,35 jours) inférieures au temps requis de fermentation situé à 6 ou 7 jours [18], [10], [8], [19] attestent d'une insuffisance générale de fermentation dans toutes les zones de production du cacao. Les raisons justifiant cela sont, d'une part, la libéralisation du marché intérieur du cacao conduisant à l'achat des fèves sans obligatoirement vérifier leur niveau de fermentation et d'autre part, l'idée d'obtenir des fèves d'un poids élevé avec une fermentation de courte durée [17]. Néanmoins, le pourcentage de producteur pratiquant cette opération dans un temps d'au moins 6 jours à Abengourou supérieur à ceux de Oumé et Soubré montre une meilleure fermentation dans la première localité. Cela devrait conduire à des fèves de bonne qualité dans cette localité car des travaux ont montré que la bonne maîtrise de cette opération permet d'obtenir des fèves marchandes de bonne qualité [20].

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre en évidence qu'il existe peu de variation entre les localités de production du cacao en Côte d'Ivoire en ce qui concerne le matériel utilisé pour la fermentation. Cependant, on observe une tendance à l'usage des feuilles de bananiers au détriment des bâches noires et des caisses. Lors de cette opération, le brassage de la masse de fève est souvent inexistant. Quand il est pratiqué, il est très insuffisant. Quant à la durée de fermentation elle est en général courte, montrant ainsi une fermentation de qualité insuffisante. Cependant, la comparaison des localités a montré que dans l'Est du pays le temps mis pour la fermentation et le matériel utilisé à cet effet sont relativement meilleurs par rapport à ceux des zones Centre-Ouest et Sud-ouest. Il serait donc important d'étudier l'impact des pratiques de fermentation dans ces zones de production sur la qualité des fèves de cacao marchand.

REFERENCES

[1] Jarrige F, Ruf F. (2000). Comprendre la crise du cacao. Café Cacao Thé, 34(3) :213-222.
[2] Icco (2001). Bulletin trimestriel de statistiques du cacao ; 27(1): 1-101.
[3] Icco (2005). Rapport annuel 2003/04. Bulletin trimestriel de Statistiques du cacao 30(4).
[4] Cros E. et Jeanjean N. (1995). Qualité du cacao. Influence de la fermentation et du séchage. Plantation, Recherche et Développement, 2(3): 21-27.
[5] Villeneuve F, Cros E, Vincent J-C, Macheix J-J. (1989). Recherche d'un indice de fermentation du cacao. III- Evolution des flavan-3-ols de la fève ; *In* : Café Cacao Thé, 33(3): 165-170.
[6] Anonyme (1983). Café Caco Thé, numéro hors série juillet 1983, Rapport d'activité 1982 de l'institut de recherches du café et du cacao (IRCC).
[7] Clapperton J, Hammerstone Jr JF, Romanczyk LJ, Yow S, Chan J, Lim D et Lockwood R. (1992). Polyphenol and cocoa flavour. 16e journée internationale d'étude du groupe polyphénol (J.I.E.P.) Lisbonne (Portugal), 112-116.
[8] Barel M. (2001). Les arômes de chocolat ; Comptes-rendus de l'Académie Française de Chocolat et de Confiserie, Montpellier, France.
[9] Barel M. (2009). Du cacao au chocolat, l'épopée d'une gourmandise. Edition Quae, 144p.
[10] Barel M. (1998). Première transformation du cacao ; *In* : Cacao et Chocolat, Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 95-116.
[11] Desprieux D. (1998). Le cacaoyer et la cacoculture. *In* : Cacao et Chocolat, Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 43-93.
[12] Anonyme (2009). Culture du cacaoyer. Informations du marché dans le secteur des produits de base, www.info.com.
[13] Jones KL et Jones SE. 1984. Fermentation involved in production of cacao, coffee and tea. Prog. Ind. Microbiol, 19: 411-433.

[14] Thompson SS, Miller KB et Lopez AS. (2001). Cocoa and coffee. *In:* Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Montville, T.J. (Eds), Food Microbiology Fundamentals and Frontiers. ASM Press, Washington, DC, 721-736.
[15] Ardhana MM. et Fleet GH. (2003). The microbiology ecology of cocoa bean fermentation in Indonesia, International journal of food microbiology, (86): 87-99.
[16] Sadoux FL. (1961). Etude de la fermentation et du séchage du cacao au Cameroun. Café Cacao Thé, 5(4): 252-262.
[17] Aneani F. et Takrama JF., (2006). Les pratiques qui influencent la qualité du cacao au Ghana : la perception des cacaoculteurs. 15ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère, San-José, Costa Rica, 9-14 octobre 2006.
[18] Braudeau J. (1969). Le cacaoyer ; Maisonneuve et Larose (eds), Paris 169p.
[19] Camu N, Gonza´lez A, De Winter T, Van Schoor A, De bruyne K, Vandamme, P, Takrama JS, Addo SK, De Vuyst L. (2008). Influence of Turning and Environmental Contamination on the Dynamics of Populations of Lactic Acid and Acetic Acid Bacteria Involved in Spontaneous Cocoa Bean Heap Fermentation in Ghana, Applied Environmental microbiology, 74(1): 86-98.
[20] L. BanKoffi, G. H. Ouattara, T. G. Karou, S. T. GuéhI, J. G. NEMLIN et J. K. Diopoh (2013). Impacts de la fermentation du cacao sur la croissance de la flore microbienne et la qualité des fèves marchandes. Agronomie Africaine 25 (2) : 159 - 170.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 736-741
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractérisation physico-chimique et évaluation de la gestion des eaux usées des résidences universitaires du campus d'Abomey-Calavi

[Physical and chemical characterization and evaluation of wastewater management of university residences on the Abomey-Calavi campus]

Mickael V. M. Kpessou Saizonou, Loic Adangnitodé, and Henri H. Soclo

Unité de Recherche en Ecotoxicologie et Etude de Qualité,
Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée,
Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2018 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 aim of this work is to study the physical and chemical characterization of wastewater at the level of the student residences of the university's campus of Abomey-Calavi in order to propose in the medium term an adequate system of treatment of these wastewaters. The study evaluate quantity of water used by students per day and the pollutant loads in them and the methods of storage and disposal of wastewaters of students residences. Showers, laundries and kitchens are the main systems that generate wastewater. The receptacles of these waters are the sumps which also receive wastewaters from the septic tanks of the toilets. These wastewaters are then rejected in the Nokoue lake. The approximate number of students wastewaters generator in residences is 3904. The amount of wastewaters produced daily and collectively by the residents of the university campus is approximately 292800L. From analyzes conducted on these waters, it appears that they have the characteristics of domestic wastewaters and the ratio COD / BOD_5 shows that these wastewaters are little biodegradable. Moreover, they don't comply with beninese standards for the discharge of domestic wastewaters.
This huge amount of wastewaters is not without consequences on the health of campus users and the environment. The campus of university of Abomey-Calavi does not also have a wastewaters treatment system.
Appropriate measures should be taken to improve the management of these wastewaters.

KEYWORDS: wastewaters, students residences, emptying, Abomey-Calavi.

RÉSUMÉ: Cette étude s'intéresse à la caractérisation physico-chimique et aux modes de stockage et d'évacuation des eaux usées produites au niveau des résidences estudiantines de l'université d'Abomey-Calavi. Son objectif est d'évaluer les charges polluantes contenues dans les eaux usées générées au niveau desdites résidences en vue de proposer à moyen terme un système de traitement adéquat de celles-ci. Les douches, les buanderies et les cuisines sont les principaux systèmes où sont générées les eaux usées qui sont envoyées des puisards qui reçoivent également les filtrats issus des fosses septiques des toilettes. Ces eaux usées sont ensuite rejetées dans le lac Nokoué sans aucun traitement préalable. Le nombre approximatif d'étudiants générateurs d'eaux usées dans les résidences est 3904. Le volume d'eaux usées quotidiennement et collectivement produit par les étudiants résidents du campus de l'université d'Abomey-Calavi est d'à-peu-près 292800L. Des analyses réalisées sur ces eaux, il ressort qu'elles ont les caractéristiques d'eaux usées domestiques et le rapport DCO/DBO_5 montre qu'elles sont peu biodégradables. Par ailleurs elles ne respectent pas les normes béninoises de rejet des eaux usées domestiques. Cette importante quantité d'eaux usées n'est donc pas sans conséquence néfaste sur la santé des usagers du campus et sur l'environnement. Des mesures appropriées devraient être prises pour améliorer leur gestion.

MOTS-CLEFS: eaux usées, résidences estudiantines, Abomey-Calavi.

Corresponding Author: Mickael V. M. Kpessou Saizonou

1 INTRODUCTION

L'accroissement de la population mondiale et l'urbanisation galopante des villes entraînent une raréfaction des ressources en eau et l'augmentation constante de la production des eaux usées qui sont généralement rejetées dans la nature sans aucun traitement préalable [1]. On assiste ainsi à une pollution de plus en plus systématique des nappes phréatiques et à une dégradation des écosystèmes des milieux aquatiques dues à ces rejets.

Ce phénomène n'épargne pas le Bénin malgré les importants efforts faits pour relever les défis liés à la gestion des eaux usées. En effet plusieurs textes réglementaires régissant les diverses étapes de la gestion de ces eaux ont été pris mais malheureusement la plupart de ceux-ci restent sans application effective.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la gestion des eaux usées générées au niveau des résidences du campus de l'université d'Abomey-Calavi en vue de proposer à moyen terme, un système de traitement adéquat de celles-ci. Pour ce faire il est procédé à l'identification des systèmes où sont produites ces eaux, à celle de leurs réceptacles et à leur quantification puis à leur caractérisation physico-chimique.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

Les résidences estudiantines sont situées au sud-est du campus de l'université d'Abomey-Calavi qui jouit d'un climat de type subéquatorial avec un relief peu accidenté caractérisé par un plateau de terre de barre occupé par des sols ferrugineux tropicaux. Le réseau hydrographique est inexistant mais jouxte le lac Nokoué qui sert d'exutoire de certaines eaux usées de la zone. L'intense activité de consommation d'eau sur le campus de l'université d'Abomey-Calavi génère tous les jours d'importantes quantités de déchets de tous genres notamment les eaux usées qui sont mal gérées. A ceci il faut ajouter les eaux pluviales et celles qui ruissellent des divers sites d'expérimentation agronomiques et qui stagnent sur la cour à cause de l'inexistence d'un système d'évacuation favorisant ainsi la prolifération de toutes sortes de bactéries et larves d'insectes. La plupart de ces eaux usées, notamment celles provenant des cuisines, des douches des lavabos et des toilettes sont recueillies dans des puisards avant d'être drainées vers le lac Nokoué.

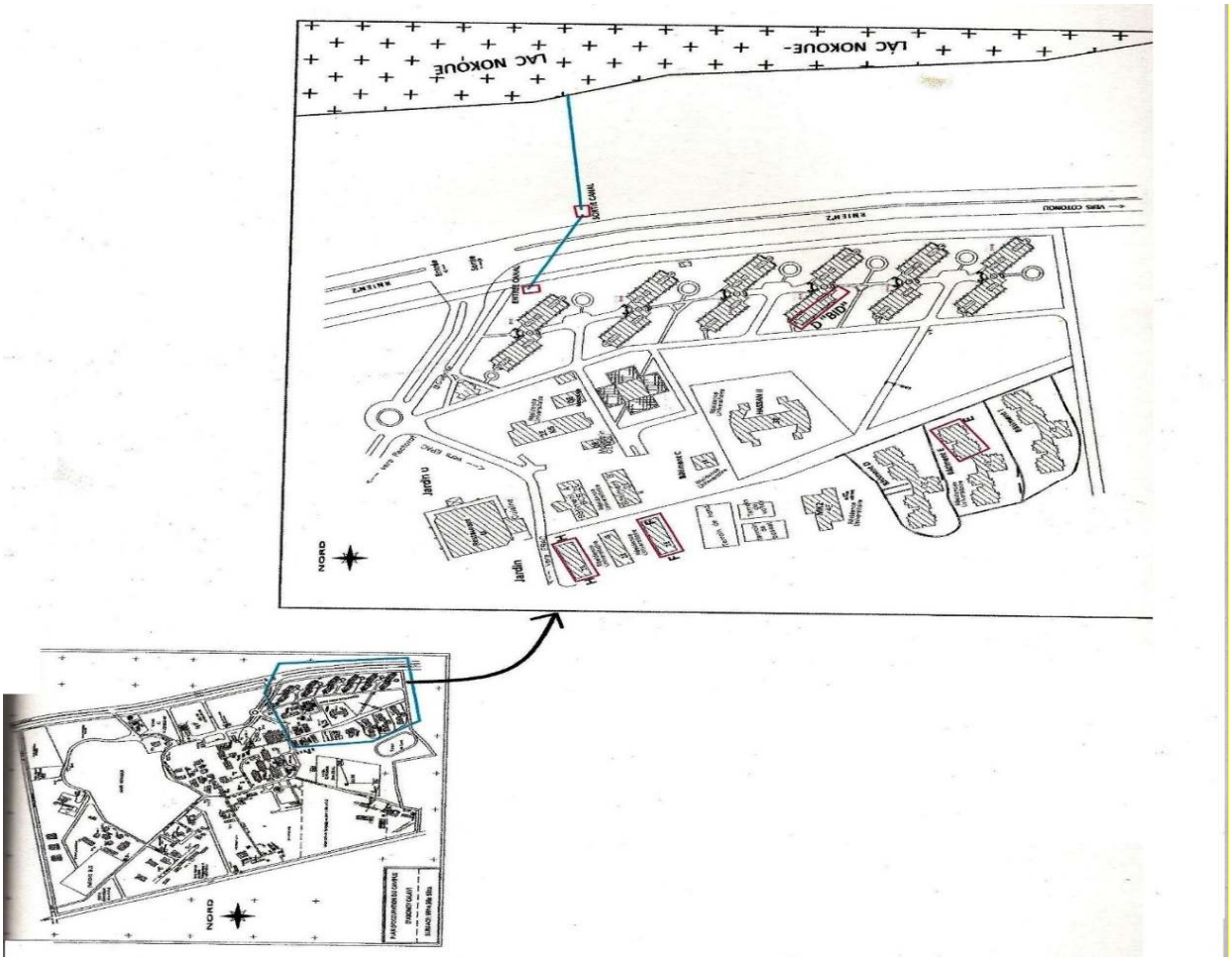


Fig. 1. Plan d'occupation du campus et localisation des résidences

Source : Dovi, 2011



Photo 1 : Aspect physique de quelques puisards des résidences

2.2 ESTIMATION QUANTITATIVE DES EAUX USÉES PRODUITES AU NIVEAU DES RÉSIDENCES

Pour évaluer le nombre d'étudiants, les types d'eaux usées qu'ils produisent et les méthodes de vidange de celles-ci, les informations ont été recueillies au niveau des responsables du Centre des œuvres universitaires et sociales de l'université d'Abomey-Calavi et des cités universitaires.

Pour caractériser les eaux usées, trois (03) campagnes d'échantillonnages ont été réalisées. L'eau a été prélevée dans les puisards dans des bouteilles de 50 cm^3 initialement lavées stérilisées et chaque fois rincées avec l'eau à prélever.

La température et le pH ont été mesurés on situ grâce à un pH-mètre de terrain WTW 3310 d'une précision de 0,01 et la conductivité électrique avec le conductimètre WTW 3401 d'une précision de 0,1.

Tous les échantillons ont été ensuite conservés dans des glacières à une température d'environ 4ºC avant d'être analysés pour les autres paramètres chimiques au laboratoire. Ces paramètres ont été mesurés par des méthodes standardisées [2].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 SYSTÈME DE PRODUCTION ET RÉCEPTACLES DES EAUX USÉES

Au niveau des résidences du campus de l'université d'Abomey-Calavi, les eaux usées provenant des douches, des buanderies et des cuisines sont envoyées dans les puisards qui reçoivent également les filtrats issus des fosses septiques des toilettes. Ces ouvrages d'assainissement sont comparables à ceux des eaux usées de la cité universitaire de la patte d'oie à Ouagadougou au Burkina Faso [3]. Le trop plein des eaux usées contenues dans les puisards est rejeté dans un caniveau qui les achemine vers un canal qui débouche dans le lac Nokoué. A Ouagadougou, le trop plein des fosses septiques était déversé dans le caniveau de drainage des eaux pluviales pour l'évacuation de ces eaux usées et palier au problème de leur déversement dans la cour de la cité universitaire [3].

3.2 ESTIMATION DE LA QUANTITÉ D'EAUX USÉES GÉNÉRÉES PAR LES RÉSIDENTS DU CAMPUS

L'eau utilisée dans les résidences universitaires du campus provient des forages réalisés sur le site par le centre des œuvres universitaires et sociales de l'université d'Abomey-Calavi et du réseau public d'alimentation en eau potable géré par de la Société Nationale des Eaux du Bénin. Malheureusement des compteurs ne sont pas disponibles au niveau de ces systèmes d'approvisionnement en eau afin de pouvoir déterminer de façon très précise la quantité d'eau réellement utilisée quotidiennement et annuellement au niveau des résidences. Nous avons donc opéré par extrapolation en déterminant approximativement le nombre de résidents afin d'estimer la quantité d'eau utilisée par ceux-ci et par conséquent la quantité d'eaux usées générées.

Il existe quatre cités avec au total environ 3900 résidents au niveau du campus universitaire d'Abomey-Calavi. D'après nos enquêtes, la moyenne d'eau utilisée et rejetée sous forme usée quotidiennement et individuellement par chaque étudiant est estimée à 75L et par conséquent le volume d'eau usée collectivement produit est alors 292500L (292,5m^3).

Cette quantité d'eaux usées est supérieure à celles produites au niveau des résidences universitaires de la patte d'oie à Ouagadougou au Burkina-Faso. En effet d'après les travaux de Nikiema [3], le volume d'eaux usées dans ces résidences a été déterminé en considérant qu'il y a en moyenne 2 étudiants par chambre avec environ 518 usagers pour l'ensemble de la cité universitaire avec une consommation moyenne de 100 litres d'eau par usager, cela donne un débit de 51,8 m^3 d'eaux usées produites par jour. Le ratio eau utilisée/étudiant est plus élevé à Ouagadougou qu'à l'université d'Abomey-Calavi parce-que la première ville se trouve dans un pays sahélien avec un climat relativement plus chaud que celui de la seconde dont le climat est sub-équatorial et où la consommation d'eau est moindre.

3.3 CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX USÉES DES RÉSIDENCES

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées des résidences universitaires d'Abomey-Calavi.

Paramètres	Nombre de campagnes de mesures	Minima	Maxima	Moyenne	Normes béninoises de rejet
Température	03	27.5	30	28	> d'un maximal de 1°C aux eaux réceptives
pH	03	6,9	7,5	7,3	6 - 9
Conductivité (µs/cm)	03	577	819	608	
Turbidité (NTU)	03	150	250	215	
MES (mg/l)	03	195	477	238	≤ 35 mg/l
DCO (mg/l)	03	896	2078	1320	≤ 125 mg/l
DBO_5 (mg/l)	03	230	385	344	≤ 25 mg/l
Azote total (mg/l)	03	15	30	21	15 mg/l
Phosphore total (mg/l)	03	8	27	16	2 mg/l

Les valeurs moyennes de la température et du pH sont favorables aux activités des microorganismes et correspondent aux normes béninoises de rejet des eaux usées domestiques.

La valeur moyenne de la conductivité est supérieure à 500µs/cm ; ce qui indique une forte minéralisation des eaux traduisant par conséquent une forte activité microbienne de décomposition de la matière organique.

Les valeurs de ces paramètres sont comparables à celles obtenues par Maiga et *al* [4] pour les eaux usées des résidences universitaires de Ouagadougou avec respectivement 7,3 et 608 mg/L pour le pH et la conductivité.

La valeur moyenne 215 NTU obtenue pour la turbidité est caractéristique d'une forte charge polluante dans les eaux analysées. Elle indique que les eaux usées des résidences du campus de l'UAC sont fortement chargées de matières en suspension.

Les valeurs moyennes de la DCO (1320 mg/L) et de la DBO_5 (344 mg/L) obtenues sont inférieures à celles observées en 2012 par Dovi [5] qui étaient 2644 mg/L et 1120 mg/L respectivement pour la DCO et la DBO_5. Comparées aux données de Bédiye [6] obtenues sur les eaux usées des mêmes résidences de l'université d'Abomey-Calavi, les charges organiques obtenues au cours de notre étude sont plus élevées. Le coefficient de biodégradabilité DCO/DBO_5 de ces eaux est compris entre 3 et 5 indiquant qu'elles sont moyennement biodégradables. Ceci pourrait être lié à l'intrusion des eaux pluviales qui ruissellent sur les sols du campus et qui entraînent des matières organiques peu dégradables telles que les huiles de vidange rejetées par les différents ateliers installés sur le campus. Cela signifie que ces eaux méritent d'être décantées pour éliminer une partie de ces charges organiques avant leur rejet dans le milieu naturel, en particulier dans les milieux aquatiques. Ces résultats sont en accord avec ceux de Mbeguere [7] qui ont conclu également à une biodégradabilité moyenne des eaux usées de Ouakam au Sénégal, tandis que Dovi [5] et Bédiye [6] ont souligné le caractère biodégradable des eaux usées des résidences du campus d'Abomey-Calavi. On pourrait expliquer les différences entre les données de Dovi et Bédiye avec les nôtres par la vétusté des ouvrages de collecte qui s'est accentuée avec leur vieillissement qui aurait favorisé l'intrusion de matières organiques peu biodégradables.

Les valeurs des MES obtenues lors des analyses sont élevées indiquant également que ces eaux usées sont assez chargées en matières non dissoutes.

En outre, nos analyses ont fait ressortir que les teneurs d'azote total et de phosphore total sont largement supérieures à celles indiquées par les limites admissibles au Bénin de rejet dans la nature des eaux usées. Ces valeurs élevées pourraient se justifier par l'usage intense de différents détergents et autres produits de nettoyage par les étudiants et également par les fertilisants utilisés sur les sites d'expérimentation agricoles sur le campus.

3.4 IMPACTS DES EAUX USÉES DU CAMPUS SUR L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT ET SUR LE LAC NOKOUÉ

3.4.1 SUR L'ENVIRONNEMENT DU CAMPUS

Il n'est pas rare d'observer des fissures au niveau de quelques puisards qui laissent s'échapper les eaux usées. Ces eaux contiennent des germes microbiens fécaux qui pourraient avoir des conséquences sanitaires sur les usagers. Ceci explique, entre autres, la récurrence du paludisme au niveau des étudiants résidents car on note une prolifération de larves de moustiques dans les abords immédiats de ces réceptacles. Il faut également signaler le dégagement en permanence d'odeurs nauséabondes et parfois suffocantes par les eaux usées s'échappant des puisards. Ces odeurs sont le résultat des réactions de réduction des ions sulfates et nitrates respectivement en sulfure d'hydrogène et en ammoniaque qui ont lieu en l'absence d'oxygène, le milieu étant anaérobie.

3.4.2 SUR L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE DU LAC NOKOUÉ

Au regard des fuites observées et des conditions de relief avec des pentes descendantes, les eaux usées des résidences de l'université d'Abomey-Calavi constituent une source de menaces importantes pour le lac Nokoué. En effet, les fortes charges de matières organiques notées dans ces eaux usées peuvent entraîner des conditions anoxiques dans ce milieu et conduire progressivement à une perte de diversité biologique, en l'occurrence les ressources halieutiques qui ont besoin d'oxygène pour leur développement et leur survie. De plus, le rejet de ces eaux dans le lac Nokoué l'expose à un important risque d'eutrophisation à cause de leurs fortes teneurs en nutriments (azote et phosphore) avec pour conséquence le développement anarchique des plantes aquatiques et par ricochet l'encombrement et l'envasement du plan d'eau.

4 CONCLUSION

Cette étude révèle qu'environ 3900 étudiants génèrent des eaux usées au niveau des résidences du campus universitaire d'Abomey-Calavi. Des études antérieures ont monté que les eaux usées produites dans ces résidences étaient autrefois biodégradables. Mais notre étude a montré, à travers le rapport DCO/DBO_5, que ces eaux usées sont de plus en plus peu biodégradables, du fait sans doute de la vétusté des ouvrages de stockage (fosses septiques et puisards), qui favoriserait l'intrusion des eaux pluviales qui ruissellent chargées de toutes sortes de matières organiques polluantes. Les valeurs élevées obtenues pour les nitrates et les phosphates indiquent que les eaux usées sont fortement eutrophisantes et leur rejet dans l'environnement aquatique du lac Nokoué entraînerait des conditions anoxiques, l'eutrophisation et la perte de biodiversité dans ce milieu.

Il est important, au vu de nos résultats, de réhabiliter les ouvrages de collecte et de stockage des eaux usées du campus de l'université d'Abomey-Calavi afin qu'ils répondent aux normes en la matière et enfin d'envisager la construction, à moyen terme, d'un système de prétraitement et de traitement des eaux usées entre les résidences universitaires et le lac Nokoué.

REFERENCES

[1] M. R. Adamou, Gestion des eaux usées dans le 6ème arrondissement de Cotonou, EPAC-UAC-Bénin, 2008.
[2] Rodier, L'analyse de l'eau. 9ème éd. Dunod.
[Online] Available : www.dunod.com (December 10, 2017).
[3] A. Nikiema, Gestion des eaux usées dans les cités universitaires : diagnostic des problèmes de nuisances causés par les eaux usées de la cité universitaire de la patte d'oie d'Ouagadougou. Université de Ouagadougou, Burkina-Faso, 2005.
[4] A.H.Maiga, Revue des Sciences de l'Eau. 21(4) 399-410, 2008
[Online] Available : www.erudit.org/fr/revues/rseau/2008-v21-n4-rseau2468/019163ar/ (November 17, 2017)
[5] A. Dovi, Caractérisation des eaux usées des résidences universitaires d'Abomey-Calavi et dimensionnement d'un réseau d'égout à faible diamètre, EPAC-UAC-Bénin, 2012.
[6] S. Bediye, Caractérisation des eaux usées de la fosse septique du bâtiment canadien F et évaluation des performances épuratoires d'un bassin anaérobie, EPAC-UAC-Bénin, 2012.
[7] M. Mbeguere, Eau et assainissement à Ouakam : alimentation en eau, gestion des eaux usées ménagères et caractérisation des rejets, Institut des Sciences de l'Environnement-FAST-UCAD, 1994.
[Online] (Available) : http://bibnum.ucad.sn/viewer.php?c=mmoires&d=MemS-742 (November16, 2017).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 742-754
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse de la diversité des rhizobiums nodulant trois morphotypes Nigériens de Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.) par la technique de PCR-RFLP

[Diversity analysis of rhizobia nodulating three Nigerien morphotypes of Bambara groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.) By the PCR-RFLP technique]

Amadou HAROUNA ISSA[1], Hadjara AMADOU HASSANE[1], Agali ALHASSANE[1], Mansour ABDOU MAMAN[2], and Zoubeirou ALZOUMA MAYAKI[1]

[1]Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662 Niamey, Niger

[2]Département de Production Durable des Cultures, Université de Tillabéri, Niger

Copyright © 2018 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: Bambara groundnut [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.], plays an important role in increasing the bioavailability of phosphorus even in ferrolsoils through its ability to fix atmospheric nitrogen and gives an average yields ranging from 350 to 800 kg / ha in areas where soil is poor and rainfall is low. This ability to bind atmospheric nitrogen by legumes such as Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.)) is due to the presence of root nodules harboring colonies of Rhizobium, symbiotic bacteria. Indeed, it has been showed some diversity in the isolated nodules from the same legume and proved that, apart from the genetic difference, some strains are more efficient, more competitive than others. The objective of this study is to evaluate the diversity of the nodulating rhizobia of Bambara groundnut morphotypes of Niger. For that, the PCR / RFLP technique was used to identify the polymorphism between rhizobium strains isolated from the root nodules of three (3) morphotypes (Ne-01, Ne-09 and Ne-10) cultivated at two sites (Tara and Kollo) of two different agro-ecological areas. The analysis revealed a high diversity within populations of rhizobia nodulating of *Vigna Subterranea* L. A total of twenty five (25) types of IGS profiles were identified from the 68 samples analyzed with 4 dominant types (II, XI, XIV and XVI). In general, the same types of IGS for the same morphotype at both sites were observed. It also appeared that the growing area has an impact on rhizobia diversity. Thus, it has been shown that the genetic diversity of rhizobia populations is much higher in Tara (20/25 types identified) compared to Kollo (12/25 types). The distribution of rhizobia populations capable of nodulating the *Vigna Subterranea* L. was depended not only at the morphotype but also at the growing area.

KEYWORDS: Bambara groundnut, diversity, rhizobium, PCR / RFLP, Niger.

RÉSUMÉ: Le voandzou joue un rôle important sur l'augmentation de la biodisponibilité du phosphore même dans les ferralsols par le biais de sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique et donne des rendements moyens allant de 350 à 800 kg/ha dans les régions où le sol est pauvre et la pluviométrie faible. Cette faculté de fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses comme le Voandzou [*Vigna subterranea* (L.), est due à la présence de nodosités racinaires hébergeant des colonies de Rhizobium, bactéries symbiotiques. En effet, il a été démontré une diversité au sein de nodules isolés provenant de la même légumineuse et prouvé que, hormis la différence génétique, certaines souches sont plus efficaces, plus compétitives que d'autres. L'objectif de cette étude est d'évaluer la diversité des Rhizobiums nodulants des morphotypes de voandzou du Niger. Pour ce faire la technique PCR/RFLP a été utilisée afin d'identifier le polymorphisme existant entre souches de rhizobium isolés à partir des nodules racinaires de trois (3) morphotypes (Ne-01, Ne-09 et Ne-10) de voandzou cultivés sur deux sites (Tara et Kollo) de deux zones agro-écologiques différentes. L'analyse a révélé une diversité élevée au sein des populations de rhizobia nodulant de voandzou. A total vingt-cinq (25) types de profils IGS ont été identifiés sur les 68 échantillons analysés avec 4 types (II, XI, XIV et XVI) dominants. De façon générale, les mêmes types d'IGS pour le même

Corresponding Author: Amadou HAROUNA ISSA

morphotype sur les deux sites ont été observés. Il ressort également que la zone de culture a un impact sur la diversité des rhizobia. Ainsi, elle a montré que la diversité génétique des populations de rhizobia est beaucoup plus élevée à Tara (20/25 types identifiés) comparativement à Kollo (12/25 types). La distribution des populations de rhizobia capables de noduler le voandzou dépende non seulement du morphotype également du site de culture.

MOTS-CLEFS: Voandzou, diversité, rhizobium, PCR/RFLP, Niger.

1 INTRODUCTION

En Afrique, le voandzou est la troisième légumineuse alimentaire la plus importante en terme de production et de consommation après l'arachide (*Arachis hypogeae* L.) et le niébé (*Vigna unguiculata* L Walp.) (Yaya et *al*, 2013). C'est une plante hautement calorique (387 kcal/100 g), riche en vitamines, en éléments minéraux et en protéines (Minka et Bruneteau, 2000 ; Amarteifio *et al*. 2006 ; Onwubiko *et al*., 2011).

Les protéines contenues dans les graines de voandzou ont une teneur élevée en lysine et leur association avec les céréales dans l'alimentation, constitue un complément nutritionnel pour de nombreuses populations locales qui ne peuvent faire face aux coûts élevés des protéines animales (Massawe et *al.,* 2005, Ndiang *et al*., 2012). Il possède également des vertus thérapeutiques bien connues des populations locales (Sévérin et Yao, 2011). Le voandzou joue un rôle sur l'augmentation de la biodisponibilité du phosphore même dans les ferralsols par le biais de sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique (Andriamananjara, 2011) et donne des rendements moyens allant de 350 à 800 kg/ha dans les régions où le sol est pauvre et la pluviométrie faible (Sévérin et Yao, 2011; Yaya et *al*. 2013 ; Harouna *et al*., 2014). Cette faculté de fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses telles que le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], et le Voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verds.), est due à la présence de nodosités racinaires hébergeant des colonies de Rhizobium, bactéries symbiotiques (Alzouma *et al*., 2012). En effet, il existe une relation de symbiose, ou la plante fournit une alcôve protectrice et de l'énergie aux bactéries qui, à leur tour, synthétisent de l'ammoniac en azote utilisable par la plante l'hôte et cette symbiose présente donc un intérêt pour les agriculteurs (Galibert et *al.* 2001**,** Alzouma *et al*., 2012).

Des études antérieures (Zang *et al***.** 1991, Sy, 1995**,** Alzouma *et al*., 2012) ont montré une diversité au sein de nodules isolés provenant de la même légumineuse. Il a été prouvé que, hormis la différence génétique (Séguin *et al*. 2001), certaines souches sont plus efficaces, plus compétitives que d'autres (Amarger et Lobreau, 1982, Triplett et Sadowsky, 1992). Une maitrise de la diversité des rhizobiums spécifiques au voandzou, permet non seulement d'optimiser le rendement du voandzou, mais aussi de fertiliser les sols hôtes en azote réduit ou assimilable pour les cultures à venir. L'objectif de cette étude est d'évaluer la diversité des Rhizobiums nodulants les morphotypes de voandzou du Niger.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué de nodules racinaires provenant de trois (3) morphotypes nigériens de voandzou (*Vigna subterranea)* qui sont les Ne-01, Ne-09 et Ne-10 (Harouna *et al*. 2014). Ces morphotypes diffèrent par leurs morphologies, leurs importances et leurs distributions (Figures 1, 2 et 3). Les souches de rhizobiums ont été isolées à partir des nodules de chacun de ces morphotypes.



- ✓ **Nom local :** Bahillata (Hausa), foulan (Zarma),
- ✓ **Caractéristiques :** Couleur jaune Bon goût, très apprécié par les consommateurs,
- ✓ **Distribution-importance :** Partout et en grande quantité. Toujours seul

Fig. 1. Morphotype : Ne-01



- ✓ **Nom local :** Babarga (Hausa), ninebi (Zarma)
- ✓ **Caractéristiques :** Jaune tacheté de noir avec œil en forme de papillon, coloré en marron
- ✓ **Distribution-importance :** Un peu partout, en mélange et en quantité faible

Fig. 2. Morphotype Ne-09



- ✓ **Nom local :** Koyin zabo (Hausa), Bossa (Zarma)
- ✓ **Caractéristiques :** Rouge œil blanc
- ✓ **Distribution-importance :** Rare, toujours en mélange et en petite quantité, facilement rencontré dans le Manga

Fig. 3. Morphotype Ne-10

2.2 PRÉSENTATION DES SITES D'EXPÉRIMENTATION

Deux sites d'expérimentation ont été utilisés : le site de N`Dounga-Kollo situé à 30 km de Niamey sur la rive gauche du fleuve Niger. Le climat de la zone d'étude est de type Sahélien, avec en moyenne 400-600 mm de pluie par an.

Le second site est celui de Tara, situé dans le département de Gaya (région de Dosso) à 300 km de Niamey. Le climat de la zone d'étude est de type soudanien avec une moyenne pluviométrique de 600-900 mm de pluie par an.

Le dispositif expérimental est un bloc randomisé. Le semi a été effectué le 11 juillet 2014 à N'Dounga (Kollo) et le 22 juillet à Tara (Gaya). Les graines des 3 morphotypes de voandzou (Vigna *subterranea (L.*) sont semées en ligne en raison de 7 poquets/morphotype et une graine par poquet. Les poquets sont distants de 50 cm et les lignes distantes de 80 cm.

2.3 MÉTHODES

RÉCOLTE DES NODOSITÉS

Les semis et les récoltes ont été effectués à des périodes différentes sur les deux sites :

- Pour le site de N`Dounga-Kollo, les nodosités ont été récoltées le 08 août 2014, soit 28 jours après semi.
- Pour le site de Tara-Gaya, les nodosités ont été récoltées le 04 septembre 2014, soit 44 jours après le semi.

La récolte consiste en l'arrachage aléatoire de 3 pieds de chaque morphotype suivant un diamètre d'environ 30 cm et à une profondeur d'environ 20 cm du sol à l'aide d'une pioche de façon à recueillir toute la rhizosphère. Chaque pied est soigneusement lavé à l'eau courante, puis les nodosités sont détachées et placées dans des enveloppes marquées par des lettres attribuées à chaque morphotype (figure 4).

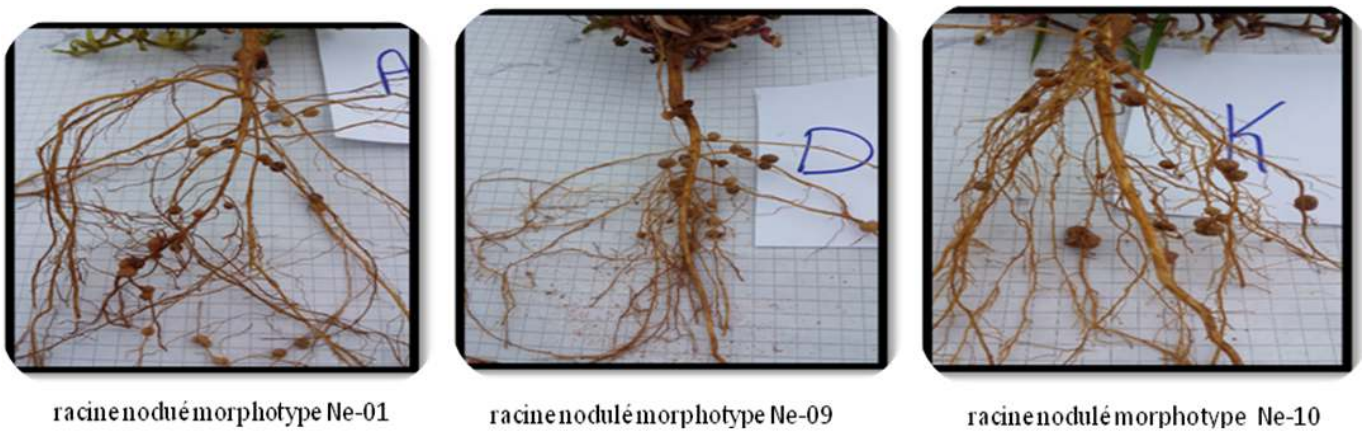


Fig. 4. Racines nodulées des 3 morphotypes

TRAITEMENT ET CONSERVATION DES NODOSITÉS

Les nodules récoltés sont séchés au laboratoire à température ambiante pendant deux jours. Puis on procède à 3 lavages successifs pour stériliser :

- un 1er lavage dans de l'eau stérilisée (répété 2 fois) ;
- un 2ème lavage dans de l'alcool à 70˚c pendant 2 minutes (répété 2 fois) ;
- enfin un 3ème lavage, dans de l'eau stérilisée (répété 2 fois).

Après ce lavage, chaque groupe de nodosités recueilli par morphotype et par paquet est placé dans des tubes stérilisés, auquel on ajoute quelques gouttes de glycérol qu'on range au réfrigérateur pour la conservation.

2.3.1 ANALYSE DES DONNÉES

2.3.1.1 DIVERSITÉ ALPHA

L'indice de diversité a été calculé en appliquant la formule de Shannon Wiener :

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi \log Pi$$

Où :

P_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce (souche) : $P_i = N_i/N$;
S = nombre total d'espèces (souches);
N_i = nombre d'individus d'une espèce (Fréquence du type IGS ou souche) dans l'échantillon;
N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces (souches dans notre étude) et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à log S (lorsque toutes les espèces ont même abondance).

ISOLEMENT DES RHIZOBIUMS ET RÉVÉLATION DE LA DIVERSITÉ PAR PCR/RFLP

MÉTHODE D'ISOLEMENT DES RHIZOBIUMS ET D'EXTRACTION D'ADN BACTÉRIEN

L'isolement est réalisé selon la méthode de Vincent (1970). Les nodules stériles sont écrasés individuellement dans une goutte d'eau distillée stérile. L'opération est réalisée dans des conditions d'asepsie totale (hotte à flux laminaire, pince flambée, …). A l'aide d'une anse de platine, flambée au bec Bunsen, le jus de nodule est étalé sur boite de Pétri contenant un milieu spécifique, le milieu Yeast Mannitol Agar (YMA).

La pureté des isolats a été vérifiée par des stries répétées en boîtes de Pétri. Les cultures authentifiées ont été conservées à -80 °C dans des cryotubes contenant la culture liquide de l'isolat sur milieu YEM et du glycérol ajusté à 20% (v/v) (Bakhoum, 2012). L'ADN génomique total a été extrait par la méthode d'éclatement cellulaire.

CONDITIONS PCR/RFLP

- **AMPLIFICATION PAR PCR DE L'ESPACE INTERGENIQUE 16S-23S DE L'ADNR DES RHIZOBIA**

Les isolats purifiés ont été cultivés dans du milieu YM pendant 24 h. La région IGS 16S-23S de la région codante de l'ARNr de 68 isolats de rhizobium a été amplifiée en utilisant 2 µl d'isolat. Les amorces FGPS 1490-72 ; 5'-TGC-GGC-TGG-ATC-CCC-TCC-TT-3'(Normand et *al.* 1996) et FGPL 132'-38 ; 5'-CCG-GGT-TTC-CCC-ATT-CGG-3' (Ponsonnet & Nesme, 1994) ont été utilisées pour l'amplification. Une unité de Taq polymérase ainsi que les dNTPs (200 µM de chaque dNTP), le MgCl2 (1,5 mm) et le tampon (10 mm Tris-HCl pH 9) et 50 mm KCl étaient déjà présents sous forme de billes lyophilisées (Ready-To-Go TM PCR beads, Pharmacia Biotech). Un témoin négatif sans ADN a été introduit. L'amplification a été réalisée grâce à un thermocycleur GeneAmp PCR System 2400 (Perkin Elmer) selon le programme suivant: dénaturation initiale pendant 5 min à 94°C, suivie de 35 cycles de dénaturation (30 s à 94°C), d'hybridation des amorces (30 s à 55°C) et d'élongation (1 min à 72°C) et enfin une élongation finale (7 min à 72°C).

Après la PCR, 3 µl de chaque amplifiat ont été prélevés et additionnés à 3 µl de bleu de charge (bleu de bromophénol 0,25% (v/v), glycérol 30% (v/v), EDTA 10 mm, à pH 8,0). Le mélange a été déposé dans des puits d'un gel horizontal d'agarose (Sigma, La Verpillère, France) à 1% (p/v). La migration du gel a été réalisée dans une cuve d'électrophorèse (Easy Cast, modèle B2) contenant du tampon Tris-Borate-EDTA (TBE) 1X, sous une tension de 100 V/cm et une intensité de 35 mA pendant 15 à 20 min. Le marqueur de taille moléculaire de 1 kb (Pharmacia Biotech) avait permis à la fois de vérifier la taille du fragment amplifié mais également de déterminer sa concentration. Le gel a été coloré dans du bromure d'éthidium (BET) à 1 mg ml^{-1}, lavé à l'eau puis photographié sous UV avec le Gel Doc, version 1000 (Bio-Rad laboratories).

- **RESTRICTION FRAGMENT LENGTH POLYMORPHISM (RFLP) DE L'ESPACE INTERGENIQUE (IGS) 16S-23S DE L'ADNR DES RHIZOBIA**

Un aliquote de 8 µl du produits PCR a été digéré dans un volume final de 20 µl avec des endonucléases de restriction à 37°C pendant au moins 3 h à raison de 5 U par réaction. Les enzymes *Msp*I (5'-C/CGG-3') et *Hae*III (5'-GG/CC-3') ont été utilisées. Les fragments d'ADN digérés ont été séparés par électrophorèse horizontale sur gel d'agarose 2,5% (p/v) Métaphore (FMC Bioproduct, Rocland, Maine) un dans tampon TBE (Tris-Borate EDTA). Les profils de restriction des deux enzymes ont été comparés par pair pour tous les isolats. Enfin, les isolats présentant des profils identiques ont été regroupés en profils IGS-RFLP.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTAT

3.1.1 RÉSULTATS DE L'ANALYSE PCR/RFLP DE L'IGS 16S-23S DE L'ADNR

Les figures 5, 6, 7 et 8 montrent les résultats de la digestion enzymatique de l'IGS 16S-23S des isolats par les enzymes de restriction HaeIII et Msp1 en migration électrophorétique sur gel d'agarose. Les différences de vitesse de migration en fonction du poids moléculaire et de la répartition des séquences de bandes a permis de révéler le polymorphisme existant. Ainsi, vingt-cinq (25) types de profil IGS ont été identifiés.

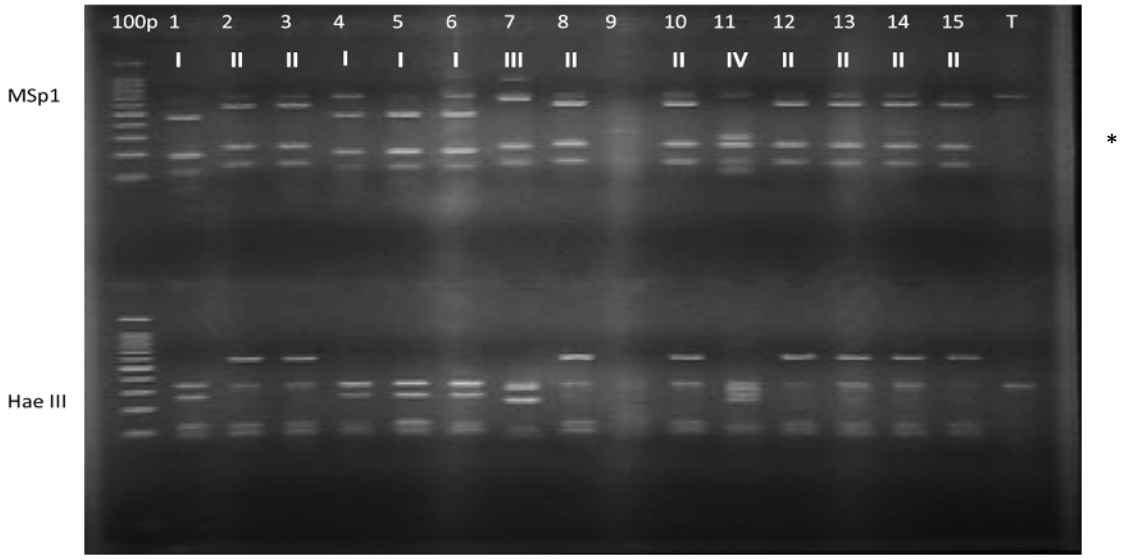


Fig. 5. migration sur gel des isolats 1 à 15

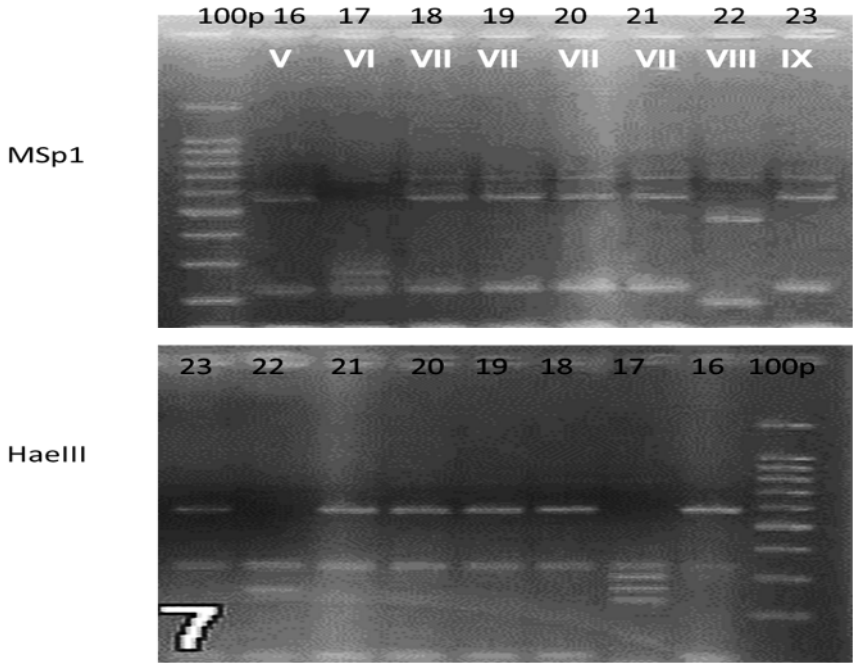


Fig. 6. migration sur gel des isolats 16 à 23

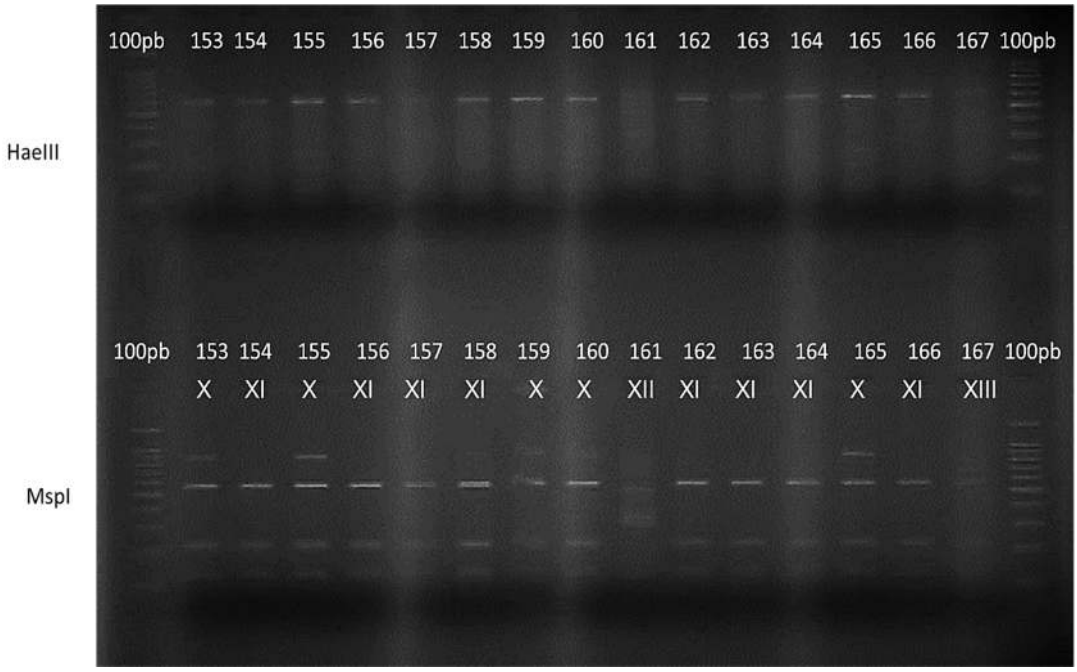


Fig. 7. migration sur gel des isolats 153 à 167

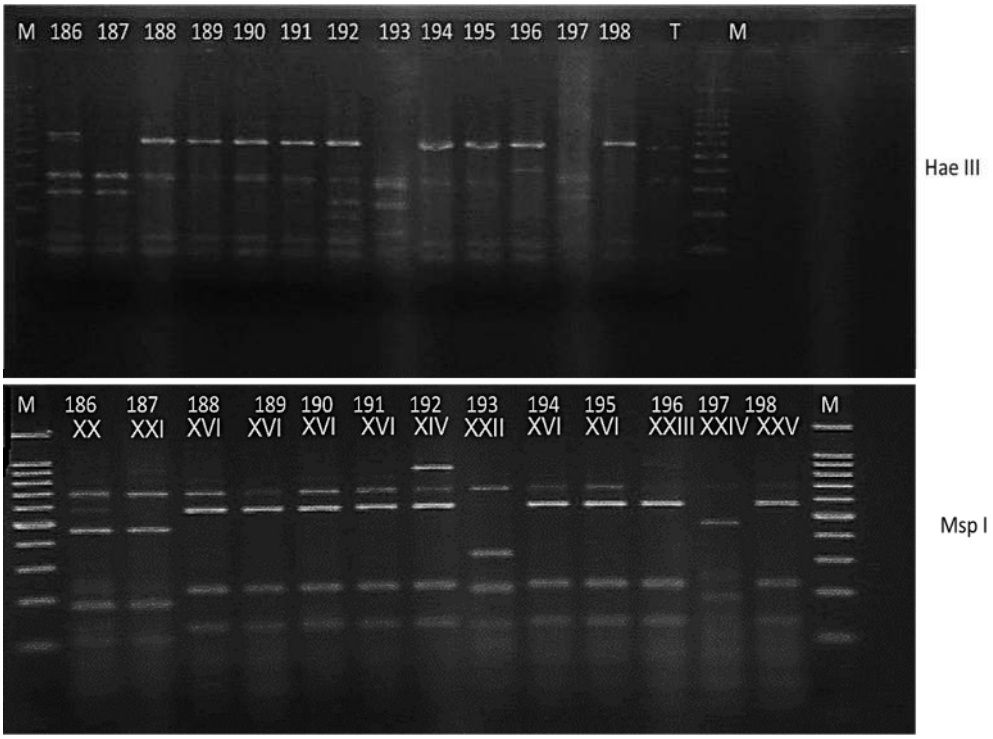


Fig. 8. migration sur gel des isolats 186 à 198

3.1.2 DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES SOUCHES DE RHIZOBIA NODULANT DU VOANDZOU (*VIGNA.SUBTERRANEA* L.)

L'analyse du polymorphisme de l'IGS 16S-23S de l'ADNr par les enzymes *Msp1* et *HaeIII* a révélé une grande diversité de souches nodulant du voandzou (*V.subterranea (L.)* au Niger. Au total 25 types de profil IGS (de I à XXV) identifiés sur 68 échantillons analysés (Tableau 1). L'indice de Shannon a varié de 0,11 pour le morphotype Ne-01$_{(1)}$ et Ne-10$_{(2)}$ dans la localité de Kollo (IGS II, XVI, XXV) à 0,141 pour le morphotype Ne-09$_{(3)}$, Ne-10$_{(2)}$ dans la localité de Tara (Tableau 1).

Tableau 1. Indices de Shannon, fréquence de type IGS en fonction de la localité et du prélèvement par morphotype.

Morphotype	localité	Type IGS	Fréquence	Indice de Shannon
Ne-01$_{(1)}$	KOLLO	I	3	0,116
		II	2	
	TARA	I	1	0,111
		II	2	
		III	1	
Ne-01$_{(2)}$	KOLLO	II	4	0,11
		IV	1	
	TARA	V	1	0,127
		VI	1	
		VII	3	
Ne-09$_{(1)}$	KOLLO	X	2	0,116
		XI	3	
	TARA	XI	2	0,131
		X	2	
		XII	1	
Ne-09$_{(2)}$	KOLLO	XI	3	0,127
		X	1	
		XIII	1	

	TARA	XIV	2	0.111
		XV	1	
		XVI	1	
Ne-09$_{(3)}$	TARA	XIV	1	0.141
		XV	1	
		XVI	2	
		XVII	1	
Ne-10$_{(1)}$	KOLLO	XVI	4	0,140
		XIV	4	
	TARA	XVIII	1	0,121
		XIX	1	
		XX	1	
		XXI	1	
Ne-10$_{(2)}$	KOLLO	XVI	4	0,11
		XIV	1	
	TARA	XXII	1	0,141
		XVI	2	
		XXIII	1	
		XXIV	1	
Ne-10$_{(3)}$	KOLLO	XXV	1	0,11

Les chiffres **1, 2, 3** en indice indiquent les numéros du prélèvement des nodules.

Les résultats montrent une diversité plus importante chez les morphotypes Ne-09 et Ne-10 avec 51 et 35% à Tara, respectivement. Contrairement à Tara, la diversité reste toujours la plus importante au niveau des morphotypes Ne-09 et Ne-10 à Kollo avec 30 et 43% respectivement (figure 9). Cette diversité est plus importante à Tara qu'à Kollo.

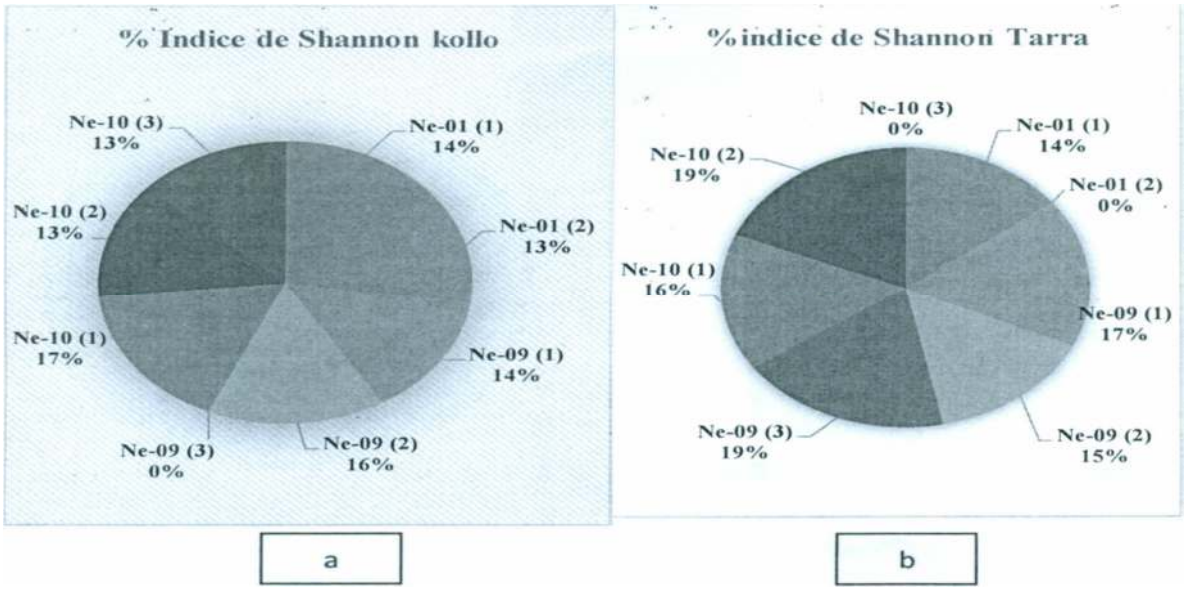


Fig. 9. Répartition en pourcentage de la diversité de Shannon par site (a -Kollo et b-Tara) en fonction du morphotype

La comparaison des indices de diversité Shannon en fonction du site et du morphotype est présentée à la figure 10. Pour le morphotype **Ne-09,** la diversité est plus élevée à Tara qu'à Kollo de même que pour le morphotype **Ne-10**. Par contre pour le morphotype **Ne-01**, la diversité est plus élevée à Kollo qu'à Tara.

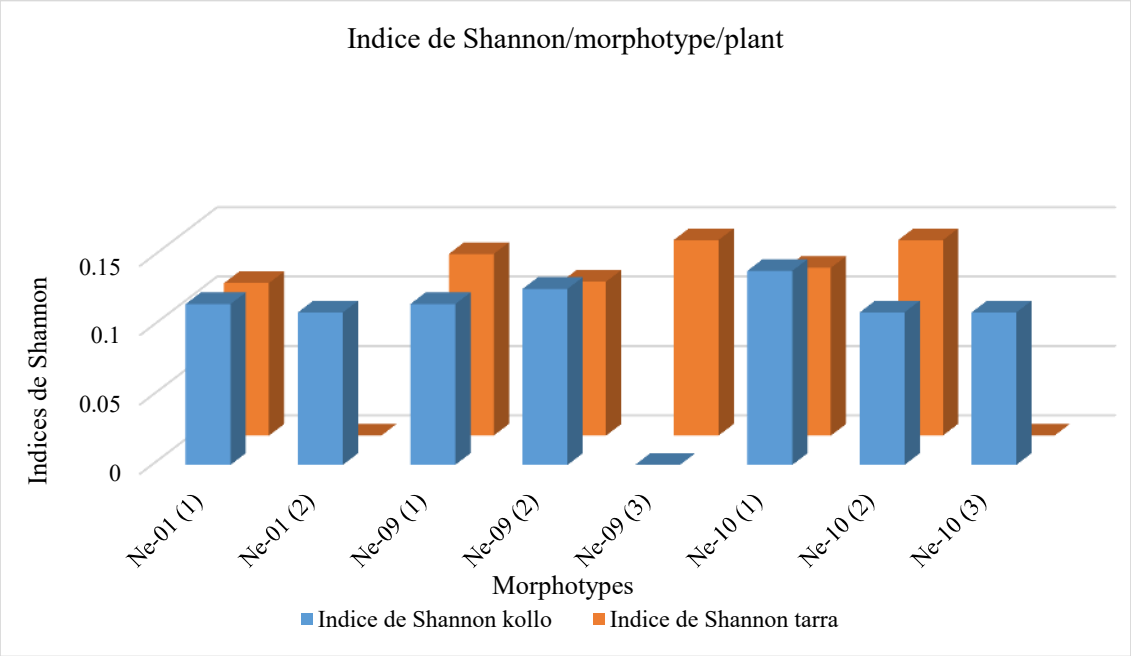


Fig. 10. Indice de diversité en fonction du morphotype/site

3.2 RÉPARTITION DES SOUCHES DE RHIZOBIA EN FONCTION DU MORPHOTYPE ET DU SITE

La grande majorité des souches nodulant *V.subterranea (L.)* Verdc sont spécifiques aux morphotypes. On retrouve de façon générale les mêmes types d'IGS pour le même morphotype sur les deux sites. Cependant, il existe des types IGS qui se retrouvent sur deux morphotypes. C'est le cas des types XIV et XVI qui ont nodulé les morphotypes **Ne-09** et **Ne-10**. La figure 11 montres la répartition des types IGS en fonction du morphotype et de la zone d'étude.

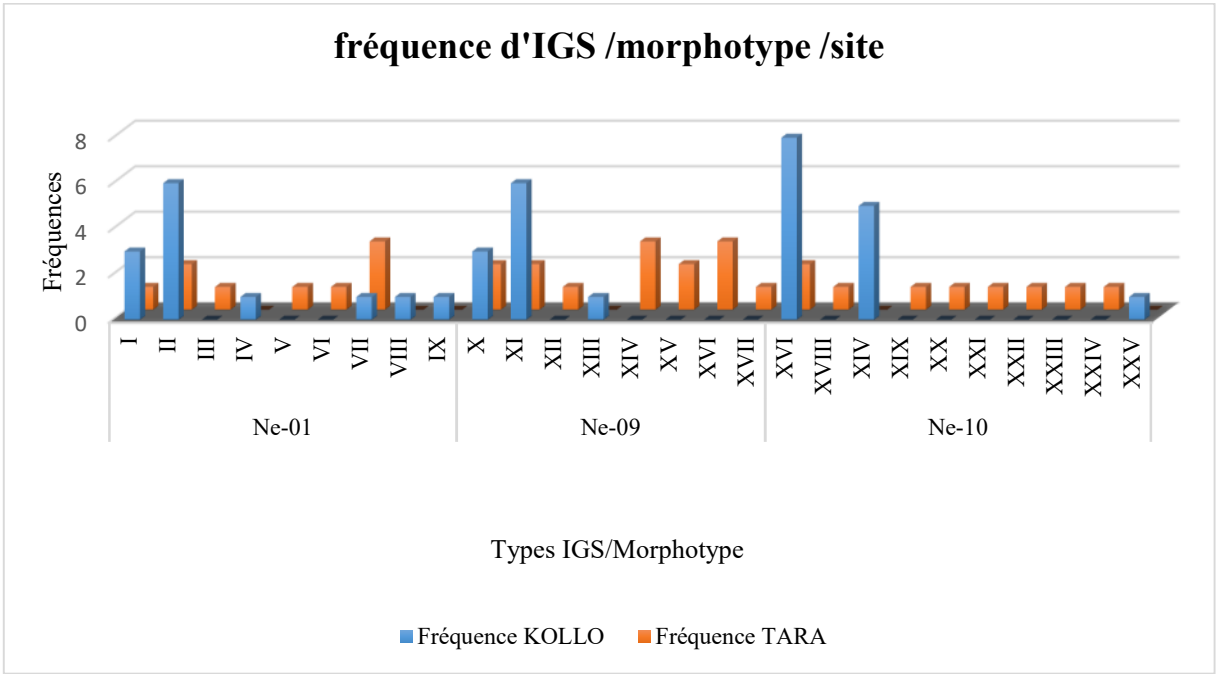


Fig. 11. Fréquence des types IGS par morphotype et par site

On remarque qu'en faisant la somme des fréquences par type (figure 12), les types IGS/RFLP II, XI, XIV et XVI sont dominants. On en déduit que ces types IGS présentent une grande affinité avec l'espèce *V.subterranea (L.)* Verdc, notamment XIV et XVI

et plus particulièrement le XVI avec une fréquence de 13 et sa présence simultanée sur les deux morphotypes (Ne-09 et Ne-10) et sur les deux sites (Tara et Kollo).

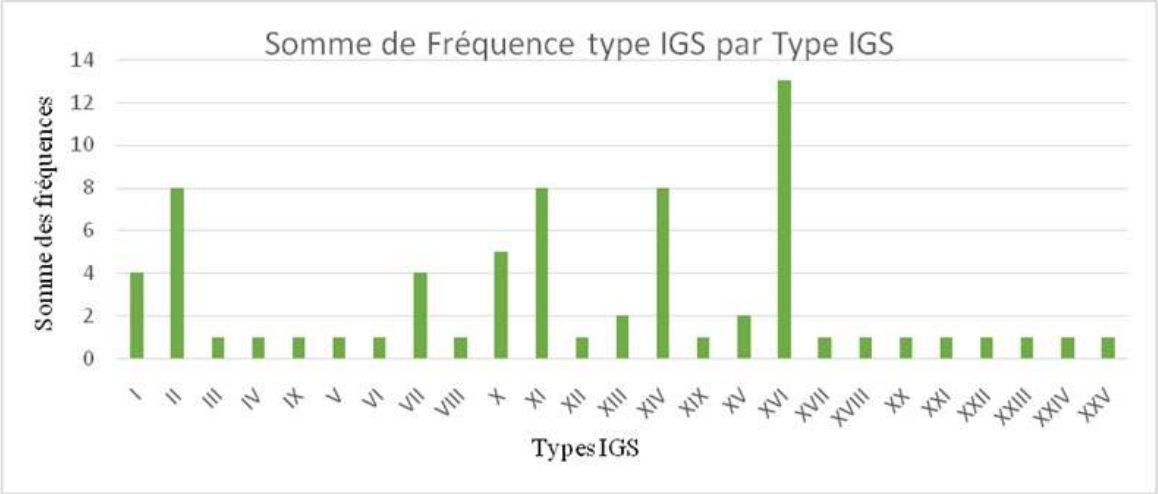


Fig. 12. Somme des fréquences de type IGS/Type IGS

4 DISCUSSION

La technique PCR-RFLP est l'association entre les techniques d'amplification et d'observation du polymorphisme sur des fragments digérés par des enzymes de restriction. D'un point de vue technique, la méthode RFLP est utilisée pour refléter directement des variations dans la séquence primaire de l'ADN. Cette technique a permis d'observer de nombreuses variations à différentes échelles taxonomiques de la population à l'espèce. Elle est facilitée par la possibilité d'obtenir un nombre considérable de copies d'une séquence cible d'ADN grâce à la technique de PCR (Dufourg, 1998). C'est une technique largement utilisée dans le domaine de la fixation biologique d'azote pour la caractérisation et pour l'étude de la diversité des rhizobiums (Thiao, 2005). Elle a permis en effet de mettre en évidence une grande diversité de BNL (Bactéries Nodulant les Légumineuses) dans deux pays méditerranéens (Zakhia, 2004) et beaucoup d'autres études (Krasova, et *al*., 2003 ; Ba et *al.*, 2004 ; Thiao, 2005 ; EL-Hillali, 2006; Romdhane et *al.*, 2006; Lazrek, 2008; Sebihi, 2008 ; Bakhoum et *al.*, 2014) relatives à l'étude de la diversité des micro-organismes en générale et ceux des bactéries symbiotiques en particulier. Leurs études ont montrées que l'IGS 16S-23S présente une grande variabilité et peut constituer une méthode de typage d'isolats bactériens génétiquement proches.

Dans cette étude, la diversité des souches de rhizobia a été caractérisée par PCR-RFLP de l'inter gène IGS situé entre les gènes nucléaires 16S et 23S codant pour les ADNr en utilisant deux enzymes de restriction HaeIII et Msp1 (Neyra *et al*. 1998).

L'analyse des profils IGS 16S-23S de 68 échantillons par ces enzymes (Msp1 et HaeIII) a permis de révéler une grande diversité de souches (25 types de profil IGS) nodulant le voandzou (*V.subterranea (L.)* Verdc.) au Niger. La grande majorité de ces souches nodulant sont spécifiques au morphotype. On retrouve de façon générale les mêmes types d'IGS pour le même morphotype sur les deux sites. Ces résultats corroborent avec ceux de Rékiatou et *al.* (2008) qui ont révélé que la nodulation de certains types est spécifique à la variété de niébé du Niger. Cependant, il faut noter que certains types d'IGS (XVI et XIV) peuvent noduler deux morphotypes (Ne-09 et Ne-10) suivant la zone d'étude alors que la majorité des types d'IGS (III, V, VI, VIII, IX, XII, XIII, XV, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV) se retrouvent uniquement sur un seul site. Alors, il faut donc noter de l'existence d'une spécificité de souches nodulants liées à la zone d'étude. Ces résultats sont soutenus par ceux de Ba et *al.* (2004) qui ont révélés qu'avec la même technique, une hétérogénéité génétique variante des souches suivant les sites. Certains auteurs (Graham, 1992, Alzouma *et al.* 2012) pensent que cette hétérogénéité des souches est probablement liée à la composition physicochimique des différents sols des sites. Il ressort également que les types IGS (II, XI, XIV et XVI) sont dominants. Ce qui suppose une grande affinité de ces types avec l'espèce *V. subterranea* (L.)Verdc., et plus particulièrement le XVI avec une fréquence de 13 et une présence simultanée sur deux morphotypes (Ne-09 et Ne-10) et sur les deux sites.

5 CONCLUSION

L'étude de la diversité génétique des rhizobia nodulant de trois (3) morphotypes Nigériens de voandzou (*V.subterranea*) (L.) par la technique PCR/RFLP de l'IGS sur deux sites avec des conditions pédoclimatiques différentes a révélée une diversité élevée dans les populations de rhizobia nodulant de voandzou (*V.subterranea* (L.) Verdc.). A total vingt cinq (25) types de profils IGS ont été identifiés sur les 68 échantillons analysés avec 4 types (II, XI, XIV et XVI) dominants. De façon générale, les mêmes types d'IGS pour le même morphotype sur les deux sites ont été observés. Il ressort de cette analyse que la zone de culture (conditions environnementales) a un impact sur la diversité des rhizobia. Ainsi, elle a montré que la diversité génétique des populations de rhizobia est beaucoup plus élevée à Tara (20/25 types identifiés) comparativement à Kollo (12/25 types). La distribution des populations de rhizobia capables de noduler *V.subterranea* (L.) Verdc dépende non seulement du morphotype également du site de culture.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'autorité rectorale de l'Université Abdou Moumouni, pour le financement du projet Voandzou et le Directeur du Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM) IRD/ISRA/UCAD du Centre de Recherche Bel-Air à Dakar au Sénégal, laboratoire au sein duquel a eu lieu l'analyse génétique des échantillons collectés.

REFERENCES

[1] T. Yaya, M. Koné, S. Silué, J. Yatty,. Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou de la zone savanicole en Côte d'Ivoire, European scientific journal edition vol.9, No 24 ISSN:1857-7881, 2013

[2] S.R. Minka, M. Bruneteau, Partial chemical composition of bambara pea (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc). Food Chemistry, 68: 273-276; 2000.

[3] J.O. Amarteifio, O.Tibe, and R.M. Njogu, The mineral composition of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] grown in Southern Africa. *African Journal of Biotechnology 5(23): 2408-2411, 2006.*

[4] N.I.C. Onwubiko, O.B. Odum, C.O. Utazi And P.C. Poly-Mbah. Studies on the adaptation of Bambara Groundnut [Vigna Subterranea (L.) Verdc] in Owerri Southeastern Nigeria. New York Science Journal, 4(2):60-67, 2011

[5] F.J. Massawe, S.S. Mwale, S.N. Azam-Ali, J.A. Roberts, Breeding in Bambara groundnut (Vigna subterranea L. Verdc.): strategic considerations. African Journal of Biotechnology 4(6): 463-471, 2005

[6] Z. Ndiang, J. M., Bell, A. D. Missoup, P. E. Fokam, & A. Amougou. Étude de la variabilité morphologique de quelques variétés de voandzou [Vigna subterranea (L.) Verdc] au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*(60), 4410– 4420, 2012

[7] B. Sévérin and D. Yao, Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou (Vigna subterranea I. verdc.) de Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 41 :2820-2835 ISSn 1997-5902, 2011

[8] A. Andriamananjara. Système de culture à rotation voandzou-riz pluvial sur les hautes terres de Madagascar. Rôle du voandzou (Vigna subterranea) sur la biodisponibilité de P dans les ferralsols. Résumé Thèse de Doctorat, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar. 2011

[9] H. I. Amadou, Y. Bakasso, , A. Z. Mayaki, A. Doumma & I. Mai Boucar. Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (Vigna Subterranea L.) au Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies, 9* (4), 1915-1925, 2014

[10] A. M. Zoubeirou, H. I. Amadou, A. Sanoussi, S. Ramatoulaye, T. Fatou, M. Neyra**.** A sampling strategy for efficiently studying the diversity of rhizobia associated with cowpea in a small area. Annales de l'Université Abdou Moumouni Tome XIII-A, 2012.

[11] F. Galibert, T.M. Finan, S.R. Long, A. P. Puhler, P. Abola**.** Scarcity of usable frequently limits plant growt; Science, 293(5530) 668-72, 2001

[12] X**.** Zang, R. Harper, M. Karsisto, K. Lindstrom. Diversity of *Rhizobium* Bacteria Isolated from the root nodules of leguminous trees; International Journal of Systematic Bacteriology; 41(1); 104 –113, 1991

[13] A. Sy ; Etude de trente quatre légumineuses herbacées du Sénégal: germination des Graines et caractérisation de leurs microorganismes symbiotiques. Mémoire de DEA, Université C. A. Diop, Dakar, Sénégal, 35-36 ; 123 p, 1995

[14] P. Séguin, S. Craig, E. Nancy, R. Michael, H. G. Peter. Nitrogen Fertilization and Rhizobial Inoculation Effects on Kura Clover Growth; Agronomy Journal Vol; (93; 1262-1268, 2001.

[15] N. Amarger, J.P. Lobreau**.** Quantitative study of nodulation competitiveness in *Rhizobium* strains; Appl. Environ. Microbiol. 44; 583-588, 1982

[16] E.W. Triplett, M.J. Sandowsky. Genetics of competition for nodulation of legumes; Ann. Rev Microbiol; 46;399-428; 1992

[17] J. M. Vincent. A Manual for the practical study of root-nodule bacteria In: Programme IB. *International Biological Programme. Blackwell, Oxford: Handbook no. 15*. , (1970).

[18] N. Bakhoum. Relations entre *Acacia senegal* (L.) Willd. et les communautés microbiennes du sol: effets sur la fertilité des sols et la durabilité de la production de gomme arabique. Thèse de doctorat, Dakar-Sénégal. 2012

[19] P. Normand, C. Ponsonnet, X. Nesme, M. Neyra, & P. Simonet. ITS analysis of prokaryotes. *Molecular Microbiology and Ecology Management, 3*, 5–12. 1996

[20] C. Dufourg. Application des techniques moléculaires de PCR" -RFLP" et de PCR-RFLP-SSCP" dans l'étude de la différenciation génétique de deux Huîtres creuses: Crassostrea gigas et Crassostrea anguLata. Rapport de stage, Université de Pau et des pays de l'Adour, Laboratoire Génétique,Aquaculture et Pathologie de la station IFREMER de Ronce-les-Bains , 1998.

[21] M. Thiao. Caractérisation et étude de la survie et de la compétitivité en pépinière et au champ des souches de *rhizobium innoculées chez Gliricidia sepium (Jacq.)Steud.* thèse de doctorat de 3ème cycle, UCAD, FAST/Département de Biologie végétale, Dakar , 2005.

[22] F. Zakhia. Diversite des bacteries hôtes de legumineuses mediterraneennes en Tunisie et au Liban. Thèse de doctorat, UNIVERSITE MONTPELLIER II., 2004.

[23] C. Ponsonnet, & X. Nesme. Identification of Agrobacterium strains by PCR-RFLP analysis of pTi and chromosomal regions. *Arch Microbiol, 161*, 300-309. 1994.

[24] T. Krasova-Wade, I. N. N'doye, S. Braconnier, B. Sarr, P. d. Lajudie, & M. Neyra). Diversity of indigeneous bradyrhizobia associated with three cowpea cultivars (Vigna unguiculata (L.) Walp) grow under limited and favourable water conditions in Senegal (West Africa). *Afr. J. Biotech, 2*(1), 13-22. 2003.

[25] A. M. Ba, R. Samba, S. Sylla, C. Le Roux, M., Neyra, A. Rousteau, A. Toribio. Caractérisation de la diversité des microorganismes symbiotiques de Pterocarpus officinalis dans les forêts marécageuses de Guadeloupe et Martinique. *Revue d'Ecologie, 59*(1-2), 163-170, 2004.

[26] I. EL-Hilali. *Symbiose rhizobium-lupin:Biodiversité des microsymbiotes et mise en évidence d'une multi-infection nodulaire chez Lupinus luteus.* thèse de doctorat, Université Mohamed V AGADAL, Faculté des Sciences, Rabat, 2006.

[27] S. B. Romdhane, H. Nasr, R. Samba-Mbaye, , M. Neyra, M. Ghorbal, & P. De Lajudie, Genetic diversity of Acacia tortilis ssp. raddiana rhizobia in Tunisia assessed by 16S and 16S-23S rDNA genes analysis. *Journal of Applied Microbiology*(100), 436-445.

[28] F. Lazrek-Ben Friha,. *Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de Medicago truncatula et recherche de QTL liés au stress salin.* thèse de doctorat, Université Toulouse III Paul Sabatier, Ecole doctorale Biologie-Santé-Biotechnologies/département de Biologie, 2008

[29] F. Z. Sebihi*Les bactéries nodulant les légumineuses(B.N.L): Caractérisation des bactéries associées aux nodules de la légumineuse fourragère ,Hedysarum perrauderianum.* thèse de doctorat, Université Mentouri de Constantine, 2008.

[30] N. Bakhoum, C. Le Roux, D. Diouf, A. Kane, F. Ndoye, D. Fall, A. Galiana. Distribution and Diversity of Rhizobial Populations Associated with Acacia senegal (L.) Willd. Provenances in Senegalese Arid and Semiarid Regions. *Open Journal of Forestry, 4*(2), 136-143, 2014.

[31] M. Neyra, B. Khbaya, P. DE Lajudie, B. Dreyfus, P. Normand. Computer-assisted selection of restriction enzymes for rrs genes PCR-RFLP discrimination of rhizobial species. Genet. Sel. Evol; 30; 297-309 ; 1998

[32] H. Rékiatou, A. M. Zoubeirou, T. Krassova & T. Adam. Etude de la diversité des Rhizobium SPP nodulant trois variétés de niébé (Vigna Unguiculata (L.) Walp.) au Niger par la technique de PCR - RFLP. *Annales de l'Université Abdou Moumouni, Tome IX-A* , 31-39, 2008.

[33] P.H. Graham. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions; Can J Microbiol. (1992) 38; 475-484.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 755-763
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Variations saisonnières des effectifs de *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861 dans les sites d'appels sexuels (Abidjan, Côte d'Ivoire)

[Seasonal variations in *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861 population size in the mating calls sites (Abidjan, Côte d'Ivoire)]

Niamien Coffi Jean Magloire[1], Kadjo Blaise[2], Koné Inza[2], and N'Goran Kouakou Eliézer[2]

[1]Département de Biologie Animale,
UFR Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo,
Bp 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de Zoologie et Biologie Animale,
UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny,
22 Bp 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 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 population of hammer-headed bats, *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861, in the District of Plateau in Abidjan has been studied from August 2003 to July 2004. Vocalization recognition and roost counts of bats males have been used in order to identify mating calls sites and to determine the variations of population size. Results show that the hammer-headed bats have demonstrated a high preference for reproduction site dominate by *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). The population size varied with the site, the tree species and season.

KEYWORDS: Hammer-headed bats, breeding site, population size, site and season effect, urban area, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: La population de chauves-souris à tête de marteau, *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861, de la commune du Plateau à Abidjan a été étudiée d'août 2003 à juillet 2004. Cette étude a été réalisée en procédant à des reconnaissances de vocalisation et des comptages des mâles aux pieds d'arbres en vue d'identifier les sites d'appels sexuels et de déterminer les variations d'effectifs. Les résultats indiquent que les mâles de chauves-souris à tête de marteau ont une préférence marquée pour les sites d'appels sexuels à *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). Les effectifs des mâles de chauves-souris à tête de marteau ont varié avec le site, l'espèce d'arbre et la saison.

MOTS-CLEFS: Chauves-souris à tête de marteau, site de reproduction, taille de la population, effets du site et de la saison, milieu urbain, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les chauves-souris constituent l'ordre de Mammifères le plus important numériquement après celui des Rongeurs [1], [2], [3]. Ces Mammifères se répartissent en deux sous-ordres : les Yinpterochiroptera et les Yangochiroptera [4].

Les Chiroptères présentent des intérêts pharmacologique, sanitaire, économique, écologique et de conservation [2], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]. Malgré ces multiples intérêts, peu de données bioécologiques les concernant sont disponibles à cause de leurs activités nocturnes et de leur mode de vol actif, qui rendent difficiles leur étude [2], [13].

En Côte d'Ivoire, la commune du Plateau, quartier des affaires de la ville d'Abidjan, abrite une importante communauté de chauves-souris frugivores, qui n'a été l'objet que de peu d'intérêt [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]. Ces travaux se sont focalisés sur les chauves-souris paillées, *Eidolon helvum* (Kerr, 1792), une espèce proche de la menace, observable de jour et représentée par une forte colonie. La chauve-souris à tête de marteau, *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861, observée pour la première fois sur ce site [17] a fait l'objet de peu d'études [18].

Les chauves-souris frugivores rendent d'importants services écosystémiques, en contribuant à la pollinisation des fleurs et à la reconstitution des écosystèmes forestiers à travers la dispersion et la germination des graines des fruits consommés [5], [7], [8], [12], [21], [22]. Les retombées de ces services écologiques sont estimées à environ 20 milliards de dollars [5], [23]. En outre, *Hypsignathus monstrosus* est une espèce indicatrice pour évaluer l'état de conservation des habitats naturels [7], [24], [25]. Par ailleurs, cette espèce figure parmi les réservoirs naturels du virus de la fièvre hémorragique Ebola [8]. Enfin, la chauve-souris à tête de marteau utilise saisonnièrement ce site urbain pour sa reproduction [18]. Dès lors, la commune du Plateau s'avère être un site stratégique pour la conservation des chauves-souris frugivores.

A l'exception des études réalisées sur les sites d'appels sexuels et le système de reproduction de *Hypsignathus monstrosus* dans le Parc National de Taï [26], [27], aucune donnée sur les variations saisonnières d'abondances n'est disponible en Côte d'Ivoire. Or, ces données écologiques sont nécessaires à la mise en place de stratégies de gestion de la faune.

La présente étude, est une contribution à une meilleure connaissance de l'écologie des Mégachiroptères afin d'en assurer une gestion rationnelle et durable. Elle vise spécifiquement à analyser l'influence des saisons sur les variations d'abondances des mâles de chauves-souris à tête de marteau, *Hypsignathus monstrosus* dans la commune d'Abidjan-Plateau.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ETUDE

La ville d'Abidjan se situe dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Elle comprend plusieurs communes dont celle du plateau, qui s'étend entre 4°10' et 4°50' de longitudes Ouest et 5°10' et 5°80' de latitudes Nord, sur une superficie de 2,5 Km². Cette commune abrite dans sa partie centrale, une importante communauté de chauves-souris frugivores utilisant comme dortoir et pour sa reproduction les différentes espèces d'arbres jonchant ses rues et avenues.

Le climat de la ville d'Abidjan et celui de la zone sud du pays, est caractérisé par quatre saisons : la petite saison sèche (d'août à septembre), la petite saison des pluies (d'octobre à novembre), la grande saison sèche (de décembre à mars) et la grande saison des pluies (d'avril à juillet) [28].

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

2.2.1 LOCALISATION DES SITES D'APPELS SEXUELS

La localisation des sites d'appels sexuels des chauves-souris à tête de marteau de la commune du Plateau, a été effectuée de façon pédestre. Des visites ont été réalisées quatre fois par semaine, entre 18 heures et 19 heures, du fait de leurs activités de reproduction crépusculaire et nocturne [26], [29], [30]. Tous les sites colonisés par ces chauves-souris à tête de marteau ont été repérés, grâce aux vocalisations spécifiques émises par les mâles [18], [31], [32]. Les coordonnées géographiques des sites d'appels sexuels ont été déterminées grâce à un «*Global Positioning System* » (G.P.S). Par ailleurs, les espèces d'arbres qui peuplent la zone d'étude et les sites d'appels sexuels, ont été identifiées grâce à la contribution du Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody.

2.2.2 DÉNOMBREMENT DES MÂLES DE CHAUVES-SOURIS À TÊTE DE MARTEAU

Les comptages des mâles de chauves-souris à tête de marteau ont été réalisés dans tous les sites de reproduction précédemment identifiés, lorsque les mâles perchés émettent des appels sexuels caractéristiques [18], [31], [32]. Puis, les pieds d'arbres, qui ont hébergés des spécimens vocalisant ont été dénombrés, eu égard à leur comportement territorial [18], [26], [27], [29], [30], [33], [34], [35]. Ces comptages ont été réalisés par site et par espèce d'arbre.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Avant toute analyse, le test de normalité de Shapiro-Wilk a été effectué pour vérifier la distribution normale des données. Dès lors, une analyse de variances a été réalisée pour comparer les effectifs moyens de chauves-souris à tête de marteau par site et par espèce d'arbre. A la suite de cette analyse, le test Post-Hoc de Newman-keuls a permis de comparer et de classer les sites et les espèces d'arbre sur la base des effectifs moyens. Nous avons en outre testé les effets site, espèce d'arbre et saison sur la distribution des chauves-souris à tête de marteau en utilisant le Modèle Linéaire Généralisé (GLM). Enfin, l'analyse factorielle de correspondances a servi à apprécier la contribution relative saisonnière de chaque espèce d'arbre sur la distribution des mâles de chauves-souris à tête de marteau. Tous les tests statistiques ont été effectués avec le logiciel *STATISTICA* (version 7.1).

3 RESULTATS

3.1 PEUPLEMENT FLORISTIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Au sein de la zone d'étude, 328 pieds d'arbres appartenant à six espèces ont été inventoriés. Il s'agit de 178 pieds de *Samanea saman* Merr. (Mimosaceae) (54,27%), de 55 pieds de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae) (16,77 %), de 45 pieds de *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) (13,72 %), de 45 pieds de *Hevea brasiliensis* Kunt. (Euphorbiaceae) (13,72%), de quatre (4) pieds de *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae) (1,22%) et d'un (1) pied de *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) (0,3%). *Samanea saman* est l'espèce d'arbre la plus abondante dans la zone d'étude.

3.2 SITES D'APPELS SEXUELS

Deux sites de reproduction compris entre les longitudes 4°27' et 4°37' Ouest et les latitudes 5°27' et 5°64' Nord ont été exploités comme sites d'appels sexuels par les mâles de chauves-souris à tête de marteau d'août 2003 à juillet 2004 dans la commune du Plateau à Abidjan (**Figure 1**). Le site 1 est peuplé de 22 pieds de *Terminalia catappa* ; le site 2 abrite deux espèces d'arbres : *Elaeis guinnensis* (n = 4) et *Cocos nucifera* (n = 1), qui sont utilisés comme support par les mâles de chauves-souris à tête de marteau pour l'émission d'appels sexuels. Comparées aux autres espèces d'arbres, ces trois espèces d'arbres sont de petite taille, de cinq à dix mètres de hauteur et présentent pour certaines des ouvertures dans leur feuillage.

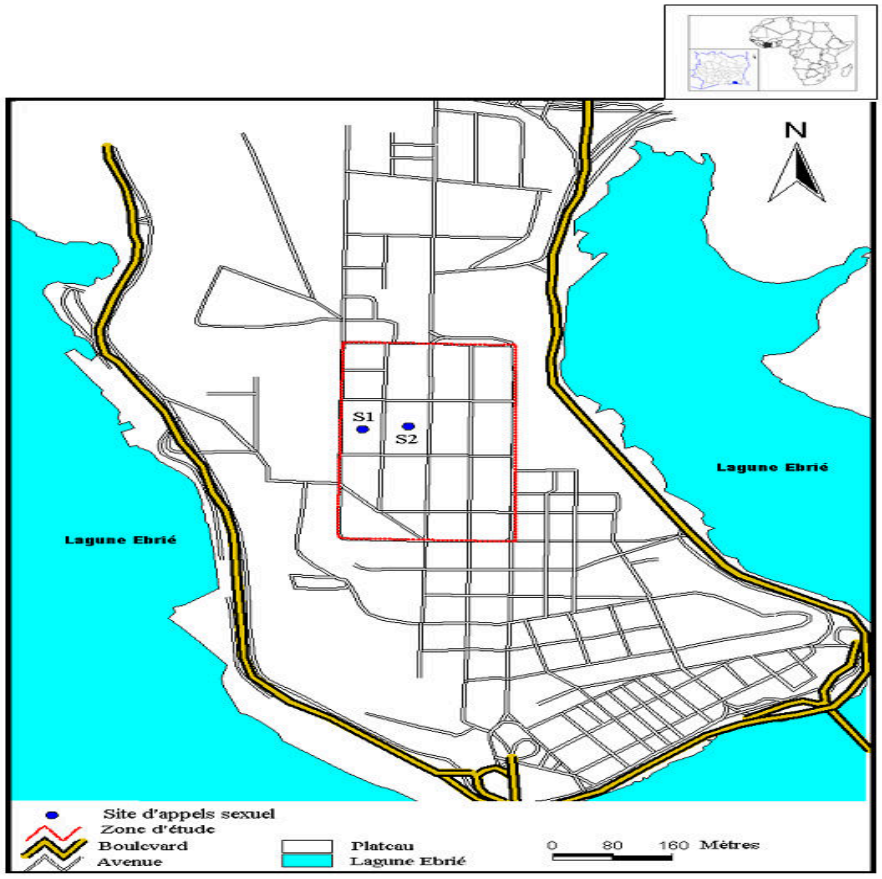


Fig. 1. Localisation des sites d'appels sexuels des mâles de chauves-souris à tête de marteau de la commune du Plateau à Abidjan d'août 2003 à juillet 2004

3.3 VARIATIONS GLOBALES DES EFFECTIFS DES MÂLES DE CHAUVES-SOURIS A TÊTE DE MARTEAU

- Par site

Globalement, les effectifs des mâles de chauves-souris à tête de marteau varient de manière hautement significative avec le site (ddl = 1 ; F = 10,66 ; p < 0,0001). Le test de comparaison et de classification de Newman-Keuls appliqué à ces données révèle que les plus grands effectifs de mâles ont été observés au site 1 (**Figure 2**).

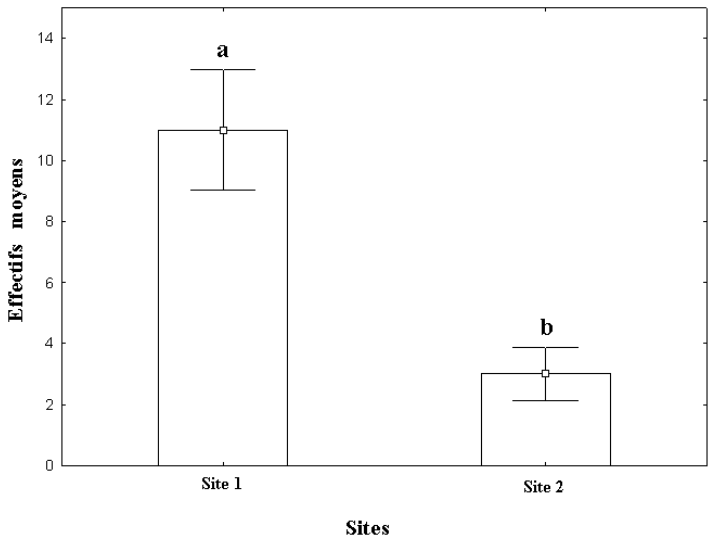


Fig. 2. Variations globales des effectifs de chauves-souris à tête de marteau par site d'appels sexuels dans la commune du Plateau d'août 2003 à juillet 2004 (a : site à grand effectif et b : site à faible effectif)

- Par espèce d'arbre

Les effectifs des mâles de chauves-souris à tête de marteau varient très significativement avec l'espèce d'arbre (ddl = 2 ; F = 8,76 ; p < 0,001). L'espèce d'arbre *Terminalia catappa* a abrité les plus grands effectifs alors que *Cocos nucifera* et *Elaeis guineensis* ont hébergé de faibles effectifs (**Figure 3**). En outre, les effectifs observés sur ces deux dernières espèces d'arbres ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman-Keuls (**Figure 3**).

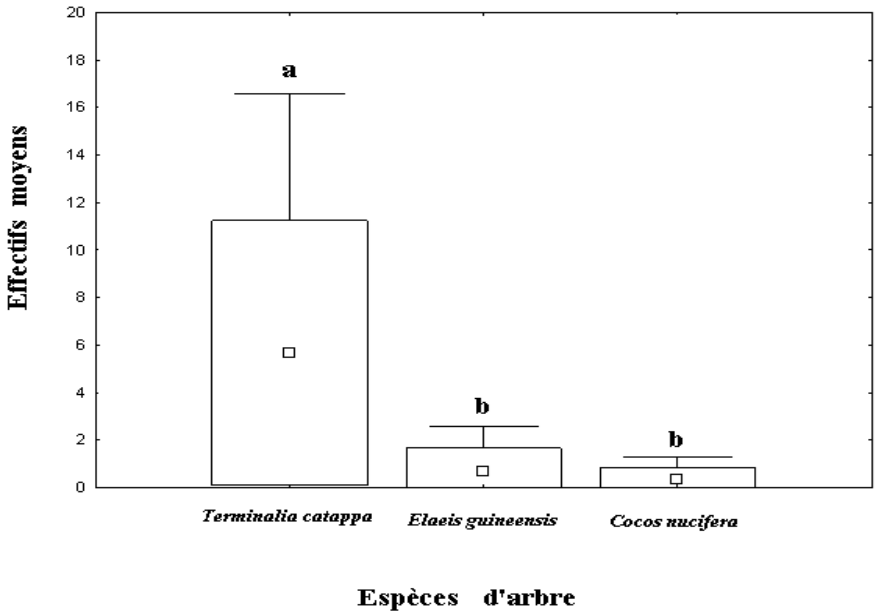


Fig. 3. Variations globales des effectifs moyens de chauves-souris à tête de marteau par espèce d'arbre dans la commune du Plateau d'août 2003 à juillet 2004 (a : espèce d'arbre abritant de grands effectifs et b : espèce d'arbre abritant de faibles effectifs)

3.4 VARIATIONS SAISONNIÈRES DES EFFECTIFS DES MÂLES DE CHAUVES-SOURIS À TÊTE DE MARTEAU

Les projections saisonnières des effectifs des mâles de chauves-souris à tête de marteau par espèce d'arbre obtenues à partir de l'analyse factorielle de correspondances (**Figure 4**), montrent que selon l'axe 1 (99, 11 % de contribution), deux grands groupes sont distingués. Le groupe 1, est constitué de deux espèces d'arbres, qui sont les moins exploitées en toute saison : *Cocos nucifera* et *Elaeis guineensis*.

Le groupe 2, comprend uniquement l'espèce d'arbre *Terminalia catappa*, qui se différencie par son utilisation marquée au cours des saisons. Par conséquent, un effet de la saison est mis en évidence dans la colonisation des espèces d'arbres utilisées comme site d'appels sexuel par les mâles de chauves-souris à tête de marteau. Le modèle linéaire généralisé confirme cette observation en relevant que l'exploitation des espèces d'arbre par les mâles de chauves-souris à tête de marteau varie de manière hautement significative avec la saison (GLM : ddl =3 ; W = 88,56 ; p < 0,0001).

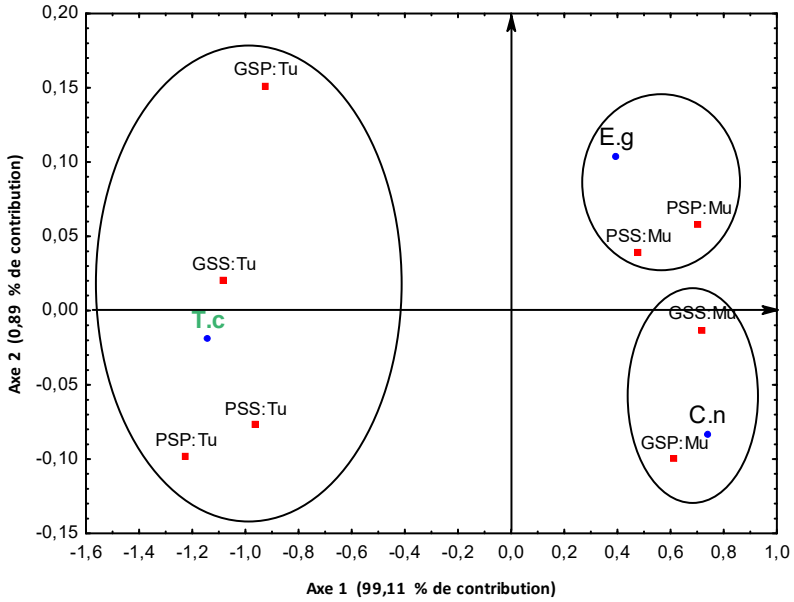


Fig. 4. Distribution saisonnière des mâles de chauves-souris à tête de marteau par espèce d'arbre dans la commune du Plateau d'août 2003 à juillet 2004 (PSS : Petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies, GSS : grande saison sèche, GSP : grande saison des pluies; T.c : Terminalia catappa, E.g : Elaeis guinnensis, C. n : Cocos nucifera ; Tu : très utilisée, Mu : moins utilisée)

L'analyse de variances suivie du test de classification et de comparaison de Newman-Keuls révèle que le site 1 a abrité les plus grands effectifs des mâles de chauves-souris à tête de marteau en toute saison (**Figure 5**). En effet, les effectifs saisonniers des mâles de chauves-souris à tête de marteau ont varié avec le site (GLM : ddl =1 ; W = 56,86 ; p < 0,001).

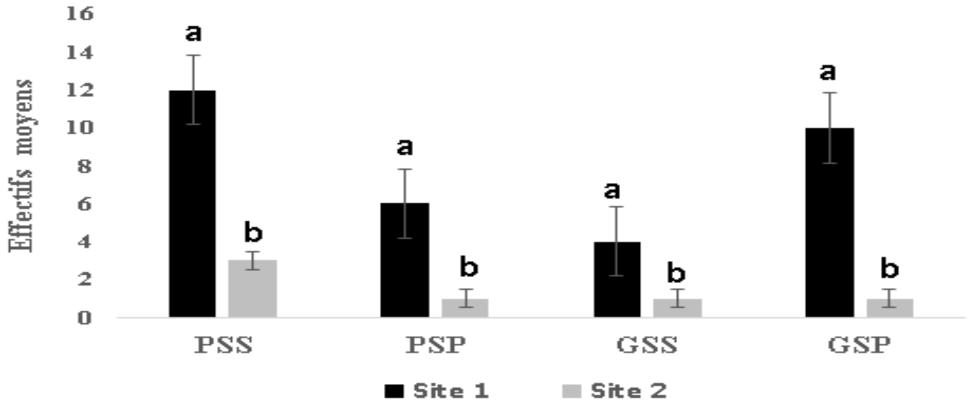


Fig. 5. Variations spatiales saisonnières des effectifs de mâles de chauves-souris à tête de marteau dans la commune du Plateau à Abidjan d'août 2003 à juillet 2004 (PSS : Petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies, GSS : grande saison sèche, GSP : grande saison des pluies; a : site à grand effectif et b : site à faible effectif)

4 DISCUSSION

Tableau 1. Deux sites d'appels sexuels ont été identifiés. Ce choix semble être lié à la hauteur des arbres le peuplant. En effet, les perchoirs des mâles de chauves-souris à tête de marteau sont des arbres de petite taille. Ce nombre de sites d'appels sexuels est inférieur aux sept sites d'appels sexuels identifiés dans le Parc National de Taï de [26] mais supérieur au seul site déterminé dans cette commune de 2005 à 2006 [18]. Cette différence pourrait être liée d'une part, à la limitation dans ce milieu urbain de sites présentant des caractéristiques recherchées par les mâles de chauves-souris à tête de marteau, et d'autre part, aux actions anthropiques (abattage et élagage d'arbres), qui ont pour corollaire la perte de la biodiversité [7], [24], [25], [36], [37].

Tableau 2. Les plus grands effectifs de mâles de chauves-souris à tête de marteau observés au site 1 pourraient se rattacher à la disponibilité de la nourriture. En effet, le site 1 est peuplé de l'espèce d'arbre *Terminalia catappa*, qui produit des fruits, qui attireraient ces frugivores [18], [27], [33], [38], [39], [40]. Cette ressource alimentaire faciliterait ainsi la mise en place de colonies de reproduction [41], [42]. Dès lors, les mâles se rassemblent dans les sites de reproduction, émettent des appels sexuels pour attirer les femelles dans le seul but de copuler [26], [29]. Cette adaptation viserait à compenser la grande dépense énergétique en vue d'augmenter leur succès reproductif, car, chez les Mammifères, la taille du groupe est fonction de la disponibilité de la nourriture [43], [44].

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude, que la commune du Plateau d'Abidjan abrite deux sites de reproduction utilisé comme site d'appels sexuels par les mâles de chauves-souris à tête de marteau. Parmi ces sites, le site 1 a été le plus exploité comme site d'appels sexuel par les mâles de chauves-souris à tête de marteau dans la commune du Plateau à Abidjan d'août 2003 à juillet 2004. Six espèces d'arbres sont présentes dans la zone d'étude. Parmi elles, *Terminalia catappa* a été l'espèce d'arbre la plus utilisée par les mâles de cette population de chauves-souris à tête de marteau pour leurs appels sexuels. Pour assurer l'intégrité et la conservation de cette population, ces sites de reproduction doivent être maintenus intacts du fait de leur sensibilité aux modifications de leur environnement, susceptibles d'affecter leur succès reproductif et partant la survie de cette population.

REFERENCES

[1] D. E. Wilson and D. M. Reeder, *Mammal species of the World* : A taxonomic and geographic reference 3rd Ed. The John Hopkins University Press, 2005.

[2] T. H. Kunz and S. Parsons, *Ecological behavioural: Methods for the study of bats*, 2nd Ed. The Johns Hopkins University press, 2009.

[3] M. B. Fenton and N. B. Simmons, *Bats, a world of science and mystery*. The University of Chicago Press, 2015.

[4] E. C. Teeling, O. Madsen, R. A. Van den Bussche, W. W De Jong, M. J. Stanhope and M. S. Springer, "Microbat paraphyly and the convergent evolution of a key innovation in Old World rhinolophoid microbats," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, pp. 1431-1436, 2002.

[5] T.H. Kunz, E. Braun de Torrez, D. Bauer, T. Lobova and T.H. Fleming, "Ecosystem services provided by bats," *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1223, pp.1-38, 2011.

[6] Kingston, T., *Response of bat diversity to forest disturbance in Southeast Asia: insights from long-term research in Malaysia*, In: R. A. Adams, and S.C. Pedersen (Eds.), Bat evolution, ecology and conservation, New York: Springer, pp.169-185, 2013.

[7] C. F. J. Meyer, L. M. S. Aguiar, L. F. Aguirre, J. Baumgarten, F. M. Clarke, J. F. Cosson, S. E. Villegas, J. Fahr, D. Faria, N. Furey, M. L. Henry, R. K. B. Jenkins, T. H. Kunz, M. C. Mc. S. Gonzalez, I. Moya, J. M. Pons, P. A. Racey, K. Rex, E. M. Sampaio, K. E. Stoner, C. C. Voigt, D. V. Staden, C. D. Weise and E. K. V. Kalko, "Species undersampling in tropical bat surveys: effects on emerging biodiversity patterns," *Journal of Animal Ecology*, vol. 84, pp. 113–123, 2015.

[8] R. Moratelli and H. C. Calisher, **"**Bats and zoonotic viruses: can we confidently link bats with emerging deadly viruses?," *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 110, no. 1, pp. 1-22, 2015.

[9] A. M. Saéz, S. Weiss, K. Nowak, V. Lapeyre, F. Zimmermann, A. Düx, H. S. Kühl, M. Kaba, S. Regnaut, K. Merkel, A. Sachse, U. Thiesen, L. Villányi, C. Boesch, P.W. Dabrowski, A. Radonić, A. Nitsche, S. A. J. Leendertz, S. Petterson, S. Becker, V. Krähling, E. Couacy-Hymann, C. Akoua-Koffi, N. Weber, L. Schaade, J. Fahr, M. Borchert, J. F. Gogarten, S. Calvignac-Spencer, F. H. Leendertz, "Investigating the zoonotic origin of the West African Ebola epidemic," *Embo Molecular Medicine*, vol. *7*, no. 1, pp. 17-23, 2015.

[10] IUCN, *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2015. [Online] Version Available : http://www.iucnredlist. org. (September 9, 2015).

[11] Mildenstein, T., Tanshi, I., and Racey, P. A., *Exploitation of Bats for Bushmeat and Medicine*, In: C. C. Voigt, and T. Kingston (Eds.), Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world, Switzerland : Springer International, pp. 325-375, 2016.

[12] Williams-Guillén, K., Olimpi, E., Maas, B., Taylor, P. J., and Arlettaz, R., *Bats in the Anthropogenic Matrix: Challenges and Opportunities for the Conservation of Chiroptera and Their Ecosystem Services in Agricultural Landscapes*, In: C. C. Voigt, and T. Kingston (Eds.), Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world, Switzerland: Springer International, pp.151-186, 2016.

[13] K. M. B. Herkt, G. Barnikel, A. K. Skidmore and J. Fahr, "A high-resolution model of bat diversity and endemism for continental Africa," *Ecological Modelling*, vol. 320, pp. 9-28, 2016.

[14] H. J. Huggel-wolf et M. Huggel-wolf, "La biologie de *Eidolon helvum* (Kerr) (Megachiroptera)," *Acta Tropica*, vol. 22, pp. 1-10, 1965.

[15] D.W. Thomas, "The annual migration of three species of West African fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae)," *Cannadian Journal of Zoology*, vol. 61, pp. 2266-2272, 1983.

[16] C. J. M. Niamien, K. H. Yaokokoré-Béibro, I. Koné, S. S. Yao et K. E. N'Goran, "Données préliminaires sur les habitudes alimentaires des chauves-souris paillées, *Eidolon helvum* (Kerr, 1792) (Chiroptera : Pteropodidae) de la commune d'Abidjan-Plateau (Côte d'Ivoire)," *Agronomie Africaine*, vol. 21, no. 3, pp. 231-240, 2009.

[17] C. J. M. Niamien, K. H. Yaokokoré-Béibro, I. Koné et K. E. N'Goran, "Données préliminaires sur l'écologie des chauves-souris frugivores de la commune du Plateau (Abidjan, Côte d'Ivoire)," *Sciences et Nature*, vol. 7, no. 1, pp. 21-30, 2010.

[18] C. J. M. Niamien, B. Kadjo, I. Koné et K. E. N'Goran, "Données préliminaires sur la distribution spatio-temporelle des chauves-souris à tête de marteau, *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861, dans la commune du Plateau (Abidjan, Côte d'Ivoire)," *Afrique Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 227-236, 2015 a.

[19] C. J. M. Niamien, B. Kadjo, D. N. Dago, I. Koné and K. E. N'Goran, "Initial data on poaching of *Eidolon helvum* (Kerr, 1792) near-threatenedspecies in Côte D'Ivoire, West Africa," *European Journal of Scientific Research*, vol. 135, no. 2, pp. 219-227, 2015 b.

[20] C. J. M. Niamien, B. Kadjo, K. C. H. Koné et K. E. N'Goran, "Ressources alimentaires de *Eidolon helvum* (Kerr, 1792), espèce proche de la menace (Abidjan, Côte d' Ivoire),"*European Scientific Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 182-196, 2017.

[21] S. H. Ghanem and C. C. Voigt, "Increasing awareness of ecosystem services provided by bats," *Advances in the Study of Behavior*, vol. 44, pp. 279-302, 2012.
[22] B. Maas, Y. Clough and T. Tscharntke, "Bats and birds increase crop yield in tropical agroforesty landscapes," *Ecology letters*, vol. 16, no. 12, pp. 1480-1487, 2013.
[23] J. G. Boyles, P. M. Cryan, G. F. Mc cracken and T. H. Kunz, "Economic importance of bats in agriculture," *Sciences,* vol. 332, pp. 41-42, 2011.
[24] Fenton, M.B., and Thomas, D.W., *Migrations and dispersal of bats*, In: M.A. Rankin (Eds.), Migration Mechanisms and adaptative significance, New-york: University of Texas Marine Science, pp. 409-424, 1985.
[25] Jones K. E., Russ J. A., Bashta A., Bilhari Z., Catto C., Cs˝osz I., Gorbachev A., Gy˝orfi P., Hughes A., Ivashkiv I., Koryagina N., Kurali A., Langton S., Collen A., Margiean G., Pandourski I., Parsons S., Prokofev I., Szodoray-Paradi A., Szodoray-Paradi F., Tilova E., Walters C. L., Weatherill A., and Zavarzin O., *Indicator Bats Program: A system for the global acoustic monitoring of bats*, In: B. Collen, N. Pettorelli, J.E.M. Baillie, and S.M. Durant (Eds.), Biodiversity Monitoring and Conservation, Cambridge UK: Wiley-Blackwell, pp. 211–247, 2013.
[27] T. Gordon, *The calling behavior and mating system of a non-lekking population of Hypsignathus monstrosus*. Ph. D. State University of New York, 2001.
[28] Y. Brou, *Analyse et dynamique de la pluviométrie en milieu forestier Ivoirien*. Thèse de troisième cycle, Université d'Abidjan, Côte-d'Ivoire, 1997.
[29] P. Langevin and R. Barclay, "*Hypsignathus montrosus*," *Mammalian species*, vol. 357, pp. 1-4, 1990.
[30] Kingdon, J., *Bats Chiroptera*, In: The Kingdon field guide to African Mammals, Washington: Princeton University Press, pp. 111-136, 1997.
[31] Kunz, T.H., Thomas, D.W., Richards, G.C., Tidemann, C.R., Pierson, E.D., and Racey, P.A., *Observational Techniques for Bats*, In: M.S. Foster (Eds.), Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals, Washington: Smithsonian Institutions Press, pp. 105-114, 1996.
[32] J. Decher, B. Kadjo, M. Abedi-Lartey, E. O. Tounkara et S. Kante, "Une étude rapide des petits Mammifères (Musaraigne, Rongeurs et Chiroptères) des forêts classées de la Haute Dodo et du Cavally, Côte d'Ivoire," *Bulletin RAP d'évaluation rapide*, vol. 34, pp. 91-100, 2005.
[33] J. W. Bradbury, "Lek mating behaviour in the hammer-headed-bat," *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, vol. 45, pp. 225-245, 1977.
[34] Krebs, C. J., *Mammals*, In: W. J. Sutherland (Eds.), Ecological Census Techniques, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 351-369, 2006.
[35] R. M. Nowak, *Walker's Mammals of the* world, 6th Ed. Johns Hopkins University Press, 1999.
[36] S. L. Mann, R. J. Steihl and V. M. Dalton, "Effects of cave tours on breeding *Myotis velifer*," *Journal of Wildlife Management*, vol. 66, pp. 618-624, 2002.
[37] B. J. Cardinale, J. E. Duffy, A. Gonzalez, D.U. Hooper, C. Perrings, P. Venail, A. Nar-wani, G. M. Mace, D. Tilman, D. A. Wardle, A. P. Kinzig, G. C. Daily, M. Loreau, J. B. Grace, A. Larigauderie, D.S. Srivastava and S. Naeem, "Biodiversity loss and its impact on humanity," *Nature*, vol. 486, pp. 59-67, 2012.
[38] J. Fahr and E. K. V. Kalko, "Biome transitions as centres of diversity: habitat heterogeneity and diversity of West African bat assemblage across spatial scales," *Ecography*, vol. 34, pp. 177-195, 2011.
[39] N. R. D. Reis and J. L. Guillaumet, "Les chauves-souris frugivores de la région de Manaus et leur rôle dans la dissémination des espèces végétales," *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, vol. 38, pp. 147-169, 1983.
[40] T. T. Caughlin, T. Ganesh and M. D. Lowman, "Sacred fig trees promote frugivore visitation and tree seedling abundance in South India," *Current Sciences*, vol. 102, no. 6, pp. 918-922, 2012.
[41] U. G. Sorensen and K. Halgerg, "Mammoth roost of nonbreeding straw-coloured fruit bats *Eidolon helvum* (Kerr, 1792) in Zambia," *African Journal of Ecology*, vol. 39, pp. 213-215, 2001.
[42] Stuart, C., and Stuart, T., *Bats en masse*, In: S. Borchert (Eds.), Africa-environment and wildlife, Cape town, South Africa: Africa geograpgic, pp. 72-76, 2001.
[43] J. F. Cosson, M. Tranier and F. Colas, "On the occurrence and possible migratory behaviour of the fruit bat *Eidolon helvum* in Mauritania, Africa,"*Journal of African Zoology*, vol. 110, pp. 369-371, 1996.
[44] L. M. Cisneros, M. E. Fagan and M. R. Willig, "Effects of human-modified landscapes on taxonomic, functional, and phylogenetic dimensions of bat biodiversity,"*Diversity and Distributions*, vol. 21, pp. 523-533, 2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 764-772
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation de l'influence des populations de vers de terre sur la diversité de la faune de litière de la forêt Miombo du Haut Katanga (RD Congo)

[Evaluation of the influence of the earth worm population on litter fauna diversity in the Miombo forest (DR Congo)]

YUMBA NKULU FREDDY[1], MALOBA WA KAKOBE[1], TSHIMETA MWAMBA CARMELLE[2], MIRHONYI MUGISHO[3], and JEAN PIERRE KABULU DJIBU[4]

[1]Departement de Biologie-Chimie,
Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

[2]Departement de Géomines,
Institut Supérieur de techniques appliquées de Lubumbashi, RD Congo

[3]Departement de Chimie Physique,
Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

[4]Departement de Géographie et Gestion de l'Environnement,
Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2018 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 research, the evaluation of the influence of earth worm on the soil fauna diversity was studied during each season in making comparison of the density, the abundance and the biomass between Annelida and other inventoried taxa of invertebrates. The results brought out a great density of earth worm in rainy season than the dry one seeing that Oligochaetes are bound at the humidity. The other taxa inventoried were a part of 8 different orders listed according to the importance as follows: Hymenoptera, Araneida, Isoptera, Diplopoda, Coleoptera, Blattoptera, Chilopoda and Thysanoptera. From the 8 orders, the 7 first inventoried during the rainy season were found again during the dry season but with a great density for almost each taxon in spite of the sensitive reduction of the abundance of earth worms. The Chilopoda's order was observed only during the rainy season, the one of Thysanoptera only during the dry season. In conclusion, the density, the abundance and the biomass of the earth worms of the Miombo forest don't have influence on the one of other litter fauna invertebrates.

KEYWORDS: Oligochaeta, Miombo, diversity, biomass, invertebrates and organic matter.

RÉSUMÉ: Dans cette recherche, l'évaluation de l'influence des vers de terre sur la diversité de la faune du sol a été étudiée au cours de chaque saison par comparaison de la densité, l'abondance et la biomasse entre les annélides et les autres taxons d'invertébrés inventoriés. Les résultats montrent une forte densité des vers de terre en saison de pluie qu'en saison sèche étant donné que les Oligochètes sont liés à l'humidité. Les autres espèces inventoriées appartiennent à 8 ordres différents cités par ordre d'importance comme suit: les Hyménoptères, les Aranéides, les Isoptères, les Diplopodes, les Coléoptères, les Blattoptères, les Chilopodes et les Thysanoptères. De ces 8 ordres, les 7 premiers inventoriés au cours de la saison de pluie ont été retrouvés même au cours de la saison sèche mais cette fois-ci avec une forte densité presque pour chaque taxon malgré la diminution sensible de l'abondance des vers de terre. L'ordre des Chilopodes a été observé uniquement au cours de la saison de pluie et celui des Thysanoptères rien qu'en saison sèche. En conclusion, la densité, l'abondance et la biomasse des vers de terre des forêts Miombo n'influencent généralement pas celles d'autres invertébrés de la faune de litière.

MOTS-CLEFS: Oligochètes, Miombo, diversité, biomasse, invertébrés et matière organique.

Corresponding Author: YUMBA NKULU FREDDY

1 INTRODUCTION

Le sol possède une faune excessivement nombreuse et variée, dont les éléments occupent des niveaux d'un réseau trophique compliqué, dominé par les chaînes de saprophytes mais comportent aussi des chaînes secondaires de prédateurs. Ces organismes permettent la dynamique de la matière organique et de l'eau ainsi que, le recyclage des nutriments (BACHELIER, 1978[1] ; DINDAL, 1990 [2]).

Parmi les groupes taxonomiques majeurs constituant la faune du sol, on dénombre des arthropodes, les arachnides, les collemboles les vers de terre qui sont les plus abondants (Schaefer et Schauermann, 1990) [3]. Les lombricidés représentent une importance particulière du fait de leur densité, leur biomasse prédominante et leur rôle dans l'humification et la minéralisation de la matière organique des sols augmentant ainsi leur stabilité structurale (CLUZEAU D. (2007) [4]; PELOSI, 2008 [5]; CLUZEAU D. (2014) [6].

Les vers de terre contribueraient donc à l'augmentation de la diversité biologique de la faune du sol étant donné que celle-ci est aussi fonction de la matière organique.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons mené cette étude ayant pour thème « l'influence des populations lombriciennes sur la diversité de la faune de litière ». Cette étude a été menée de janvier à mai 2017 dans la forêt Miombo du monastère de Kiswishi dans la province du Haut Katanga en République Démocratique du Congo.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Cette étude a été menée dans la forêt claire MIOMBO de la concession du monastère catholique de KISWISHI, située à 18 km au Nord-Est de la ville de Lubumbashi sur l'axe routier LIKASI dans la province du Haut-KATANGA en République Démocratique du Congo. L'altitude de cette contrée est de 1316 m et 11°53 '44"de latitude sud et 27°46'28''de longitude Est (coordonnées de l'entrée du MONASTERE).

Cette forêt est constituée de 3 strates : arborée, arbustive et herbacée. La strate arborée comprend des mégaphanérophytes de 8 à 30m de hauteur composés principalement des espèces ci-après : *Julbernadia paniculata* (Benth) Troupin, *Marquesia macroura* Gilg, *Brachystegia boehmii* Taub., *Brachystegia longifolia* Benth et *Brachystegia spiciformis var latifoliolata* (De Wild) Hoyle.



Photo 1 : La forêt Miombo du Monastère de Kiswishi (le 19 avril 2017)

Outre la végétation, le milieu a été caractérisé aussi par quelques paramètres physico-chimiques de son sol. Ces échantillons de sols ont été récoltés sur chaque section d'échantillonnage pour la détermination de l'humidité à 105°C, du pH eau-sol, ainsi que de la matière organique par la méthode de la perte au feu. Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie de l'Institut supérieur pédagogique de Lubumbashi.

2.2 RECOLTE ET IDENTIFICATION DES ESPECES DE LA FAUNE DU SOL

La délimitation des sections d'échantillonnage était faite selon la méthode de JONES et EGGLETON (2000) [7]. Les différentes espèces de la faune du sol étaient récoltées selon la méthode de retournement de l'écorce et de la chasse et les spécimens récoltés furent décrits et identifiés jusqu'au niveau de l'ordre par la méthode RBA (Rapid Biodiversity Assessment).

2.3 LA DENSITE ET LA DISTRIBUTION

2.3.1 LA DENSITÉ

La densité ou l'abondance de la population de la faune du sol correspond au nombre moyen d'individus récoltés par unité de surface. Elle a été exprimée ici en nombre d'individus par mètre carré (ind/m^2).

2.3.2 LA DISTRIBUTION SPATIALE

La distribution spatiale de la faune du sol a été déterminée en comparant la moyenne de comptage de chaque taxon par rapport à la variance (BACHELIER, 1978) [1]. Selon cette méthode on distingue une distribution **régulière** si la moyenne est supérieure à la variance ; une distribution **au hasard** si la moyenne est égale à la variance et une distribution en **agrégats** dite encore distribution **contagieuse** si la moyenne est inférieure à la variance.

2.3.3 LA BIOMASSE

La biomasse a été évaluée en poids sec sans cendres (PSSC). Pour cela chaque échantillon de la faune du sol a été placé à l'étuve (60°C) pendant 48 heures pour donner le poids sec auquel on soustrait le poids des cendres obtenus après introduction de l'échantillon sec dans le four à 450°C pendant 4 heures (BRUN, 2011) [8].

2.4 CALCULS DES INDICES

2.4.1 INDICE DE DIVERSITÉ

Après identification, l'abondance relative et l'abondance moyenne ont été déterminées pour chaque taxon. Pour évaluer la diversité de la faune du sol récoltée, il a été utilisé l'indice de Shannon *H'* et l'indice d'équitabilité de Piélou *J'* calculés à partir des abondances relatives des différents taxons selon les formules suivantes [8] :

$$H' = -\sum_{i=1}^{N} p_i * \log_2(p_i)$$

Avec : *H'* : indice de Shannon

p_i : Abondance relative du taxon *i* par rapport aux autres taxons soit : $p_i = \frac{n_i}{N}$

N : nombre total de taxons

Cet indice prend donc en compte le nombre de taxons présents ainsi que la proportion d'individus dans chaque taxon. Il augmente avec le nombre de taxons et/ou avec l'équirépartition des individus au sein de chaque taxon [8].

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\log_2(N)}$$

Avec : *J'* : Indice d'équitabilité de Piélou

Cet indice prend en compte l'équirépartition des individus par taxon. Il varie de 0 (un seul taxon) à 1 (même nombre d'individus dans chaque taxon).

Et la dominance des taxons a été évaluée par l'indice de Simpson (1949) calculé selon la formule.

$$D = \frac{N(N-1)}{\sum_n (N-1)}$$

$Avec : N = Le\ nombre\ d'individus\ dans\ la\ population$
$n = Le\ nombre\ d'individu\ de\ chaque\ espèce$

Cet indice varie de 1 à l'infini.

2.4.2 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE

Pour caractériser la présence d'un taxon dans un milieu, il a été calculé des fréquences d'occurrence *FO* par taxon *i*, par la formule suivante [8] :

$$FO_i = \frac{E_i}{E_t} \times 100$$

Avec : E_i : le nombre d'échantillons où le taxon *i* est présent
E_t : le nombre total d'échantillons.

Selon cette formule, la présence d'un taxon est considérée comme fréquente lorsque FO ≥ 75%, commune lorsque 75% > FO ≥50 %, occasionnelle lorsque 50% > FO ≥ 25%, rare lorsque 25% > FO ≥ 10% et accidentelle lorsque FO < 10% [8].

3 RESULTATS

Cette partie présente les différents résultats obtenus lors de nos investigations. Ces résultats sont en rapport avec la densité et la biomasse de vers de terre ainsi que les paramètres physico-chimiques (l'humidité, la matière organique, et le pH) pour la caractérisation des habitats.

3.1 CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES SOLS

La figure 1 ci-dessous indique que l'humidité des sols échantillonnés diminue de manière significative de Janvier à Avril mais augmente en Mai. Leur pH a varié de 4,5 à 4,8 et la matière organique de 8,71% au mois de Janvier à 9,71% au mois de Mai. Cependant ces valeurs ne sont pas significativement différentes.

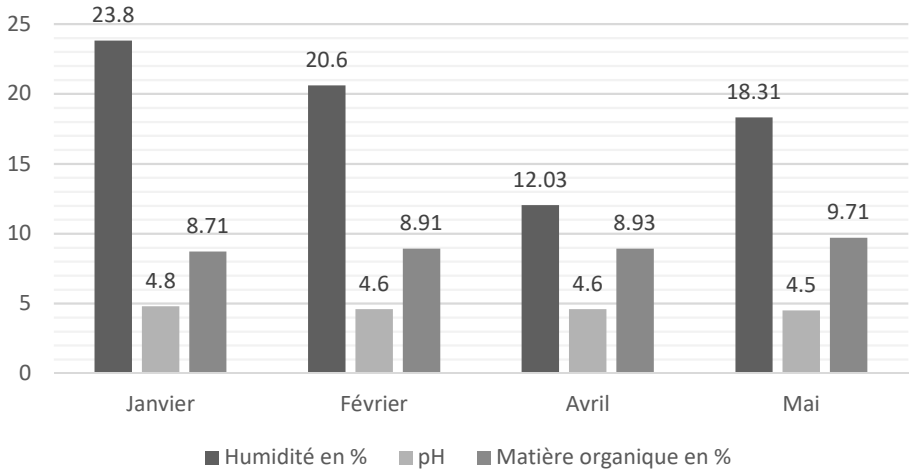


Fig. 1. Caractéristiques physico-chimiques des sols

3.2 CARACTERISTIQUES DE LA FAUNE DU SOL

3.2.1 LES MOIS DE JANVIER ET FÉVRIER

Il a été récolté au total 636 individus de la faune du sol sur 12 sections, de mètre carré chacune, répertoriées soit une densité de 53 ind/m^2. Ces résultats repris au tableau 1 indiquent que les individus récoltés étaient répartis en 8 ordres différents parmi lesquels les Oligochètes sont les plus représentés avec une abondance relative de 40,9%.

Tableau 1. Densité et abondance relative de la population de la faune du sol aux mois de janvier et février

N°	TAXONS	CODE	DENSITE		ABONDANCE
			EFF	Ind/m^2	RELATIVE EN %
1	ARANEIDES	Ara	60	5	9,4
2	BLATTOPTERES	Bla	24	2	3,8
3	CHILOPODES	Chi	20	2	3,1
4	COLEOPTERES	Col	60	5	9,4
5	DIPLOPODES	Dpp	**84**	**7**	13,2
6	ISOPTERES	Iso	16	1	2,5
7	HYMENOPTERES	Hym	**112**	**9**	17,6
8	OLIGOCHETES	Oli	**260**	**22**	40,9
TOTAL			**636**	**53**	**100**

Le tableau 2 indique que la distribution spatiale des espèces était en agrégat au sein de tous les taxons représentés.

Tableau 2. Distribution spatiale des espèces des taxons étudiés

N°	TAXONS	CODE	m(X)	S^2	DISTRIBUTION
1	ARANEIDES	Ara	5	23,6	En agrégats
2	BLATTOPTERES	Bla	2	13,1	En agrégats
3	CHILOPODES	Chi	2	13,1	En agrégats
4	COLEOPTERES	Col	5	49,8	En agrégats
5	DIPLOPODES	Dpp	7	26,5	En agrégats
6	ISOPTERES	Iso	1,3	12,6	En agrégats
7	HYMENOPTERES	Hym	9,6	42,1	En agrégats
8	OLIGOCHETES	Oli	21,7	269	En agrégats

La figure 2 ci-dessous montre que les ordres fréquents dans le Miombo du monastère de Kiswishi aux mois de janvier et février sont les *Oligochètes,* les *Hyménoptères* et les *Diplopodes.* Les *Aranéides* et les *Coléoptères* sont des taxons communs alors que les *Isoptères* et les *Chilopodes* sont rares.

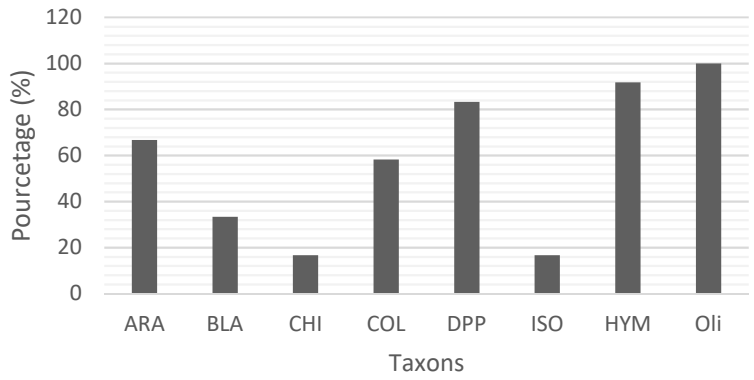


Fig. 2. Fréquence d'occurrence des taxons inventoriés aux mois de janvier et février

3.2.2 LES MOIS D'AVRIL ET MAI

Il a été récolté au total 556 individus de la faune du sol sur 12 sections, de mètre carré chacune, répertoriées soit une densité de 46 ind/m^2. Ces résultats repris au tableau 3 indiquent que les individus récoltés étaient répartis en 8 ordres différents parmi lesquels les *Hyménoptères* et les *Oligochètes* sont les plus représentés avec une abondance relative de 11% chacun.

Tableau 3. Densité et abondance relative de la population de la faune du sol aux mois d'avril et mai

N°	TAXONS	CODE	DENSITE		ABONDANCE RELATIVE EN %
			EFF	Ind/m^2	
1	ISOPTERES	Iso	84	7	15,1
2	ARANEIDES	Ara	92	8	16,5
3	BLATTOPTERES	Bla	52	4	9,4
4	HYMENOPTERES	Hym	136	11	24,5
5	COLEOPTERES	Col	12	1	2,2
6	DIPLOPODES	Dpp	36	3	6,5
7	THYSANOPTERES	Thy	12	1	2,2
8	OLIGOCHETES	OLI	132	11	23,7
TOTAL			**556**	**46**	**100**

Tous les taxons inventoriés aux mois d'avril et mai 2017 ont été caractérisés par une distribution spatiale en agrégats comme indiqué au tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4. Distribution spatiale des espèces des taxons étudiés

TAXONS	CODE	m(X)	S^2	DISTRIBUTION
ISOPTERES	Iso	7	288,4	En agrégats
ARANEIDES	Ara	7,7	42,1	En agrégats
BLATTOPTERES	Bla	4,3	15,8	En agrégats
HYMENOPTERES	Hym	11,3	136,2	En agrégats
COLEOPTERES	Col	1	6,2	En agrégats
DIPLOPODES	Dpp	3	23,6	En agrégats
THYSANOPTERES	Thy	1	3,2	En agrégats
OLIGOCHETES	Oli	11	305,8	En agrégats

La figure 3 ci-dessous montre que les taxons fréquents au cours des mois d'avril et mai 2017 sont les *Hyménoptères* et les *Aranéides.* Par contre les *Oligochètes et les Blattoptères* ont été qualifiés de taxons communs.

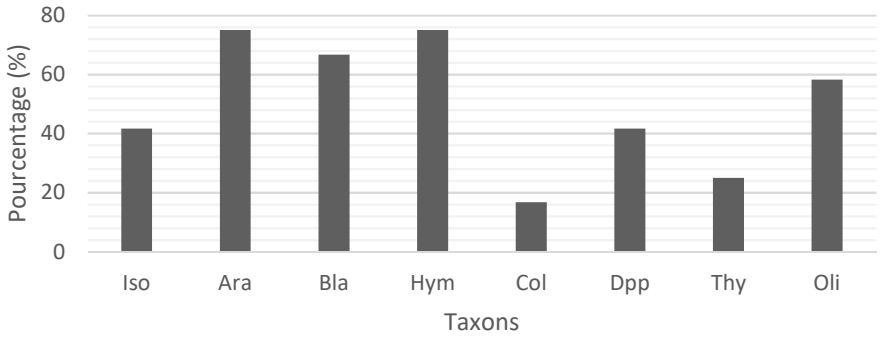


Fig. 3. La fréquence d'occurrence des taxons inventoriés aux mois d'avril et mai

3.2.3 LES INDICES DE DIVERSITÉ

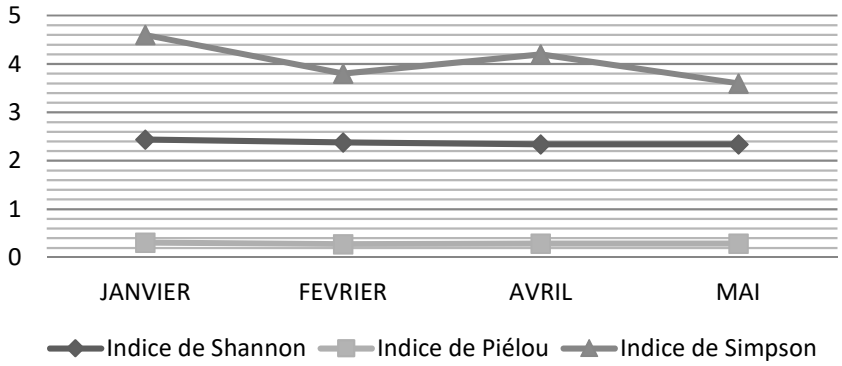


Fig. 4. Variation des indices de diversité calculés

L'équitabilité (*J*) est un complément à la diversité, car elle indique la position de la diversité observée par rapport à la diversité maximale du peuplement, celle où l'abondance relative de toutes les espèces est la même. Cet indice a été de 0,28 au mois de février ; 0,31 au mois de janvier mais 0,29 en avril et mai.

L'évolution mensuelle de la diversité spécifique *H'* varie de 2,34 à 2,44. Au cours de ces deux saisons, la diversité reste plus élevée en janvier où elle est de 2,44 et de 2,38 en février. Mais on constate aussi qu'au cours de la saison sèche, la diversité n'a pas diminué sensiblement, car elle reste de 2, 34 pour le mois d'avril et de mai.

L'évolution de la dominance (*D*), montre des valeurs inférieures à 5, pour le mois de janvier, la dominance est de 4,6 à mai et 3,8 en février. Au cours de la saison sèche, la dominance est de 4,2 en avril et 3,6 pour le mois de mai.

4 DISCUSSION

Cette étude a été essentiellement axée sur l'impact des communautés lombriciennes des forêts Miombo sur la diversité des invertébrés qui font partie de la faune de litière en comparant quantitativement et qualitativement différents spécimens des différents taxons inventoriés.

En effet, pour y arriver il a été d'abord question de déterminer la densité et la biomasse des lombriciens puis à les comparer à celles des autres invertébrés inventoriés dans cette même litière. C'est ainsi que sur le terrain d'étude sélectionné à cet effet, il a été constaté au cours de la saison de pluie une densité de 22 individus par m^2 et une biomasse de 0,15 g/m^2 et 11 individus par m^2 et 0,03g/m^2 de biomasse au cours de la saison sèche. Toutes ces abondances observées concernent les vers de terre épigés et endogés, car selon Capowiezy (2009) [9], les épigés vivent en surface dans la litière à partir de 0 à 5 cm et les endogés en profondeur à partir de 5 à 15 cm.

Bien que ces résultats se rapprochent de ceux d'Omodeo et Martinucci (1987) qui ont observé dans le Nord Algérien des densités de vers de terre comprises entre 11 et 12,7 ind./m^2 et des biomasses de 1,25 à 3,0 g/m^2 ; mais ils ne sont pas toujours bons, car les densités de vers de terre se situent généralement entre 50 et 400 vers/m^2, excédant parfois les 1000 vers/m^2 (Lee, 1985) [10] ; la biomasse vivante de vers de terre se situe entre 30 et 100 g/m^2 (Lavelle et Spain, 2001) [11] mais peut dépasser 300 g /m^2 (Lee, 1985) [11]. Ouahrani (2003) a trouvé des valeurs beaucoup plus élevées, de 188 g/m^2 et 256 vers/m^2 dans les sols du bord de l'oued Rhumel (Constantine) et Bouché (1975) [12] a aussi trouvé que la densité des vers de terre dans les sols français (où le climat est plus humide par rapport à celui de l'Algérie) est souvent dans la gamme de 100 à 150 ind./m^2 avec une biomasse moyenne allant jusqu'à 110 g/m^2, mais des chiffres plus élevés peuvent également être observés, de l'ordre de 2000 ind./m^2 dans les pâturages des régions tempérées, ou bien dans les vergers irrigués, où la biomasse varie généralement de 30 à 100 g/m^2.

Par ailleurs, les études d'El-Duweini et Ghabbour (1965) [13] et celles d'Hendrix *et al.*, (1992) [14] ont montré une corrélation positive entre la densité et/ou la biomasse de vers de terre et la teneur en matière organique du sol. C'est ainsi que dans le cas de notre étude, ces résultats sur la densité et la biomasse se rapportent à une teneur de matière organique qui se situe entre 8,71% et 9,71% en moyenne. En se référant à ce qui précède Edwards et Bohlen (1996) [15] expliquent que les sols pauvres en matière organique ne supportent généralement pas de fortes densités de vers de terre. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans les pâturages fertilisés et les plus basses dans les sols acides ou arides [10] ; [10].

Toujours dans le même ordre d'idée de corréler les caractéristiques des habitats aux communautés lombriciennes, appart la matière organique, la teneur moyenne de l'humidité du sol a été importante pour les vers de terre au cours de la saison de pluie où elle a été observée à 23,8% ; sa diminution jusqu'à 18,31% au cours de la saison sèche pourrait justifier cette diminution sensible de la densité des communautés lombriciennes, car selon Pelosi (2008), la dynamique des populations lombriciennes en prairie tout comme en forêt est souvent fixée à une teneur strictement supérieur à 20% en moyenne [5].

De cette même caractérisation des habitats, le pH mesuré est compris entre 3,95 à 5,22; cette acidité du sol peut favoriser une forte densité des lombriciens, car selon Satchell (1967) [16], la majorité des espèces de régions tropicales et tempérées se trouvent dans des sols à pH compris entre 5,0 et 7,4.

En rapport avec la diversité de la faune de litière, à part les Oligochètes faisant déjà partie des lombriciens, les autres espèces inventoriées appartiennent à 8 ordres différents cités par ordre d'importance comme suit: les Hyménoptères, les Aranéides, les Isoptères, les Diplopodes, les Coléoptères, les Blattoptères, les Chilopodes et les Thysanoptères.

De ces 8 ordres, les 7 premiers inventoriés déjà au cours de la saison de pluie où la densité des Oligochètes était de 22 ind. /m^2 se sont répétés même au cours de la saison sèche mais cette fois-ci avec une forte densité presque pour chaque ordre malgré la diminution sensible de la densité des Oligochètes jusqu'à 11 ind. /m^2. L'ordre des Chilopodes a été observé uniquement au cours de la saison de pluie et celui des Thysanoptères rien qu'en saison sèche. Notre constat se rapporte à celui de Buchmann *et al.* (1996) [17] qui ont trouvé chez les Chilopodes, une valeur plus élevée à l'automne par rapport au printemps. De même chez les Thysanoptères, un effet saison semble être observé. Ceci peut se justifier par le fait que les litières ont une variation de signature au cours des saisons (Bachelier, 1978) [1].

En se référant à ce qui précède, nous pouvons dire dans le cadre de notre recherche que la densité des lombriciennes n'influencent généralement pas la présence d'autres invertébrés de la faune de litière, car même les études de Schaefer & Schauermann (1990) [3], sur les invertébrés du sol dans une prairie Européenne rapportent qu' un mètre carré héberge près de 1000 espèces d'invertébrés dont 400 à 500 espèces d'Acariens, 60 à 80 espèces de Collemboles, 90 espèces de Nématodes, 60 espèces de Protozoaires, 22 espèces d'Enchytréides, 15 espèces de Diplopodes et 15 à 17 espèces de vers de terre. Mais au moins, elle pourrait être influencée par les facteurs abiotiques déterminés lors de la caractérisation des habitats, c'est notamment la teneur en matière organique, le pourcentage de l'humidité et le pH du sol, car selon Jegou & *al* (2002) [18], la majeur partie d'invertébrés du sol tels que les Arthropodes, les Collemboles et Acariens sont influencés par les facteurs agro pédologiques tels que le pH, la teneur en matière organique, l'hydromorphie du sol, les espèces végétales présentes et la diversité végétale.

5 CONCLUSION

Cette étude a été essentiellement axée sur l'évaluation de l'impact des communautés lombriciennes des forêts Miombo sur la concentration en matière organique et la diversité de la faune de litière. Pour cela, pendant deux mois de la saison pluvieuse et deux autres de la saison sèche, la densité, l'abondance et la biomasse des vers de terre ont été comparée avec celles d'autres espèces invertébrées inventoriées dans la litière.

Afin d'élargir les connaissances sur ces interactions nous avons aussi procédé à la détermination des paramètres physicochimiques tels que l'humidité, la matière organique et le pH du sol pour caractériser les habitats.

En conclusion, la densité, l'abondance et la biomasse des lombriciennes des forêts Miombo n'influencent généralement pas la présence d'autres invertébrés de la faune de litière.

REFERENCES

[1] BACHELIER G., 1978. *La faune des sols, son écologie et son action*, ORSTTOM, Paris pp391, 256,257

[2] Dindal, D. L., 1990. Soil biology guide. Wiley and sons Inc., New-York, 1349 pp.

[3] Schaefer, M. et Schauermann, J., 1990. The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and a moder soil. *Pedobiol.* 34, 299-314.

[4] CLUZEAU D., 2007. Biodiversité & Fonctionnement du sol : *Rôle de la diversité de la faune du sol dans le fonctionnement des sols (dégradation et recyclage des matières organiques du sol),* UMR 6553 *EcoBio*- Université de Rennes 1*, 16 p.*

[5] PELOSI C., 2008. *Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre Lumbricus terrestris au champ*, thèse de doctorat à l'Institut Agro paris Tech. pp 1,19

[6] CLUZEAU D., 2014. Les vers de terre : *Guide pratique auxiliaires de cultures ; Comprendre et reconnaitre les vers de terre*; OPVT -OSUR/Université de Rennes, 20p.

[7] JONES, D.T.; EGGLETON, P., 2000. *Sampling termite species assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol*. Journal of Applied Ecology, v.37, p.191-203.

[8] BRUN S., 2011. *Première approche spatiotemporelle de la biodiversité aquatique d'un marais littoral, Analyse particulière des communautés benthiques, supra-benthiques et ichtyologiques,* Memoire de Master 2 en Ecologie et Ethologie, universite de Jean Monet, p7, 8,

[9] Capowiez Y., 2016. *Quels sont les principaux facteurs expliquant l'abondance et la biodiversité des vers de terre en arboriculture/viticulture* ? Réseau-Agriville. Copyright, *Journée d'Étude – Site INRA Auzeville – 2016, 27pp.*

[10] Lee, K. E., 1985. *Earthworms: their ecology and relationship with soils and land use*. New York, 411 pp.

[11] Lavelle, P. et Spain, A. V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, 654 pp.

[12] Bouché, M. B., 1975. *Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes*. *In*: Kilbertus, G., Reisinger, O., Mourey, A. et Cancela da Foncesca, J. A. (eds), Humification et biodégradation. Pierron, Sarreguemines, pp. 157-168.

[13] El-Duweini, A. K. et Ghabbour, S. I., 1965. *Population density and biomass of earthworms in different types of Egyptian soils*. *J. Appl. Ecol.* 2, 271-287.

[14] Hendrix, P. F., Muller, B. R., Bruce, R. R., Langdale, G. W. et Parmelee, R. W., 1992. *Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont*, USA. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1357-1361.

[15] Edwards, C. A. et Bohlen, P. J., 1996. *Biology and Ecoloy of Earthworms 3rd ed*. Chapman and Hall, London, 426 pp.

[16] Satchell, J. E., 1967. *Lumbricidae*. *In*: Burges, A. et Raw, F. (eds), Soil Biology. Academic Press, London, pp. 259-322.

[17] Buchmann N., Guehl J, M., Barigah T. S. and Ehleringer J. R., 1997. *Interseasonal comparison of C02 concentrations, istopic scomposition, and carbon dynamics in an Amazonian rainforest* (French Guiana). *Oecologia* 110,120-131.

[18] Jegou, D., Brunotte, J., Rogasik, H., Capowiez, Y., Diestel, H., Schrader, S. et Cluzeau, D., 2002. *Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study*. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 329-336.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 773-788
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact of *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae) on the floristic composition and the physico-chemical properties of the soil of a coastal relict forest

TIÉBRÉ Marie-Solange and GOULI GNANAZAN Zinsi Roseline

UFR Biosciences, Laboratory of botany, University Félix Houphouët-Boigny,
Cocody (Abidjan), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 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: Biological invasions have many impacts on the composition of flora and soil chemistry. In this study, we analyzed the impacts of an invasive exotic plant, *Chromolaena odorata* on the floristic diversity and the physico-chemical composition of the soil of the Banco National Park. For this, we compared the floristic and physicochemical parameters of 4 biotopes: forests, ruderal zones without *C. odorata*, ruderal zones with a young *C. odorata* invasion and ruderal zones with an old invasion of *C. odorata*. Floristic inventories and soil samples of 0-20 cm depth were made in quadrats of 4 m^2 (2 m x 2 m) of each biotope. A total of 36 quadrats were placed due to 9 repetitions per biotope. The results showed that: Floristically, the ruderal areas with an old invasion of *C. odorata* had a low floristic richness and a low floristic diversity. In addition, the abundance of native species in these areas was reduced. At soil level, 5 chemical minerals showed significant differences. There are: organic carbon, hydrogen, exchangeable potassium, exchangeable sodium and humus. Our results also showed that areas invaded by *C. odorata* consume exchangeable potassium as they increase the exchangeable sodium concentrations in soils. Consequently, these two minerals could play an important role in the growth and colonization of environments by *C. odorata* to the detriment of native plants. Furthermore, ruderal areas with old *C. odorata* invasion were rich in chemical minerals unlike other biotopes.

KEYWORDS: Biological invasion, *Chromolaena odorata*, Floristic diversity, Physico-chemical composition, Banco National Park.

1 INTRODUCTION

Biological invasions represent a major challenge for the conservation of biodiversity. They are now considered to be one of the leading causes of biodiversity loss worldwide [1], [2] because of their impacts on local communities and ecosystems [3]. These potential impacts include changes in plant composition, significant economic losses, and adverse effects on human health [4], [5], [6], [7]. At the local level, the impact of biological invasions can be manifested by a temporary increase in species richness [8], [9]. However, this increase should not be considered beneficial for the environment as it may be accompanied by loss of endemic species or ecosystem dysfunction [8], [9]. Moreover, this apparent local increase in the number of species goes hand in hand with a decrease in species richness on a global scale, the same species tend to become dominant in different ecosystems everywhere throughout the world [8], [9]. Biological invasions can also have direct and indirect effects on soil chemistry and ecosystem function [10]. Indeed, invasive alien species can change soil composition by root exudates that affect soil structure and mobilize or chelate nutrients. The long-term impact of litter and root exudates can transform soil nutrient stores and there is evidence that invasive plant species can alter nutrient cycles differently than native species [10].

In Côte d'Ivoire, the Banco National Park is a coastal relict forest embedded in the urban area of Abidjan. This park contains many animal and plant species threatened with extinction [11], [12]. This diversity in patrimonial species gives it an importance in terms of conservation for biodiversity and mitigation of carbon. Recent studies shown that this urban forest is plagued by many anthropogenic pressures and by invasive alien species [13], [14], [15]. In fact, agricultural pressure and rapid urbanization contribute to the artificialization of the peripheral zones of the park increasing the ruderal areas. The ruderal zones group the man-influenced terrains that is to say: the edges of paths, the edges of forest massifs, the trampled areas, the wastelands, the railway tracks, the electric wire tracks and dumps, etc.). But also, the resting places of domesticated animals, stables, pens, and the edge of the watering troughs [16]. Several studies shown that invasive alien plants use ruderal areas as an access base

Corresponding Author: TIÉBRÉ Marie-Solange

to invade natural ecosystems [17]. *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae) is a good example of a case study of the impact of biological invasions on the ruderal areas in the Banco National Park. Originally from Central America, *C. odorata* was introduced in India around 1880 and later in Malaysia and Siam from where it was found to spread to Laos, Cambodia, Vietnam and Indochina [18], [19]. It continued to expand into northeastern Australia [20]. It was introduced to Africa specifically in Nigeria around the 1940s, probably imported with seeds of *Gmelina arborea* from Ceylon or as a cover crop [21]. *C. odorata* spread widely throughout West Africa, South Africa, East Africa and Central Africa [22], [23]. It was studied throughout the world. According to [24], [25], [22], *C. odorata* has many negative impacts on farming systems, the economy, and the conservation of biodiversity. In Asia, specifically in Sri Lanka, Indonesia and Malaysia, this plant is ranked among the three most serious weeds of coconut, rubber and oil palm. *C. odorata* has been identified as the greatest threat to northern Australia, due to its rapid spread and its potential to harm agriculture and the environment [26]. In Central Africa, it is responsible of the poisoning of cattle in pastoral lands [27]. It colonizes the savannahs by rising higher than the Gramineae [28]. In Ghana, the exotic *C. odorata* shown to have a negative impact on crops and to be dominant as weed [29]. All these facts give it the status of the world's most invasive and most problematic tropical invasive species [30]. As a result, several chemical, mechanical and biological methods of fight have been applied worldwide against *C. odorata* [31], [32]. Despite these efforts, there are no proven control or management strategies to block the spread of this weed [33]. In Côte d'Ivoire, various studies were conducted on the taxonomy and the distribution of these species [34], its medicinal uses [35], [36], its agronomic potential [37], [38], [39] and its impact on species diversity [40]. However, no studies were conducted on the simultaneous impact of *C. odorata* on plant communities and ecosystems.

Studies on the impact of invasive species have so far been carried out only by considering the impact on plant communities and soil composition separately [41], [42], [43], [44]. This does not allow to understand the impact in its entirety, leading to contradictory results and conclusions of the role of a given factor in the processes and ecosystem services [45]. It becomes important to study the impact of biological invasion by considering at the same time variables on flora and soil simultaneously [45], [46] [47]. Investigating the simultaneously impact of invasive species is crucial because different ecosystem processes or services may be affected by a given factor, but in different ways [48], [49], [50], [51]. In this study, we use a combination of floristic and soil parameters to determine the impact of *C. odorata* on the ecosystem invaded. We address the following question: does the presence of *C. odorata* change the diversity and the floristic composition of the soil to the point of changing the floristic composition and the mineralogy of the ecosystems that it invades? Our main objective is to determine the changes induced by *C. odorata*. More precisely, this implies (1) to analyse the impact of *C. odorata* on the richness and floristic diversity; (2) to determine the soil parameters that fit the invasion of *C. odorata* and, (3) to analyse the changes induced by *C. odorata* on the soil and plant communities.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The study took place in the city of Abidjan more precisely in the Banco National Park (5 ° 21 '-5 ° 25' N and 4 ° 1'-4 ° 5 'W). Its area is 3474 ha (Figure 1). In general, the climate is of tropical type [52] characterized by four seasons, including: two dry seasons from August to September and from December to March and two rainy seasons ranging from April to July and from October to November [53]. The average annual rainfall recorded by the SODEXAM meteorological station for the period from 2005 to 2015 is about 2000 mm. The average annual temperature is around 26 ° C with an amplitude of 4.3 ° C. The soil of the park is of the ferrasol type [54] characterized by a sandy, ferralitic soil, strongly desaturated [55]. According to Lauginie et al. (1996), this park is an evergreen forest. The dominant trees are: *Turraeanthus africanus*, *Synsepalum afzelii*, *Berlinia confusa*, *Blighia welwitschii*, *Coula edulis*, *Dacryodes klaineana*, *Lophira alata*, *Petersianthus macrocarpus* and *Piptadeniastrum africanum*. Recent studies shown that this park is subject to several anthropogenic threats including biological invasion [13], [14], [15].

2.2 BOTANICAL SURVEY

To evaluate the impact of *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson (Asteraceae), three sampling sites (Anonkoi, Ecotourism and N'dotre) were selected in the park. The following criteria were used: (1) homogeneous soil, (2) highly anthropogenic areas and, (3) known presence of the invasive *C. odorata*. Four biotopes were selected in each site: closed forests, ruderal zones without *C. odorata* (roadsides, under the wires), ruderal areas with young *C. odorata* invasion (populations invaded by *C. odorata* seedlings) and ruderal zones with old *C. odorata* invasion (populations invaded by old *C. odorata* plants with lignified stems, well developed and massive shrubs). Closed forests and ruderal areas without *C. odorata* served as controls. Thirty-six 4m^2 quadrats were installed, 3 quadrats for each biotope according to [56] and [57]. These

quadrats were placed at random to respect the homogeneity of the environmental parameters. In each quadrat, all plant species encountered were identified. The abundance of all vascular plant species was estimated according to the [58] scale (9:> 75% abundance, 8: 50-75%, 7: 25-50%, 6: 15-25%, 5: 10-15%, 4: 5-10%, 3 <5%, 2: 2 individuals, 1: 1 individual). Unknown species were collected for the preparation of a herbarium and subsequently identified in the laboratory.

2.3 SOIL COLLECTION

Samples were made in each quadrat (four at the corner and one in the centre) at a depth of 0-20 cm with an Auger and then, mixed to form a single sample. They were air dried for 48 hours and sieved through a 2 mm sieve. Twenty-five variables were collected: P, K, Mg, Ca, Al^{3+}, H^{+}, organic C, CEC, total N, C/N ratio, exchangeable K, exchangeable Mg, exchangeable Na, exchangeable Ca, pH KCl, pH eau, clay, humus, index of battance, fine silt, coarse silt, total silt, fine sand, coarse sand and total sand. For pH analyses, the samples were pre-treated following the ISO11464 method. The water pH and the KCl pH were obtained with electrode measurements according to NF-ISO 10390. The concentrations of hydrogen ions (H^{+}) were determined from the measurement of the soil solution (the water of the soil and its dissolved substances) when measuring soil pH [59]. Determination of organic C was performed by the method of Walkley and Black [60]. Total nitrogen was determined by the Kjeldahl method [61]. Al, Ca, K, and Mg were dissolved in total solution by hydrofluoric acid and perchloric acid according to NF-ISO 14869-1. Humus was determined with a phosphoric acid solution after centrifugation and then extracted with sodium hydroxide [62]. The determination of the exchangeable bases (Mg^{2+}, Ca^{2+}, K^{+}, Na^{+}) and the CEC was carried out using the 1N ammonium acetate method at pH 7.0 according to NF-X 31-108-NF X 31-130 standard. The available phosphorus determination was extracted according to the Bray-1 procedure [63] and determined using a Technicon Auto Analyzer [64]. The samples used for texture analysis were dispersed with sodium carbonate solution (Na2CO3) and sodium exametaphosphate and pre-treated following the ISO11464 method. The granulometric analyses of the clay and silt were then carried out according to the Robinson pipette method (standard AFNOR-NF X 31-107) with a Texsol24B sedimentation automaton (LCA Instruments, France). The sand fraction was obtained by wet sieving at 200 µm. All these analyses were carried out at the Laboratory of Ecology and Soil of Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege in Belgium.

2.4 STATISTICAL ANALYSES

To know the floristic and the diversity richness of the different biotopes, the number of species has been determined and the Shannon (H) diversity and Piélou (E) equitability indices were calculated [65], [66]. If we denote by N the number of S species considered, or the size of the individuals of a species *i* and *Pi* (*ni / N*) the relative abundance of species *i*, then the Shannon index can be summarized as the following mathematical expression:

$$H = -\sum_{i=1}^{s} Pi \times ln\, Pi$$

The index of equitability is calculated according to the following mathematical formula:

$$E = \frac{H}{ln\, S}$$

with H = Shannon index; S = total number of species of a given biotope; ln S = the maximum diversity of the biotope. The software MVSP version 3.1. was used for the treatment of his floristic data.

To show significant differences between the numbers of species encountered by biotope and to compare the most significant soil parameters discriminating biotopes, a one-way ANOVA followed by pairwise comparisons with post hoc Tukey-HSD tests been realized. The Kruskal-Wallis test was also used to compare Shannon indices and regularity indices for the different biotopes. Whenever the difference was significant, the Dunn test was performed to compare the averages and to assess significant differences between them. To measure the relationship between the *C. odorata* and the other species, a Pearson correlation test was used. Averages are given with their standard deviation. To evaluate the most appropriate floristic and edaphic parameters that characterize each biotope, all data collected were subjected to a Multiple Factor Analysis (MFA). The MFA is a factorial method of multidimensional descriptive statistics. It allows to balance the influence of the various groups because if a group presents many variables, it may influence the total analysis than another presenting few variables [67]. These analyzes were performed using XLSTAT 2014.5.03 (Addinsoft, France) and R version 3.2. (Foundation R).

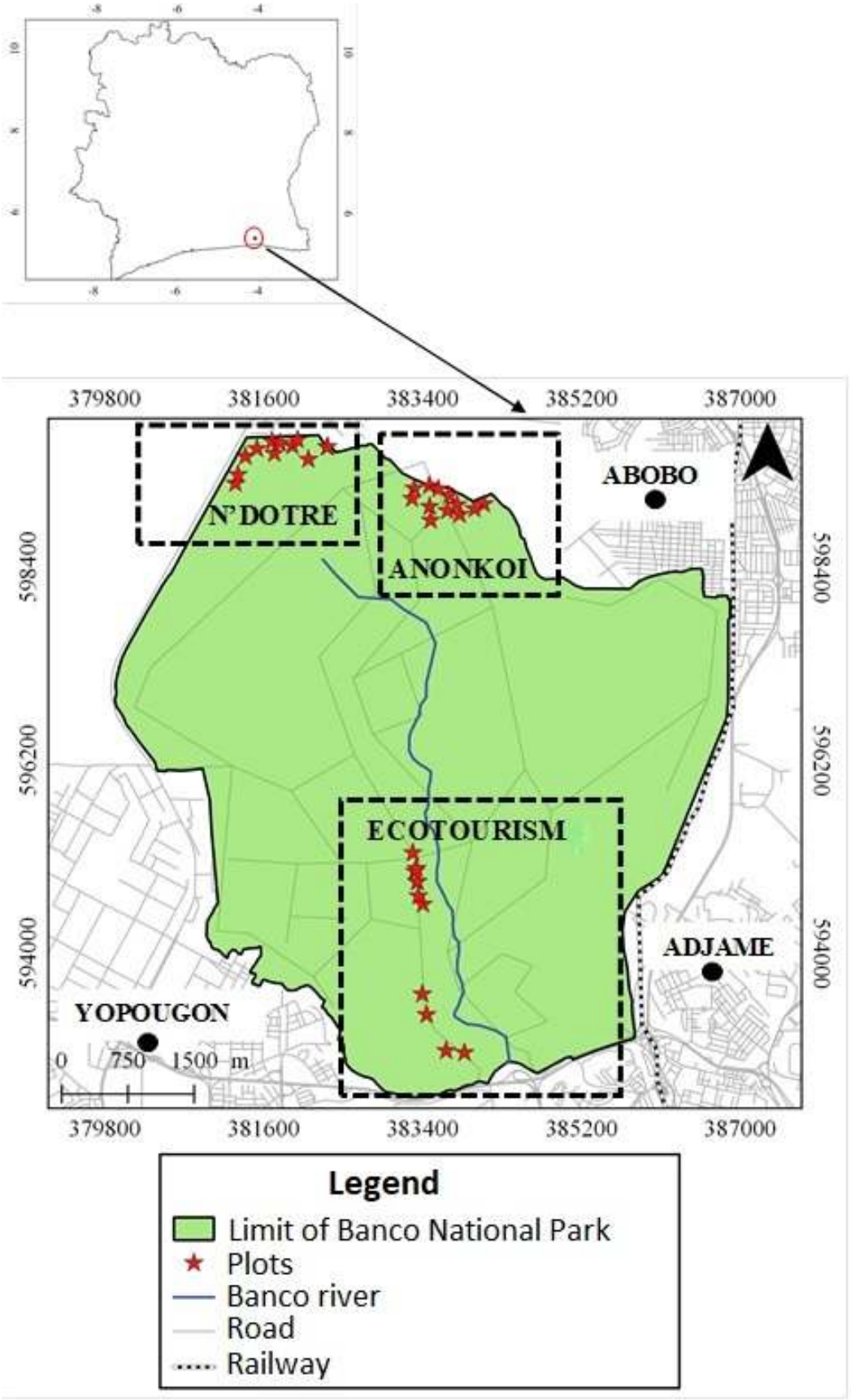


Fig. 1. Location of the Banco national park with sampling sites

3 RESULTS

3.1 IMPACT OF *C. ODORATA* ON THE SPECIFIC RICHNESS AND THE FLORISTIC DIVERSITY

In this study, a total of 147 species were inventoried. Sixty-six (66) species were found in forest zone, 67 species in ruderals without *C. odorata*, 72 species in ruderals with young *C. odorata*, and 50 species in ruderals with old *C. odorata*. These species were divided into 118 genera and 57 families. The most important families are Fabaceae (21 species), Malvaceae and Poaceae (9 species, each). The most important genera are *Dichapetalum* (4 species), *Adenia*, *Baphia*, *Cola* and *Culcasia* (3 species, each). Seventeen species (17) with status were identified including 5 endemic species to the West African Forest Block (GCW), 4 endemic species to Côte d'Ivoire, 3 plants cited as rare and/or threatened with extinction from Ivorian flora [68], and 6 plants cited on the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List [69]. The endemic species to the West African Forest Block are *Afzelia bella* Harms var. *gracilior* Keay, *Albertisia scandens* (Mangenot & Miège) Forman, *Chassalia afzelii* (Hiern) K. Schum., *Neuropeltis prevosteoides* Mangenot et *Platysepalum hirsutum* (Dunn) Hepper. The endemic species to Côte d'Ivoire are *Albertisia cordifolia* (Mangenot & Miège) Forman, *Baphia bancoensis* Aubrév., *Leptoderris miegei* Aké Assi & Mangenot et *Rhigiocarya peltata* Miège. The 3 species cited as rare and/or threatened with extinction from Ivorian flora are *Buxus acutata* Friis, *Cola heterophylla* (P. Beauv.) Schott & Endl. et *Rhigiocarya peltata* Miêge. The 6 species on IUCN red list are *Acroceras zizanioides* (Kunth) Dandy, *Albizia adianthifolia* (Schum.) W. F. Wright, *Baphia nitida* Lodd, *Culcasia dinklagei* Engl., *Paspalum scobiculatum* L. var. *scrobiculatum* et *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C. DC.) Pellegr) (Table 1). The mean value of species richness of old *C. odorata* invasion (11.22 ± 3.12) differed significantly from that of young *C. odorata* invasion (15.55 ± 2.98) (Anova test $F = 2.75$, $P < 0.001$). The forests and ruderals without *C. odorata* had intermediate mean values of specific richness (Table 2). The lowest mean value of the Shannon index is obtained in ruderal zones with old *C. odorata* invasion (1.05 ± 0.17). The highest one is obtained in ruderal zones without *C. odorata* (2.28 ± 0.17). The difference between these mean values is statistically significant ($F = 10.37$, $P < 0.05$). When considering the different biotopes, the equitability index varies from 0.43 ± 0.11 in ruderal areas with old invasion of *C. odorata* at 0.88 ± 0.24 in ruderal without *C. odorata*. The differences between these mean values are statistically significant ($\chi^2 = 19.26$, $P < 0.05$) (Table 2). A significant relationship was found between the cover *C. odorata* and that of the other plant species (r = -0.93, $P < 0.001$ for ruderal areas with young *C. odorata* invasion and r = -0.99, $P < 0.0001$ for ruderal areas with old *C. odorata* invasion) (Figure 2).

Table 1. List of 17 species with status identified in the Banco national park

			Status		Number of species per biotope			
N° Specie	Families	Geographic distribution	Aké-Assi (1998)	UICN (2015)	Forest	Ruderals	Young *C. odorata*	Old *C. odorata*
1. *Acroceras zizanioides* (Kunth) Dandy	Poaceae	-	-	LC	-	X	X	X
2. *Afzelia bella* Harms var. gracilior Keay	Fabaceae	GCW	-	-	X	-	-	-
3. *Albertisia cordifolia* (Mangenot & Miège) Forman	Mennispermaceae	GCi	-	-	X	X	X	X
4. *Albertisia scandens* (Mangenot & Miège) Forman	Mennispermaceae	GCW	-	-	X	X	X	-
5. *Albizia adianthifolia* (Schum.) W.F. Wright	Fabaceae	-	-	LC	X	X	X	-
6. *Baphia bancoensis* Aubrév.	Fabaceae	GCi	-	-	X	X	X	-
7. *Baphia nitida* Lodd.	Fabaceae	-	-	LC	X	X	X	-
8. *Buxus acutata* Friis	Buxaceae	-	PRE	-	X	-	-	-
9. *Chassalia afzelii* (Hiern) K. Schum.	Rubiaceae	GCW	-	-	X	X	X	-
10. *Cola heterophylla* (P. Beauv.) Schott & Endl.	Malvaceae	-	PRE	-	X	X	X	-
11. *Culcasia dinklagei* Engl.	Araceae	-	-	LC	X	-	-	-
12. *Leptoderris miegei* Aké Assi & Mangenot	Fabaceae	GCi	-	-	-	X	X	-
13. *Neuropeltis prevosteoides* Mangenot	Fabaceae	GCW	-	-	X	-	-	-
14. *Paspalum scobiculatum* L. var. scrobiculatum	Poaceae	-	-	LC	-	X	X	-
15. *Platysepalum hirsutum* (Dunn) Hepper	Fabaceae	GCW	-	-	X	X	-	-
16. *Rhigiocarya peltata* Miège	Mennispermaceae	GCi	PRE	-	X	X	X	X
17. *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C. DC.) Pellegr.	Meliaceae	-	VU	-	X	-	-	-
Total number of species by biotope					14	12	11	3

VU: vulnerable; PRE: rare, endangered and threatened with extinction plants; LC: minor concern; Aké-Assi: status according to Aké-Assi (1998); GCW: endemic to the West African forest block, including Ghana, Côte d'Ivoire, Liberia, Sierra Leone, Guinea, Guinea Bissau, Gambia and Senegal.

Table 2. Mean and standard deviation of species richness, Shannon diversity and equitability indices of the different biotopes studied in the Banco National Park

	Old *Chromolaena*	Young *Chromolaena*	Forests	Ruderals	Anova and Kruskall-Wallis tests statistics
Specific richness	11,22 ± 3,12^{a}	15,55 ± 2,98^{b}	13,55 ± 2,27^{ab}	13,44 ± 2,27^{ab}	*F* = 2,75***
Shannon's index	1,05 ± 0,17^{a}	2,04 ± 0,17^{b}	2,07 ± 0,17^{b}	2,28 ± 0,17^{b}	*F* = 10,37
Equitability index	0,43 ± 0,11^{a}	0,74 ± 0,13^{ab}	0,80 ± 0,14^{b}	0,88 ± 0,24^{b}	19,26***

*The same superscript letter indicates no significant difference between species. Comparisons between taxa were performed using one-way ANOVA followed by the Tukey-HSD test. Comparisons between taxa were made using a Kruskal-Wallis test followed by Dunn's test for equitability index. * P < 0,05 for Shannon diversity index. *** P < 0,001 for species richness and equitability index*

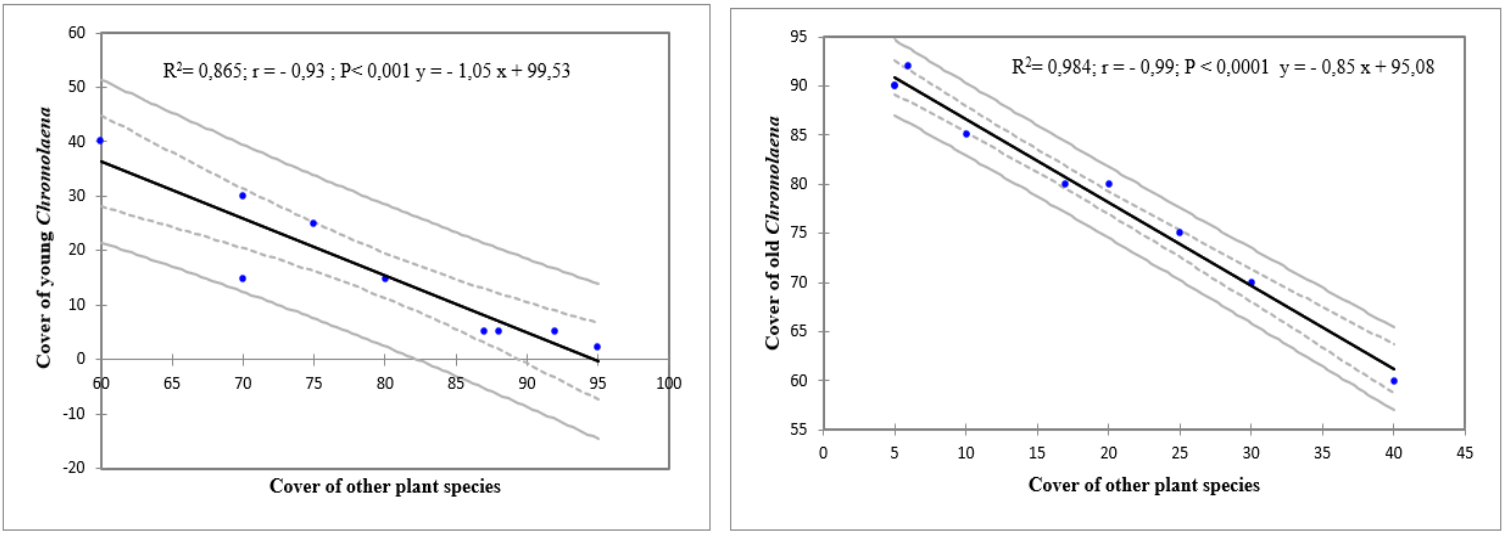


Fig. 2. The relationship between the cover of young and old C. odorata and the cover of the other plant species. A Pearson correlation test was used for linear regression

3.2 IMPACT OF *C. ODORATA* ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL

Table 3 summarizes the statistics of the 25 soil variables obtained in the four biotopes after soil analysis. Five (5) soil variables such as: organic carbon, hydrogen, exchangeable potassium, exchangeable sodium and humus showed significant differences between the means of concentration from one biotope to another (organic C, $F = 5.24$, $P < 0.001$, H^+, $F = 11.62$, $P < 0.001$, exchangeable K, $F = 55.73$, $P < 0.001$, exchangeable Na, $F = 71.07$, $P < 0.001$; humus, $F = 5.26$, $P < 0.001$) (Table 3). These results indicated that organic C was as high in forests as in ruderal areas with invasion of *C. odorata*. H^+ was high in forests but low in the other biotopes. The exchangeable K was high in the ruderal zones with a young invasion of *C. odorata* and decreased in the ruderal zones with old invasion of *C. odorata*. However, it was low in forests and ruderal areas without *C. odorata*. The exchangeable Na was high in the ruderals with old *C. odorata* invasion and decreased in the areas with a young *C. odorata* invasion. However, it was low in forests and very low in ruderal areas without *C. odorata*. Finally, humus was high in forests as in ruderal areas with invasion of *C. odorata*.

The results of the multiple factor analysis (AFM) of the floristic and physico-chemical properties of soil confirmed these results. The two principal axes explained 43% of the variation (Figure 3). This analysis showed the floristic and edaphic parameters best adapted to each biotope. As a result, the first axis was correlated with floristic diversity and soil mineral elements. It separated the forest zones from the ruderals. This axis described on the positive side the forests that were not linked to any locality and in its negative part the ruderal zones with old invasion of *C. odorata* which are generally found in the locality of N'dotre and the ruderal zones with and without young *C. odorata* founded in the localities of Ecotourism and Anonkoi. The second axis was correlated with the organic elements of the soil. He separated the ruderal areas with old invasion of *C. odorata* from other biotopes. The forests, the ruderals without *C. odorata* and the ruderals with a young *C. odorata* invasion are characterized by a good diversity but a poverty in chemical elements of the soil. The ruderal zones with old *C. odorata* invasion are characterized by a low floristic diversity but a richness in chemical elements of the soil. They were correlated with total N, CEC, exchangeable Mg, exchangeable Ca, P, exchangeable K, C/N ratio and exchangeable Na.

4 DISCUSSION

Research on the impact of invasive plants is crucial to guide decision-making to reduce the costs of invasions and, in some cases, to improve their benefits [70]. However, few studies have been conducted around the world on the impacts of invasions by simultaneously considering flora and soil [46], [42], [71], [43], [44]. In this study, we use vegetation and soil parameters to better understand the impacts of *C. odorata* in the Banco National Park. To our knowledge, this study is the first to be conducted in Côte d'Ivoire.

At the floristic level, ruderals zones are generally of very low interest because they are not very diversified in species [72]. Most of the species that grow there are considered "weeds". Moreover, these environments are often very open, disturbed by human activities [16]. We usually find heliophilous and colonizing species. Several authors confirm that these environments are used by invasive alien plants to invade natural ecosystems [17], [73]. In the Banco National Park, studies have shown that this park is subject to invasion [14], [15]. Among the most cited species we can cited: *Hopea odorata* (Dipterocarpaceae), *Chromolaena odorata* (Asteraceae), *Tithonia diversifolia* (Asteraceae), etc. In this study, we asked ourselves the question of the level of qualitative and quantitative diversity of the ruderal areas of the BNP? BNP is a protected area subject to intense anthropogenic pressures such as pollution, tourism, electricity lines, etc. [13], who participate in the increase of ruderal areas in this conservation area. Our study has shown that these ruderal areas are as floristically rich as forests. The diversity of the species encountered is certainly not the same because more heliophilous but quantitatively the two areas are very rich. There are even species with special status, of great importance for the Ivorian flora. This is probably due to the fact that unlike other ruderal open areas, this has the advantage of being located in a biological conservation area [72], [74]. Thus, several studies have shown that invasive plants reduce the floristic richness and diversity of native species [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82]. Our study confirms this trend. In this study, ruderal areas with an old invasion of *C. odorata* had a very low species richness compared to the other biotopes. We also found that the diversity of native species was negatively affected by the invasion of old *C. odorata*. This confirms the hypothesis that the invasion of by plant causes a change in the abundance of other species [83], [84] showed that high rates of *C. odorata* prevented enrichment of summer fallow flora. Then, [22] have shown that *C. odorata* reduces the abundance of native plants. Our study thus confirms that the presence of *C. odorata* in the ruderal zones modifies the richness and the floristic diversity of the native species by reducing their abundance.

Table 3. Summary statistics of different soil variables per biotope

	Forests				**Ruderals**				**Young *Chromolaena***				**Old *Chromolaena***			
Factor	Average	Sd	CV	Ran	Average	Sd	CV	Ran	Average	Sd	CV	Ran	Average	Sd	CV	Ran
P (mg/100g)	0.63a	0.74	1.17	2.4	0.42a	0.29	0.69	0.9	0.7a	0.5	0.71	1.8	4.37a	11.33	2.59	36.2
K (mg/100g)	0.91a	0.69	0.76	2	1.32a	0.58	0.44	2.3	1.21a	0.64	0.53	2	1.62a	0.62	0.38	2.4
Mg (mg/100g)	1.89a	0.76	0.4	2.2	1.61a	0.57	0.35	1.9	1.81a	1.58	0.87	5.6	3.15a	2.66	0.84	9.5
Ca (mg/100g)	5.22a	3.7	0.71	11.8	17.48a	18.68	1.07	63	28.97a	58	2	190.4	51.21a	101.57	1.98	333.7
pH KCl	3.59a	0.17	0.05	0.6	4.42a	0.6	0.14	2	4.3a	0.9	0.21	3	4.44a	0.77	0.17	2.5
Total N (mg/100g)	0.1a	0	0	0	0.1a	0	0	0	0.08a	0.04	0.5	0.1	0.1a	0.05	0.5	0.2
Organic C (g/kg)	14.36 ± 1.25b	1.03	0.07	2.35	8.91 ± 0.84a	0.69	0.08	1.67	9.88 ± 2.02ab	1.65	0.17	4.02	12.21 ± 2.69ab	2.2	0.18	4.79
pH (H2O)	4.39a	0.15	0.03	0.35	5.26a	0.2	0.04	0.5	5.29a	0.8	0.15	1.72	5.53a	0.71	0.13	1.6
CEC (méq/100)	2.33a	0.35	0.15	0.86	1.8a	0.34	0.19	0.8	2.46a	0.97	0.39	2.34	3.72a	2.96	0.79	6.82
C/N	13.54a	0.87	0.06	2.6	13.22a	0.94	0.07	2.6	13.93a	0.6	0.04	1.9	13.43a	1.3	0.1	4.5
Al 3+ (méq/100)	3.79a	0.23	0.06	0.7	3.67a	0.25	0.07	0.7	3.86a	0.16	0.04	0.5	3.74a	0.37	0.1	1.3
H+ (mg/100g)	0.74 ± 0.08b	0.14	0.19	0.5	0.35 ± 0.06a	0.08	0.23	0.3	0.41 ± 0.07a	0.11	0.27	0.3	0.41 ± 0.12a	0.14	0.34	0.5
K ech (mg/100g)	2.16 ± 0.93a	1.44	0.67	3.8	0.88 ± 0.42a	0.48	0.54	1.5	10.13 ± 1.48c	2.48	0.24	7.3	5.58 ± 0.65b	2.07	0.37	5.6
Mg ech (mg/100g)	3.18a	1.08	0.34	3.4	2.71a	0.6	0.22	2.3	2.3a	1.59	0.69	5.5	5.33a	4.64	0.87	16.3
Ca ech (mg/100g)	4.78a	6.33	1.32	15.9	12.75a	11.04	0.86	38.1	25.52a	51.1	2	171.3	49.15a	84.96	1.73	281.6
Na ech (mg/100g)	1.28 ± 0.17b	1.28	1	3.8	0.21 ± 0.03a	0.24	1.14	0.7	2.04 ± 0.38c	0.55	0.27	1.8	2.97 ± 0.26d	0.62	0.21	2
(%) Humus	2.87 ± 0.25b	0.21	0.07	0.47	1.78 ± 0.17a	0.14	0.08	0.34	1.97 ± 0.40ab	0.33	0.17	0.8	2.44 ± 0.54ab	0.44	0.18	0.96
(%) Clay	10.77a	1.7	0.16	4.11	8.79a	1.44	0.16	3.06	8.95a	2.18	0.24	4.68	8.67a	0.39	0.04	0.87
(%) Fine silt	2.03a	0.19	0.09	0.44	2.35a	0.46	0.19	1.11	1.99a	0.37	0.18	0.78	2.23a	0.31	0.14	0.76
(%) Coarse silt	1.27a	0.19	0.15	0.43	1.11a	0.31	0.28	0.75	0.99a	0.17	0.17	0.38	1.11a	0.01	0.01	0.01
(%) Total silt	3.29a	0.23	0.07	0.49	3.47a	0.36	0.1	0.77	2.98a	0.34	0.11	0.83	3.34a	0.31	0.1	0.77
(%) Fine sand	17.76a	2.68	0.15	6.51	18.13a	1.13	0.06	2.54	15.96a	2.72	0.17	5.97	14.75a	1.58	0.11	3.84
(%) Coarse sand	68.17a	4	0.06	8.51	69.62a	1.13	0.02	2.77	72.11a	4.69	0.06	11.48	73.23a	1.41	0.02	3.38
(%) Total sand	85.93a	1.88	0.02	2.63	87.74a	1.66	0.02	3.84	88.07a	2.48	0.03	5.51	87.98a	0.53	0.01	1.3
Index of battance	0.1a	0.01	0.1	0.01	0.16a	0.03	0.19	0.08	0.13a	0.01	0.08	0.03	0.13a	0.02	0.15	0.06

Sd : Standard deviation ; CV : coefficient of variation ; Ran: Range. The same superscript letter within a line indicates no significant difference between species. Comparisons between taxa were performed using one-way ANOVA followed by the Tukey-HSD test

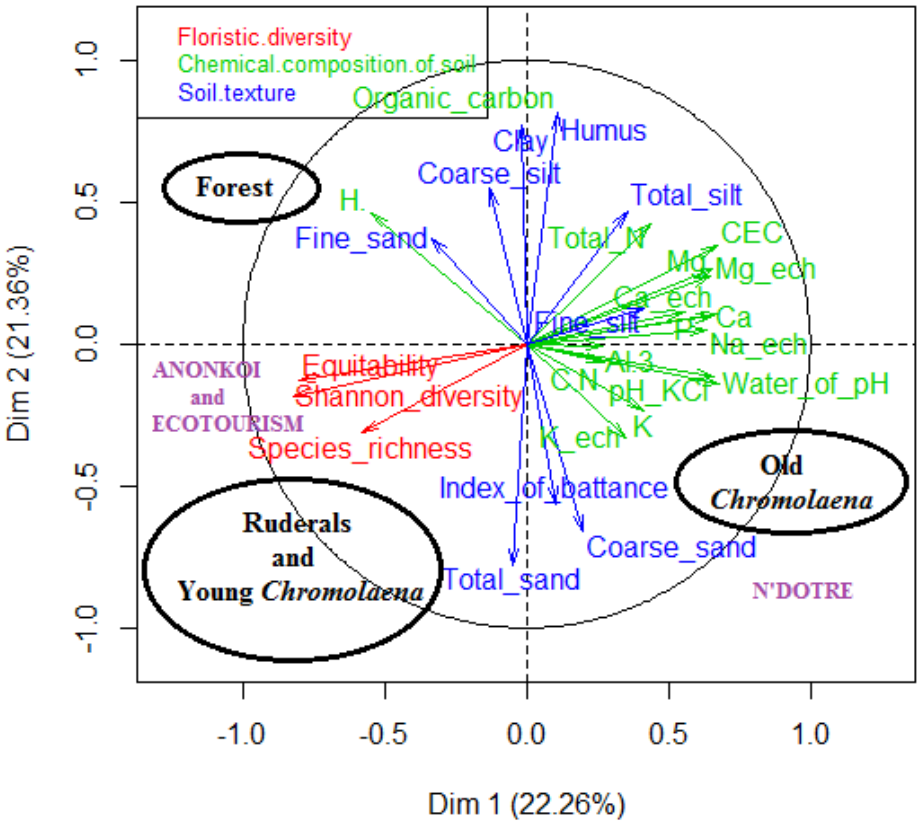


Fig. 3. Multiple Factorial Analysis (MFA) of the four biotopes of the Banco national park based on floristic and soil parameters. The qualitative variables include the modality (presence / absence of Chromolaena), the type of biotopes (forests, ruderals without C. odorata and ruderals with young and old C. odorata) and the sampling areas (Anonkoi, Ecotourism, N'dotre). The quantitative variables include the 25 chemical and granulometric soil parameters, the species richness, the Shannon and the equitability indices of each quadrat. This analyses was performed using R version 3.2. (R foundation).

At soil level, in this study, 5 soil variables were discriminated to separate the biotopes. The organic C content informs on the level of soil fertility [83]. It is therefore an important criterion. Our results showed that the ruderals areas without *C. odorata* were poor in organic C. But, the invaded zones by *C. odorata* were as rich in organic carbon as in forests. This means that *C. odorata* brings organic C to the soils they invade. [76], [38], and [39] demonstrated an increase in soil organic C in *C. odorata* fallows. Humus is the set of surface layers containing organic matter [86]. It is essential for the stability and fertility of a soil. Humus feeds plants with the nutrients they need, when they need them [87]. Our results also showed that ruderal areas without *C. odorata* were poor in humus. However, the areas invaded by *C. odorata* were as rich in humus as in the forests. We can also say that *C. odorata* brings humus to the soils they invade. Thus, our results are consistent with those of several authors who have demonstrated that *C. odorata* significantly improves the mineral and organic fertility of the upper horizons of poor soils [88], [89], [90]. Na provides an indication of soil salinity [91], [92]. Exchangeable Na was elevated in ruderal areas with old *C. odorata* invasion and decreased in ruderal areas with young *C. odorata* invasion. However, it was low in forests and very low in ruderal areas without *C. odorata*. This would mean that *C. odorata* brings Na to the soils they invade, or that soils invaded by *C. odorata* have a higher salinity. These results are corroborated by the work of [76] who found that soil invasion by *C. odorata* increased Na levels in these soils. Exchangeable K is the form easily accessible to plants [93]. It is a major mineral element for the development and growth of plants. Our results demonstrated that exchangeable potassium is high in ruderal areas with young *C. odorata* invasion and decreases in ruderal areas with old *C. odorata* invasion. However, it is low in forests and ruderal areas without *C. odorata*. This suggests that the areas invaded by *C. odorata* consume a lot of K from which there is a decrease of K in these environments. Contrary results have been found by other authors [76], [94]. Instead, they showed that *C. odorata* soil invasion increased K levels in the soil. Our results also showed that the ruderal zones with old *C. odorata* invasion were characterized by a richness in chemical minerals whereas the other biotopes were characterized by a poverty in these chemical minerals. These results are like those [37], [38] who demonstrated that soils invaded by *C. odorata* resulted in a significant improvement in nutrient availability and soil biological activity. Other studies have also shown that *C. odorata* can

maintain and improve soil fertility ([95], [34], [96], [94]). Thus, we can say that *C. odorata* enriches the soil that it invades by making available in the soil several mineral elements.

Relationship between flora and soil of *C. odorata* invaded areas.

Our results showed that there was a correlation between flora and soil environments invaded by *C. odorata*. Indeed, *C. odorata* invaded areas had low floristic diversity while they were rich in chemical soil minerals. However, in addition to the role of other soil minerals, our results allow us to say that exchangeable K and exchangeable Na could play a significant role in the relationship between flora and soil of *C. odorata* invaded environments. The richness of the ruderal areas with young *C. odorata* invasion in exchangeable K and the high consumption of this mineral in the ruderal zones with old invasion of *C. odorata* make us say that a ruderal zone rich in exchangeable K could attract *C. odorata*. Exchangeable K has a major role in plant development because it allows them to resist induced stress, such as drought, frost, excess brightness and pest attack. Plants that are deficient in K are more sensitive to these forms of stress [97], [98]. This mineral could therefore play an important role in growth and colonization *C. odorata* to the detriment of native plants. Similarly, the exchangeable Na being higher in the ruderal zones with old invasion of *C. odorata*, it gives us an account of the increase of the salinity in the soil invaded by *C. odorata*. However, this increase in soil salinity could modify the physical and mechanical properties of soils, which could affect plant development [99]. The influence on the development of plants would be to the advantage of *C. odorata* plants and to the disadvantage of native plants, hence the low floristic richness and diversity in the areas invaded by *C. odorata*. Also, some authors who have tried to explain the low floristic richness and diversity in the invaded areas have rather talked about the mechanism of negative feedback exerted by the microbial community of the soil in the invaded areas which could have an essential role in the replacement of native species. An important regulator of community structure is the ability of plants to change the soil of microbial communities [100]. [101], reported that *C. odorata* can accumulate high soil concentrations which generates fungal pathogens (*Fusarium spp*.) responsible for creating negative feedback on native plant species and concluded that that the impact of *C. odorata* is due to the biotic interactions between native plants and the biotic community of the soil.

5 CONCLUSIONS

At the end of this study, we can say that the invasion of area by *C. odorata* causes negative consequences on the level of the flora which translate into a poverty in richness and floristic diversity. However, the invasion of area by *C. odorata* has positive consequences on the soil because *C. odorata* contributes to a significant improvement of the chemical properties of the soil. There is also a significant relationship between flora and soil environments invaded by *C. odorata*. Areas invaded by *C. odorata* consume exchangeable K while increasing exchangeable Na unlike other biotopes. These two minerals could therefore play an important role in the growth and colonization of environments by *C. odorata* to the detriment of native plants. Our study showed that invasion of ruderal areas with an old *C. odorata* invasion was very pronounced in N'dotre unlike other sampling sites. The N'dotre site is in the northern part of BNP. This site constitutes the most anthropized zone of the park, where the influence of the man is deeply exerted. This area could be a starting point for the control of this invasive species.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded by the International Foundation for Science (IFS) through the Carolina Mac Gillavry Award for Dr. Marie-Solange Tiébré within the research project "Individual Grant Number J / 5728-1". We would like to thank the Water - Soil - Plant Exchanges and the Biodiversity and Landscape Unit of the Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege in Belgium, for the help for soil and plant analyses. Our thanks also go to the Ivorian Office of Parks and Reserves (OIPR) for permission to conduct this study in the Banco National Park (BNP).

REFERENCES

[1] C. M. D'Antonio and S. Kark, "Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems", *Tree*, no. 17, pp. 202-204, 2002.

[2] C. M. D'Antonio and L. A. Meyerson, "Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis", *Restoration Ecology*, vol. 10, no. 4, pp. 703–713, 2002.

[3] J. M. Levine, "Biological invasions", *Current Biology*, no. 18, pp. 57-60, 2008.

[4] D. G. Cory, R. Laflamme, E. Knill, L. Viola, T. F. Havel, N. Boulant and C. Negrevergne, NMR based quantum information processing: Achievements and prospects, arXiv preprint quant-ph/0004104, 2000.

[5] C. S. Kolar and D. M. Lodge, "Progress in invasion biology: predicting invaders", *Trends in Ecology & Evol*ution, no. 16, pp. 199-204, 2001.

[6] D. L. Pimentel, K. Lach, Zaniga and D. Morrison, “Environnemental and economic cost of nomardegenous species in the United States”, *Biosciences*, vol. 50, pp. 53-65, 2000.

[7] F. Selvi, E. Carrari and A. Coppi,” Impact of pine invasion on the taxonomic and phylogenetic diversity of a relict Mediterranean forest ecosystem”, *Forest Ecology Management*, no. 367, pp. 1–11, 2016.

[8] M. L. McKinney and J. L. Lockwood, “Biotic Homogeneization : a few winners replacing many losers in the next mass extinction”, *Trends in Ecology & Evolution*, no. 14, pp. 450-453, 1999.

[9] D. F. Sax and S. D. Gaines, “Species diversity: from global decreases to local increases”, *Trends in Ecology & Evolution*, pp. 561-566, 2003.

[10] D. J. Weidenhamer and M. R. Callaway,“Direct and Indirect effects of Invasive Plants on Soil Chemistry and Ecosystem Function”, *Chemical Ecology*, no. 36, pp. 59-69, 2010.

[11] E. A. Bitty, B. Kadjo, S. Gonedele Bi, O. M. Okon and K. P. Kouassi, "Inventaire de la faune mammalogique d’une forêt urbaine, le Parc National du Banco, Côte d’Ivoire”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 7, no. 4, pp. 1678- 1687, 2013.

[12] J. D. Mèmèl, M. Karamoko, A. Otchoumou and D. K. Kouassi, "Abondance, taille et mortalité des escargots terrestres du Parc National du Banco (Côte d’Ivoire) : effet de la composition granulométrique et chimique du sol ", *Livestock Research for Rural Devolopment*, vol. 23, no. 9, pp. 6, 2011.

[13] N. Sako, G. Beltrando, K. L. Atta, N. H. Dibi and T. Brou "Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc National du Banco (Abidjan, Côte d’Ivoire)", *VertigO*, vol. 13, no. 2, PP. 12, 2013.

[14] M. S. Tiébré, K. Djaha, B. T. A. Vroh, K. D. N’Da and C. Y. Adou Yao, " Stratégies et potentiel d’invasion des massifs forestiers par *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) : cas du Parc National du Banco en Côte d’Ivoire", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 8, no. 2, pp. 666-679, 2014.

[15] M. S. Tiébré, B. T. A. Vroh, D. Kouamé, K. D. N’Da and C. Y. Adou Yao, " Effets d’un arbre exotique envahissant *Hopea Odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) sur la diversité floristique et le stockage de carbone du Parc National du Banco en Côte d’Ivoire", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 10, no. 1, pp. 207-278, 2015.

[16] C. Brun, Archéophytes et néophytes pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l’anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté. Thèse de Doctorat de l’Université de Franche-Comté (France), pp. 430, 2007.

[17] H. Dietz and P. J. Edwards, " Recognition that causal processes change during plant invasion helps explain conflicts in evidence", *Ecology*, vol. 87, no. 6, pp. 1359-67, 2006.

[18] G. Ali-Amara, L’herbe, du Laos : *Chromolaena odorata* (l) R.M. King et H. Robinson (Asteraceae) en République Centrafricaine. Essais de lutte avec des herbicides. Thèse de Doctorat d’état, vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), pp. 114, 1992.

[19] J. Audru, M. Berekoutou, M. Deat, G. De Wilspeare, F. Du Four, O. Kintz, A. Le masson, P. Menozu and O. Rojat, L'herbe du laos : *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King et H. Robinson- Synthèse des connaissances et des acquis expérimentaux et établissement d'un programme d'intervention. Etude préparatoire.1. E. M.V.T, Ministère du Développement Rural de la République Centrafricaine, Alfort, pp. 268, 1988.

[20] B. Waterhouse, " Discovery of in Northern Queensland, Australia. *Chromolaena odorata*", *Newsletter*, vol. 9, pp. 12, 1994.

[21] J. Mouloungou and J. C. Sigrist, *Chromolaena odorata,* rapport de stage. CNEARC, France, pp. 30, 1993.

[22] R. T. Shackleton, A. B. R. Witt, W. Nunda and D. M. Richardson (2016) " *Chromolaena odorata* (Siam Weed) in Eastern Africa: Distribution and Socio-Ecological Impacts", *Biological Invasions*, pp. 1-14, 2016.

[23] K. Usha, R. Prasad, P. Muniappan, J. P. Ferrar, Aeschliman and H. De Foresta, Répartition, écologie et gestion de *Chromolaena odorata*. Comptes Rendus du Troisieme Atelier International sur *Chromolaena* Abidjan, Cote d'Ivoire, November 1993. Agricultural Experiment Station University of Guam, Mangilao, GUAM, USA Publication n^{o} 202, pp. 213, 1996.

[24] T. I. Borokini and F. D. Babalola, " Management of invasive plant species in Nigeria through economic exploitation: lessons from other countries", *Management of Biological Invasions*, vol. 3, no. 1, pp. 45-55, 2012.

[25] S. Lowe, M. Browne, S. Boudjelas and M. De Poorter, 100 of the world’s worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Vol. 12. Invasive Species Specialist Group Auckland, 2000.

[26] P. W. Michael, Review paper on weeds of concern to northern Australia. Unpublished Report to AQIS. Canberra, June, 1989.

[27] G. Achoundong, J. YoutaHappi, J. Bonvallot and B. Guillet, Formation et évolution des recrûs en savane. In Dynamique des Ecosystèmes Forestiers Intertropicaux. Ed Orstom-CNRS: Paris; pp. 115-119, 2000.

[28] B. Ngotta Biyon, M. Tchatat, E. S. Mokake and D. S. Dibong, " Origine et impact du chenal Tchad-Cameroun sur la propagation de *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King and H. Robinson (Asteraceae) de Meiganga à Touboro", *International Journal of Biological and Chemical Science*, vol. 8, no. 1, pp. 57-65, 2014.

[29] A. K. Anning, K. Yeboah-Gyan, "Diversity and distribution of invasive Weeds in Ashanti Region, Ghana", *African Journal of Ecology*, vol. 45, no. 3, pp. 355-360, 2007.

[30] E. M. Lavabre, Le désherbage des cultures tropicales. Le technicien d'agriculture tropicale. ACCT et CTA, édition Maisonneuve et Larousse, Paris France, pp. 127, 1988.

[31] J. A. Timbilla, C. Zachariades and H. Braimah, Biological control and management of the alien invasive shrub, *Chromolaena odorata* in Africa. In: Neuenschwander P, Borgemeister C, Langewald J (eds) Biological control in IPM systems in Africa. CABI, London, pp 145-160, 2003.

[32] C. Zachariades, S. Janse van Rensburg and A. Witt, Recent spread and new records of *Chromolaena odorata* in Africa. In: Zachariades, C., Strathie, L.W., Day, M.D., Muniappan, R. (Eds.), Proceedings of the Eighth International Workshop on Biological Control and Management of *Chromolaena odorata* and other Eupatorieae. Nairobi, Kenya, 1–2 November 2010. ARC-PPRI, Pretoria, pp. 20-27, 2013.

[33] S. O. Dahunsi, S. Oranusi, J. B. Owolabi and V. E. Efeovbokhan, "Synergy of Siam weed (*Chromolaena odorata*) and poultry manure for energy generation: Effects of pretreatment methods, modeling and process optimization", *Bioresource Technology*, vol. 225, pp. 409-417, 2017.

[34] L. Gautier, "Taxonomy and distribution of a tropical weed: *Chromolaena odorata* (L.) R. King and Robinson", *Candollea*, vol. 47, pp. 645-662, 1992.

[35] K. Béné, D. Camara, N. B. Y. Fofie, Y. Kanga, A. B. Yapi, Y. C. Yapo, S. A. Ambe and G. N. Zirihi, "Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire)", *Journal of Animal &Plant Sciences*, vol. 27, no. 2, pp. 4230-4250, 2016.

[36] K. N'Guessan, F. H. Tra Bi and M. W. Koné, "Étude ethnopharmacologique de plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte d'Ivoire)". *Ethnopharmacologia,* vol. 44, pp. 42-50, 2009.

[37] E. F. Edoukou, A. W. Koné and J. E. Tondoh, "Les jachères à base de *Chromolaena odorata* (Asteraceae) et de légumineuses ont-elles les mêmes potentialités agronomiques?", *Étude & Gestion des Sols*, vol. 20, no. 2, pp. 9-106, 2013.

[38] A. W. Koné, E. F. Edoukou, J. T. Gonnety, A. N. A. N'Dri, L. F. E. Assémien, P. K. T. Angui and J. E. Tondoh, "Can the shrub *Chromolaena odorata* (Asteraceae) be considered as improving soil biology and plant nutrient availability?", *Agroforestry System*, vol. 85, pp. 233-245, 2012.

[39] E. J. Tondoh, W. A. Koné, K. J. N'Dri, L. Tamene and D. Brunet "Changes in soil quality after subsequent establishment of *Chromolaena odorata* fallows in humid savannahs, Ivory Coast", *Catena*, vol. 101, pp. 99-107, 2013.

[40] K. H. Kouassi, K. N'Guessan, G. M. Gnahoua and D. Traore, "Dynamique de *Chromolaena odorata* (l.) r. m. king & h. rob. et évolution de la richesse floristique au cours de la reconstitution de la flore postculturale en zone de forêt semi-décidue de côte d'ivoire", *Agronomie Africaine*, vol. 20, no. 3, pp. 257-265, 2008.

[41] A. M. McCary, R. Mores, A. M. Farfan and H. D. Wise, "Invasive plants have different effects on trophic structure of green and brown food webs in terrestrial ecosystems: a meta-analysis", *Ecological Letters*, vol. 19, pp. 328-335, 2016.

[42] S. Medina-Villar, S. Rodríguez-Echeverría, P. Lorenzo, A. Alonso, E. Perez-Corona and P. Castro-Díez, "Impacts of the alien trees *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle and *Robinia pseudoacacia* L. on soil nutrients and microbial communities", *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 96, pp. 65-73, 2016.

[43] S. Vanderhoeven, N. Dassonville and P. Meerts, "Increased topsoil mineral nutrient concentrations under exotic invasive plants in Belgium", *Plant & Soil*, vol. 275, no. 1-2, pp. 169-179, 2005.

[44] S. Vanderhoeven, N. Dassonville, L. Chapuis-Lardy, M. Hayez and P. Meerts, (2006) "Impact of the invasive alien plant *Solidago gigantea* on primary productivity, plant nutrient content and soil mineral nutrient concentrations", *Plant & Soil*, vol. 286, pp. 259-268, 2006.

[45] S. Constan-Nava, S. Santiago Soliveres, R. Torices, L. Serra and A. Bonet, "Direct and indirect effects of invasion by the alien tree *Ailanthus altissima* on riparian plant communities and ecosystem multifunctionality", *Biological Invasions*, pp. 1-14, 2014.

[46] L. I. Dong, H. W. Yu and W. M. He, "What determines positive, neutral, and negative impacts of *Solidago canadensis* invasion on native plant species richness?", *Scientific Report*, pp. 1-9, 2015.

[47] W. H. Khan, M. S. Khan, H. Ahmad, Z. Ahmad and S. Page, "Vegetation mapping and multivariate approach to indicator species of a forest ecosystem: A case study from the Thandiani sub Forests Division (TsFD) in the Western Himalayas", *Ecological Indicator*, vol. 71, pp. 336-351, 2016.

[48] L. Gamfeldt, H. Hillebrand and P. R. Jonsson, "Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning", *Ecology*, vol. 89, pp. 1223–1231, 2008.

[49] A. Hector and R. Bagchi, "Biodiversity and ecosystem multifunctionality", *Nature*, vol. 448, pp. 188–190, 2007.

[50] F. T. Maestre, A. P. Castillo-Monroy, M. A. Bowker and R. Ochoa-Hueso, "Species richness effects on ecosystem multifunctionality depend on evenness, composition and spatial pattern", *Journal Ecology*, vol. 100, pp. 317–330, 2012a.

[51] E. S. Zavaleta, J. R. Pasari, K. B. Hulvey and D. G. Tilman, "Sustaining multiple ecosystem functions in grassland communities requires higher biodiversity", Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, vol. 107, pp. 1443-1446, 2010.

[52] M. C. Peel, B. L. Finlayson and T. A. McMahon, "Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification", *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 11, no. 5, pp. 1633-1644, 2007.

[53] M. Eldin, Le climat de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM, 50, Paris (France), pp 73-108, 1971.

[54] F.A.O. World reference base for soil resources. Aframework for international classification, correlation and communication. World soil resources reports 103, p. 145, 2006.

[55] A. Perraud, Les sols. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM*,* 50, Paris (France), pp 157-263, 1971.

[56] E. A. Prasad, Impact of *Lantana camara*, a major invasive plant, on wild life habitat in Bandipur Tiger Reserve, southern India. The Rufford small grants (for nature conservation) of India, pp. 24, 2007.

[57] A. R. Slesak, T. B. Harrington and W. A. D'Amato, "Invasive scotch broom alters soil chemical properties in Douglas-fir forests of the Pacific Northwest, USA", *Plant & Soil*, vol. 98, pp. 281-289, 2016.

[58] E. Van Der Maarel, "Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity", Vegetatio, vol. 39, no. 2, pp. 97-114, 1979.

[59] A. McCauley, C. Jones and K. Olson-Rutz, "Soil pH and Organic Matter", *Nutrient management module*, vol. 8, pp. 16, 2017.

[60] J. Pauwels, E. Van Ranst, M. Verloo and Z. A. Mvondo, Manuel d'Analyses de sols et de plantes. Equipements, Gestion de stocks, de verrerie et produits chimiques. Publications agricoles-28, AGCD, Bruxelles, Belgique. p. 265, 1992.

[61] J. M. Bremner and C. S. Mulvaney, Methods of soils analysis. Part 2 2nd ed. Agron Monogr.9.ASA and SSSA, Madison WI p595-624 Hall. New Jersey, p. 539, 1982.

[62] B. Dabin, Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. Ronéo O.R.S.T.O.M*.,* S.S.C. Bondy, pp 47-63, 1970.

[63] S. R. Olsen and L. E. Sommers, Phosphorus. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) Methods of soils analysis, part 2, 2nd edn. American Society of Agronomy, Madison, pp. 403–430, 1982.

[64] Technicon Industrial Systems, Individual/simultaneous determination of nitrogen and/or phosphorus in BD acid digests. Technicon Industrial Systems, Tarrytown, 1977.

[65] C. E. Shannon and W. Weaver, The mathematic theory of communications. University Illinois Press, Urbana, p. 117, 1949.

[66] E. C. Pielou, "The measurement of diversity in different types of biological collections", *Journal of Theoretical Biology*, vol. 13, pp. 131-144, 1966.

[67] P. Pagès, "Analyse Factorielle Multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes", *Revue de Statistiques Appliquées*, vol. 50, no. 4, pp. 5-37, 2002.

[68] L. Aké-Assi, "Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la biodiversité biologique en Côte d'Ivoire", *Le flamboyant*, vol. 46, pp. 20-21, 1998.

[69] UICN, 2015. - IUCN Red List of Threatened Species, 2015. [Online] Available: http://www.iucnredlist.org (July 2, 2018).

[70] R. T. Shackleton, D. C. Le Maitre, D. M. Richardson and B. W. Van Wilgen, "Use of non-timber forest products from invasive alien Prosopis species (mesquite) and native trees in South Africa: implications for management", *Forest Ecosystem*, vol. 2, pp. 16, 2015.

[71] M. Séleck, J. P. Bizoux, G. Colinet, M. P. Faucon, A. Guillaume, P. Meerts, J. Piqueray and G. Mahy, "Chemical soil factors influencing plant assemblages along copper-cobalt gradients: implications for conservation and restoration", *Plant & soil*, vol. 373, no. 1-2, pp. 455-469, 2013.

[72] I. Kowarik, "Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species", *Plant Invasions*, pp. 15-38, 1995.

[73] R. W. Tyser and C. A. Worley, Alien flora in Usha K, Prasad R, Muniappan P, Ferrar JP, Aeschliman, H. De Foresta (1996) Répartition, écologie et gestion de *Chromolaena odorata*. Comptes Rendus du Troisieme Atelier International sur *Chromolaena* Abidjan, Cote d'Ivoire, November 1993. Agricultural Experiment Station University of Guam, Mangilao, GUAM, USA Publication n° 202, p. 213, 1992.

[74] M. L. McKinney, "Urbanization, Biodiversity and Conservation", *BioScience*, vol. 52, no. 10, pp. 883-890, 2002.

[75] B. A. Aboh, Phytosociologie, ecologie, potentialités et aménagement des pâturages naturels envahis par *Chromolaena odorata* et *Hyptis suaveolens* en Zone Soudano-guinéenne (Bénin). Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin), p. 227, 2008.

[76] O. O. Agboola and T. A. Oyedele, "Effect of *Chromolaena odorata* on Species Diversity, Composition and Soil of the Invaded Vegetation in Ile-Ife, South-Western Nigeria", *Polytechnic Journal of Science Technologie*, vol. 7, pp. 1-16, 2012.

[77] M. Gaertner, A. D. Breeyen, C. Hui and D. M. Richardson, "Impacts of alien plant invasions on species richness in Mediterranean-type ecosystems: a meta-analysis", *Progress in Physical Geography*, vol. 33, pp. 319-338, 2009.
[78] S. Mangla, I. M. Callaway and R. M. Callaway, "Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants", *Journal Ecology*, vol. 96, pp. 58-67, 2008.
[79] A. McWilliam, "A plague on your house? Some impacts of *Chromolaena odorata* on Timorese livelihoods", *Human Ecology*, vol. 28, pp. 451-469, 2000.
[80] E. Motard, A. Muratet, D. Clair-Maczulajtys and N. Machon, "Does the invasive species *Ailanthus altissima* threaten floristic diversity of temperate peri-urban forests?", *Comptes Rendus Biologies*, vol. 12, pp. 872-879, 2011.
[81] L. B. Thapa, K. Kaewchumnong, A. Sinkkonen and K. Sridith, "Impacts of invasive *Chromolaena odorata* on species richness, composition and seedling recruitment of Shorea robusta in a tropical Sal forest, Nepal", *Songklanakarin Journal Science Technology*, vol. 38, no. 6, pp. 683-689, 2016.
[82] M. Vila, M. Tessier and C. M. Sueh, "Local and regional assessment of the impacts of plant invaders on vegetation structure and soil properties of Mediterranean islands", *Journal of Biogeography*, vol. 33, pp. 853-861, 2006.
[83] M. R. Keane and J. M. Crawley, "Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis", *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 17, pp. 164-170, 2002.
[84] K. H. Kouassi, K. N'Guessan, G. M. Gnahoua and D. Traore, "Dynamique de *Chromolaena odorata* (l.) r. m. king & h. rob. et évolution de la richesse floristique au cours de la reconstitution de la flore postculturale en zone de forêt semi-décidue de côte d'ivoire", *Agronomie Africaine*, vol. 20, no. 3, pp. 257-265, 2008.
[85] R. Lal, "Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security", *Science*, vol. 304, pp. 1623-1627, 2004.
[86] F. Toutain, "Les humus forestiers structures et modes de fonctionnement", *Biologie et forêt*, pp. 449-477, 1981.
[87] J. Keilling, "Humus et civilisations : la querelle des deux agronomes. Les civilisations veulent des terres fertiles", *Faim et Soif*, vol. 20, pp. 31-32, 1957.
[88] N. N. Agbim, "Carbon cycling under *Chromolaena odorata* (L.) canopy", *Biological Agriculture and Horticulture*, vol. 4, pp. 203-212, 1987.
[89] H. De Foresta and D. Schwartz, "*Chromolaena odorata* and disturbance of natural succession after shifting cultivation: an example from Mayombe, Congo, Central Africa", *Biotrop Special Publication*, vol. 44, pp. 23-41, 1991.
[90] E. Mollard, Quelques déterminants techniques et sociaux de la jachère en Afrique de l'Ouest. In, Floret et Serpantié éds., La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, pp. 171-177, 1993.
[91] D. Saidi, Y. Le Bissonnais, O. Duval, Y. Daoud and A. Halitim, "Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie)", *Étude & Gestion des Sols*, vol. 11, no. 4, pp. 81-92, 2004.
[92] D. Tessier, Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et saturation au cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse Doctorat. ès-Sciences, Université de Paris, VII, p. 361, 1984.
[93] J. Boyer, Comportement du potassium dans les sols tropicaux cultivés. Compte Rendu du l0e Colloque de l'Institut International de la Potasse, Abidjan, Côte d'Ivoire. pp. 83-102, 1973.
[94] K. A. Tshinyangu, T. J. M. Mutombo, M. A. Kayombo, M. M. Nkongolo, N. G. Yalombe and M. J. Cibanda, "Effet comparé de *Chromolaena odorata* King et H.E. Robins, et *Tithonia diversifolia* A. Gray sur la culture du Maïs (*Zea mays* L) à Mbujimayi (RD. Congo)", *Journal of Applied Bioscience*, vol. 12, pp. 10996-11001, 2017.
[95] H. De Foresta, "*Chromolaena odorata* and disturbance of natural succession after shifting cultivation : an example from Mayombe, Congo, Central Africa. In : *R. Munniappan and P. Ferrar (Eds.)*. Ecology and Management of *Chromolaena odorata"*, *BIOTROP Special* Publication, vol. 44, pp. 23-41, 1991.
[96] J.J.P. Slaats, *Chromolaena odorata* fallow in food cropping systems. An agronomic assessment in South-West Ivory Coast. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, pp. 177, 1995.
[97] J. F. Dénis, La fertilisation de l'olivier en potassium et en magnésium. Association française interprofessionnelle de l'olive (AFIDOL), France, pp. 5, 2000.
[98] J. Magny and J. Baur, Pour comprendre les analyses de terre. Revue « Purpan », Laboratoire « Europe-Sol »,41-42 (nouveau tirage), Purpan, Toulouse, pp. 145-222, 1990.
[99] F. Sigala, J. C. Fies and R. Guennelon, Influence du sodium sur les propriétés physiques d'un sol aux niveaux textural et structural. In: Bouch et R. (ed.). Reuse of low quality water for irrigation. Bari: Ciheam, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; no. 1, pp. 159-168, 1989.
[100] J. N. Klironomos, "Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities", *Nature*, vol. 417, pp. 67-70, 2002.
[101] S. Mangla, I. M. Callaway and R. M. Callaway, "Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants", *Journal of Ecology*, vol. 96, pp. 58-67, 2008.

APPENDIX 1 GENERAL LIST OF INVENTORIED SPECIES IN OUR DIFFERENT STUDY SITES OF BANCO NATIONAL PARK

Species	Families	Biological types	Chorology
Acacia mangium Willd.	Fabaceae	mp	GC-SZ
Acacia pentagona (Schumach. &Tonn.) Hook.f.	Fabaceae	LmP	GC-SZ
Acridocarpus longifolius (D.Don) Hook.f.	Malpighiaceae	mp	GC
Acroceras zizanoides (Kunth) Dandy	Poaceae	np	GC-SZ
Adenia gracilis Harms	Passifloraceae	Lmp	GC
Adenia lobata (Jacq.) Engl.	Passifloraceae	Lmp	GC
Adenia mannii (Mast.) Engl.	Passifloraceae	Lnp	GC
Aframomum sceptrum (Oliv. & Hanb.) K. Schum.	Zingiberaceae	np	GC
Afzellia bella Harms var. *gracillor* Keay	Fabaceae	mP	GCW
Agelaea pentagyna (Lam.) Baill.	Connaraceae	Lmp	GC
Ageratum conyzoides L.	Asteraceae	Th	GC-SZ
Albertisia cordifolia (Mangenot & Miège) Forman	Mennispermaceae	np	GCi
Albertisia scandens (Mangenot & Miège) Forman	Mennispermaceae	Lnp	GCW
Albizia adianthifolia (Schum.) W. F. Wright	Fabaceae	mP	GC
Albizia zygia (DC.) J. F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ
Alchornea cordifolia (Schum. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	Lmp	GC-SZ
Alternanthera sessilis (L.) DC.	Amaranthaceae	Ch	GC-SZ
Ampelocissus leonensis (Hook. f.) Planch.	Vitaceae	Lmp	GC-SZ
Anchomanes difformis (Blume) Engl.	Araceae	G	GC
Aneilema beniniense (P. Beauv.) Kunth	Commelinaceae	Ch	GC
Angylocalyx oligophyllus (Bak.) Bak.f.	Fabaceae	np	GC
Annickia polycarpa (DC.) Engl. et Diels	Annonaceae	mP	GC
Anthonotha fragrans (Baker f.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	MP	GC
Anthonotha macrophylla Pal. Beauv.	Fabaceae	mp	GC
Antiaris toxicaria Lesch. var. *africana* Engl.	Moraceae	mP	GC-SZ
Antiaris toxicaria var. *welwitschii* (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC
Asystasia gangetica (L.) T. Anders.	Acanthaceae	np	GC-SZ
Baphia bancoensis Aubrév.	Fabaceae	mp	GCi
Baphia capparidifolia Bak.	Fabaceae	Lmp	GC
Baphia nitida Lodd.	Fabaceae	mp	GC
Blighia welwitschii (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	mP	GC
Breynia disticha J. R. & G. Forst	Euphorbiaceae	np	i
Buxus acutata Friis	Buxaceae	np	GC
Byrsocarpus coccineus Thonn. ex Schumach.	Connaraceae	Lmp	GC
Calycobolus africanus (G. Don) Heine	Convolvulaceae	LmP	GC
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	Malvaceae	MP	GC-SZ
Centrosema pubescens Benth.	Fabaceae	Lmp	GC
Cercestis afzelii Schott	Araceae	Lmp	GC
Chassalia afzelii (Hiern) K. Schum.	Rubiaceae	Lmp	GCW
Chromolaena odorata (L.) R. King & H. Robinson	Asteraceae	np	i
Cissus aralioides (Welw. ex Bak.) Planch.	Vitaceae	Lmp	GC-SZ
Cissus producta Afzel.	Vitaceae	Lmp	GC
Cnestis ferruginea Vahl ex DC.	Connaraceae	Lmp	GC
Cola heterophylla (P. Beauv.) Schott et Endl.	Malvaceae	mp	GC
Cola millenii K. Schum.	Malvaceae	mp	GC
Cola nitida (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae	mP	GC
Combretum dolichopetalum Engl. & Diels	Combretaceae	Lmp	GC
Combretum micranthum G. Don	Combretaceae	mp	SZ
Costus afer Ker-Gawl.	Costaceae	G	i
Croton hirtus L'Hérit.	Euphorbiaceae	np	GC
Culcasia dinklagei Engl.	Araceae	Ch	GC
Culcasia saxatilis A. Chev.	Araceae	np	GC

***Culcasia scandens* P. Beauv.**	Araceae	Lmp	GC
***Cyathula prostrata* (L.) Blume**	Amaranthaceae	np	GC-SZ
***Cyclosorus dentatus* (Forsk) Ching**	Thelypteridaceae	H	GC
***Cyperus rotondus* L.**	Cyperaceae	G	GC-SZ
***Cyperus sphacelatus* Rottb.**	Cyperaceae	H	GC-SZ
Dacryodes klaineana (Pierre) Lam	Burseraceae	mP	GC
***Dalbergia afzeliana* G. Don**	Fabaceae	LmP	GC
Desmodium adscendens* (Sw.) DC. var. *adscendens	Fabaceae	Ch	GC
***Dichapetalum angolense* Chodat**	Chrysobalaceae	Lmp	GC
***Dichapetalum cymulosum* (Oliv.) Engl.**	Dichapetalaceae	mp	GC
Dichapetalum heudelotii* (Planch. ex Oliv.) Baill. var. *heudolotii	Chrysobalanaceae	Lmp	GC
***Dichapetalum pallidum* (Oliv.) Engl.**	Chrysobalaceae	LmP	GC
***Diodia sarmentosa* Sw.**	Rubiaceae	Lnp	GC-SZ
***Dioscorea minutiflora* Engl.**	Dioscoreaceae	G	GC
***Diospyros sanza-minika* A. Chev.**	Ebenaceae	mP	GC
***Drypetes gilgiana* (Pax) Pax & Hoffm.**	Putranjivaceae	mp	GC
***Elaeis guineensis* Jacq.**	Arecaceae	mP	GC
***Eleusine indica* (L.) Gaertn.**	Poaceae	H	GC-SZ
Eragrostis tenella (L.) Roem. & Schult. Var. tenella	Poaceae	Th	GC-SZ
***Euadenia trifoliolata* (Schum. & Thonn.) Oliv.**	Capparidaceae	mp	GC
***Ficus exasperata* Vahl**	Moraceae	mp	GC-SZ
***Funtumia elastica* (Preuss) Stapf**	Apocynaceae	mP	GC
Geophila obvallata (Schumach.) F.Didr.	Rubiaceae	Ch	GC
***Geophila repens* (L.) I. M. Johnston**	Rubiaceae	Ch	GC-SZ
***Glyphaea brevis* (Spreng.) Monachino**	Malvaceae	mp	GC
***Griffonia simplicifolia* (Vahl ex DC.) Baillon**	Fabaceae	Lmp	GC
***Heterotis rotundifolia* (Smith) Jac.-Fél.**	Melastomataceae	Ch	GC
***Hopea odorata* Roxb.**	Dipterocarpaceae	mP	i
***Icacina mannii* Oliv.**	Icacinaceae	Lmp	GC
***Ipomoea involucrata* P. Beauv.**	Convolvulaceae	Th	GC-SZ
***Ipomoea mauritiana* Jacq.**	Convolvulaceae	Lmp	GC-SZ
***Kyllinga erecta* Schumach. var erecta**	Cyperaceae	G	GC-SZ
***Lantana camara L.* var. camara**	Verbenaceae	Lmp	GC
***Laportea aestuans* (L.) Chew**	Urticaceae	Th	GC
***Leptoderris miegei* Aké Assi & Mangenot**	Fabaceae	Lmp	GCi
***Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Ser.**	Lycopodiaceae	np	GC-SZ
***Manihot esculenta* Crantz**	Euphorbiaceae	mp	i
***Microdesmis keayana* Léonard**	Pandaceae	mp	GC
***Mikania cordata* (Brum. f.) B. L. Robinson**	Asteraceae	Lmp	GC
***Millettia zechiana* Harms**	Fabaceae	mp	GC
***Mimosa invisa* Mart. Ex Colla**	Fabaceae	Lnp	i
***Momordica cabrae* (Cogn.) Jeffrey**	Curcubitaceae	Lmp	GC
***Monodora tenuifolia* Benth.**	Annonaceae	mp	GC
***Myrianthus arboreus* P. Beauv.**	Moraceae	mp	GC
***Myrianthus libericus* Rendle**	Moraceae	mp	GC
***Napoleonaea vogelii* Hook.& Planch.**	Lecythidaceae	mp	GC
***Nauclea latifolia* Sm.**	Rubiaceae	Lmp	GC-SZ
***Nephrolepis biserata* (Sw.) Schott**	Oleandraceae	H	GC
***Neuropeltis acuminata* (P. Beauv) Benth.**	Convolvulaceae	LMP	GC
***Neuropeltis prevosteoides* Mangenot**	Convolvulaceae	LMP	GCW
***Newbouldia laevis* (P. Beauv.) seem. ex Bureau**	Bignoniaceae	mp	GC
***Oldenlandia corymbosa* L. var. corymbosa**	Rubiaceae	Ch	GC-SZ
Rhabdophyllum affine (Hook.f.) Engl.	Ochnaceae	np	GC
***Palisota hirsuta* (Thun.) Schum ex Engl.**	Commelinaceae	np	GC
***Panicum brevifolium* L.**	Poaceae	Ch	GC
***Panicum laxum* Sw.**	Poaceae	Th	GC-SZ

***Panicum maximum* Jacq.**	Poaceae	H	GC
***Paspalum scobiculatum* L. var. scrobiculatum**	Poaceae	H	GC-SZ
***Paspalum vaginatum* Sw.**	Poaceae	rh	GC
***Pentaclethra macrophylla* Benth.**	Fabaceae	mP	GC
***Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben.**	Lecythidaceae	MP	GC
***Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn.**	Euphorbiaceae	np	GC
***Phyllanthus muellerianus* (O. Ktze.) Exell**	Phyllanthaceae	Lmp	GC-SZ
***Piper guineense* Schum. & Thonn.**	Piperaceae	Lmp	GC
***Platysepalum hirsutum* (Dunn) Hepper**	Fabaceae	LmP	GCW
***Polyalthia oliver*i Engl.**	Annonaceae	mp	GC
***Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn**	Dennstaedtiaceae	G	GC
***Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.**	Fabaceae	Lmp	i
***Raphia hookeri* G.Mann. & H. Wendl.**	Arecaceae	mp	GC
***Rauvolfia vomitoria* Afzel.**	Apocynaceae	mp	GC-SZ
***Rhigiocarya peltata* Miège**	Mennispermaceae	Lmp	GCi
***Rhigiocarya racemifera* Miers**	Menispermaceae	Lmp	GC
***Salacia nitida* (Benth.) N. E. Br.**	Celastraceae	Lmp	GC
***Scoparia dulcis* L.**	Plantaginaceae	np	GC-SZ
***Setaria chevalieri* Stapf**	Poaceae	H	GC
Sida *acuta Brum*. f. subsp. *acuta*	Malvaceae	np	GC
***Sida alba* L.**	Malvaceae	np	GC-SZ
***Solanum rugosum* Dunal**	Solanaceae	mp	GC
***Sphenocentrum jollyanum* Pierre**	Menispermaceae	np	GC
***Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl**	Verbenaceae	np	GC
***Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze**	Poaceae	Sto	GC
***Sterculia tragacantha* Lindl.**	Malvaceae	mP	GC-SZ
***Strombosia pustulata* Oliv. var. pustulata**	Olacaceae	mP	GC
***Strophanthus hispidus* DC.**	Apocynaceae	Lmp	GC-SZ
***Tabernaemontana crassa* Benth.**	Apocynaceae	mp	GC
***Tarenna corymbosa* (Willd.) Pit.**	Rubiaceae	mP	GC
***Thaumatococcus daniellii* (Bennet) Benth.**	Marantaceae	Lmp	GC
***Triumfetta rhomboidea* Jacq.**	Malvaceae	np	GC
***Turraeanthus africanus* (Welw. Ex C.DC.) Pellegr.**	Meliaceae	H	i
***Urera repens* (Wedd.) Rendle**	Urticaceae	H	i
***Uvaria afzelii* Sc. Elliot**	Annonaceae	mP	GC
***Uvariodendron angustifolium* (Engl. & Diels) R.E. Fries**	Annonaceae	np	GC
Xanthosoma sagittifolium *(L.) Schott*	Araceae	H	i
***Xanthosoma wendlandii* (Schott) Standl.**	Araceae	H	i
***Xylopia villosa* Chipp**	Annonaceae	mP	GC

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 789-801
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans les provinces du Sahara marocain

[Ethnobotanical study of medicinal plants used in the Moroccan Sahara provinces]

Moulay Sidi Brahim ALAOUI[1-2], Badr SATRANI[1], Ekhlil BOUSSOULA[1-2], and Mohamed GHANMI[1]

[1]Laboratoires de Chimie des Plantes Aromatiques et Médicinales et de Microbiologie, Centre de Recherche Forestière, BP 763, Agdal- Rabat, 10 050, Maroc

[2]Laboratoire de Biotechnologie, Environnement et Qualité, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, BP 133, Kénitra, Maroc

Copyright © 2018 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: Four cities in southern Morocco, namely Es-Smara, Laayoune, Boujdour and Dakhla, have been targeted by the ethnobotanical study of medicinal plants used in the traditional pharmacopoeia of the local population in order to highlight popular knowledge and know-how and to establish a catalog of the medicinal plants used and their therapeutic uses. The results showed that medicinal plants are used by people of both sexes belonging to different age groups and socio-economic and intellectual levels. The leaves are the most used parts and the decoction constitutes the essential preparation of the vegetable drugs in the traditional herbal medicine. In addition, digestive pathologies are the major therapeutic indications for the use of medicinal plants. The most families represented in the medicinal flora used in the studied regions of the Moroccan Sahara are Lamiaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Apiaceae and Liliaceae. The results of this ethnobotanical study could be an important source of information and a database for further research in the fields of phytochemistry and pharmacology in order to find new bioactive molecules.

KEYWORDS: southern Morocco, ethnobotanical study, medicinal plants, traditional pharmacopoeia.

RESUME: Quatre villes du Sud du Maroc à savoir Es-Smara, Laâyoune, Boujdour et Dakhla ont été ciblées par l'étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la pharmacopée traditionnelle de la population locale afin de mettre en valeur les savoirs et savoir-faire populaires et établir un catalogue des plantes médicinales utilisées et leurs usages thérapeutiques. Les résultats obtenus ont montré que les plantes médicinales sont employées par des personnes des deux sexes appartenant à des tranches d'âges et à des niveaux socioéconomiques et intellectuels différents. Les feuilles constituent les parties les plus utilisées et la décoction constitue l'essentiel de préparation des drogues végétales dans la phytothérapie traditionnelle. En plus, les pathologies digestives sont les indications thérapeutiques majeures d'utilisation des plantes médicinales. Les familles les plus représentées dans la flore médicinale utilisée dans les régions étudiées du Sahara marocain sont les Lamiacées, Asteracées, Chénopodiacées, Convolvulacées, Apiacées et Liliacées. Les résultats de cette étude ethnobotanique pourraient constituer une source d'informations importante et une base de données pour des recherches ultérieures dans les domaines de la phytochimie et de la pharmacologie afin de trouver de nouvelles molécules bioactives.

MOTS-CLEFS: Sud du Maroc, étude ethnobotanique, plantes médicinales, pharmacopée traditionnelle.

Corresponding Author: Badr SATRANI

1 INTRODUCTION

Le Maroc, par la richesse et la diversité de l'origine de sa flore, constitue un véritable réservoir phytogénétique, avec environ 4.500 espèces et sous espèces de plantes vasculaires, ce qui lui permet d'occuper une place privilégiée parmi les pays méditerranéens qui ont une longue tradition médicale et un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales **[1]**. Cependant, la flore médicinale marocaine reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, les espèces médicinales dénombrées ne dépassent pas les 356 espèces et 600 espèces **[2]** soit respectivement 8,69 % et 14,28 % de la flore totale marocaine. En effet, la médecine traditionnelle a toujours occupé une place importante dans les traditions de médication au Maroc et la région du Sud marocain en est un exemple concret.

L'analyse de la bibliographie médicinale marocaine montre que les données relatives aux plantes médicinales régionales sont très fragmentaires et dispersées, de même le savoir-faire n'est détenu actuellement que par peu de personnes. En outre, la destruction accélérée en particulier par la sécheresse et l'homme des espaces naturels, rend de plus en plus difficile la découverte, l'exploitation et la sauvegarde des potentialités de ce type. L'inventaire de ce riche héritage local, dont le secret est détenu par les guérisseurs, les herboristes et les personnes âgées est d'une extrême utilité car celui-ci risque de disparaître à cause de l'évolution des modes de vie et de la baisse de transmission des traditions orales **[3]**.

Notre présente étude ethnobotanique et ethnopharmacologique, réalisée dans les provinces du Sahara marocain a pour but de contribuer à la connaissance des plantes médicinales, de réaliser un catalogue de ces plantes dans la dite région et de réunir le maximum d'informations concernant les usages thérapeutiques pratiqués par la population locale. En effet, il est très important de traduire ce savoir traditionnel en un savoir scientifique afin de le revaloriser, de le conserver et de l'utiliser d'une manière rationnelle.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les provinces du Sud du Royaume (1, 2 et 3) couvrent une superficie de 416.474 Km², soit environ 58,6% de la superficie nationale (Figure1). La population de ces régions est estimée à 817.929 habitants, soit 2% de la population totale du Royaume. Elles comprennent les régions de Dakhla-Oued Eddahab-Lagouira, de Laâyoune-Boujdour-Sakia-El Hamra et de Guelmim-Es-Semara (Figure1) **[4]**.

L'écosystème des régions du Sud associe un domaine saharien montagneux, une zone saharienne très aride à l'Est et un désert côtier plus tempéré et humide à l'Ouest. Sur le littoral, les températures varient entre 19°C et 30°C. Cependant, plus on se dirige vers l'Est, plus les températures augmentent, pouvant aller jusqu'à 50°C **[4]**.

Le relief de ces régions est constitué à l'Ouest d'un plateau traversé par des oueds asséchés, de quelques dunes, ainsi que de falaises. Ces régions sont par ailleurs marquées par de grandes dépressions telles que les graïrs et les sebkhas, qui sont en faits des lacs temporaires dont l'évaporation libère des efflorescences salines. Le relief de la partie orientale de ces régions est constitué de la dorsale de Réguibet, située entre Zemmour et Tichla **[4]**.

La pluviométrie et les ressources hydriques souterraines, bien que peu abondantes, alimentent en eau les oasis et terres cultivées de ces régions et permettent la constitution d'une végétation, composée essentiellement de thuya, de genévrier, d'acacia et de tamarix, végétation qui sert de pâture au cheptel des éleveurs **[5]**.

Sur la frange côtière, les températures, constantes toute l'année, sont clémentes. Elles varient entre 16 et 17°C durant la saison hivernale, mais ne dépassent guère les 25°C durant la saison estivale. A mesure que l'on s'éloigne de cette bande vers l'intérieur de la région de Dakhla-Oued Eddahab-Lagouira, l'humidité atmosphérique baisse de plus de 30%.

Par ailleurs, l'hydrographie des régions du Sud du Royaume se caractérise par la variété des oueds, dont certains restent secs pendant plusieurs années, alors que d'autres sont alimentés par les pluies des orages.

Les oueds du littoral bénéficient des pluies d'hiver, mais ils n'atteignent la mer que rarement. Les oueds de l'intérieur, qui coulent vers l'Est, se perdent quant à eux dans le sable, s'évaporent sous la chaleur ou s'infiltrent dans les crevasses pour alimenter les nappes phréatiques.



Fig. 1. Provinces (1, 2 et 3) du Sud du Maroc

2.1.2 FLORE

La flore adaptée au climat des régions du Sud est constituée notamment, d'acacias, arbres de la famille des mimosoïdées, de tamarix, arbres ou arbuste à fleurs blanches ou roses disposées en grappes terminales, de gommiers, reconnus à leurs petites boules de gomme douce et à leur attrayant feuillage automnal, d'arganiers, ainsi que d'arbustes épineux. La végétation de ses régions compte aussi plusieurs autres espèces pastorales très appréciées par les herbivores (*Atriplex halimus, Panicum turgidum, Aristida plumosa, Maerua crassifolia, Teucrium chardonianum, Salsola tetragona, Gymnocarpus decanter, Salsola longifolia*) **[6], [7]**.

2.2 MÉTHODOLOGIE

2.2.1 ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE

L'étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région du Sahara marocain a été réalisée dans quatre villes du Sud du Maroc à savoir Es-Smara, Laâyoune, Boujdour et Dakhla durant les années 2013 et 2014 auprès de 400 personnes (herboristes et usagers). Ainsi, à l'aide de fiches d'entretiens individuels, un questionnaire précis (en annexe) a été effectué et qui comporte des questions sur les enquêtés et les plantes médicinales locales utilisées par ceux-ci. Auparavant, la localisation des différents milieux d'enquêtes ethnobotaniques, dans la zone étudiée a été repérée par la méthode d'échantillonnage stratifiée **[3]**. Dans ce travail, l'échantillon est divisé en 4 strates correspondent aux nombres des communes urbaines des villes de Es-Smara, Laâyoune, Boujdour et Dakhla. En procédant par un échantillonnage aléatoire simple, des échantillons d'un nombre de 100 personnes sont ensuite formés pour chacune des 4 strates et ils sont mis ensemble pour constituer l'échantillon global (400 personnes). Ainsi le profil de chaque enquête comprend l'âge, le sexe et le niveau d'instruction. Les données recueillies pour chaque plante médicinale utilisée dans ces régions comprennent le nom local commun, la partie de la plante utilisée, le mode de préparation et les usages thérapeutiques. Toutes les espèces ont été mentionnées par les informateurs par leur nom commun. L'identification taxonomique des espèces récoltées a été faite ultérieurement par les botanistes du Centre de Recherche Forestière (CRF, Rabat) et de l'Institut Scientifique (IS, Rabat) avec l'aide d'ouvrages botaniques tels que : « Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes Vol. 1 et 2 » de Fennane et al. (1999 et 2007) **[8], [9]** « La pharmacopée marocaine traditionnelle, médecine arabe ancienne et savoir populaire » de Bellakhdar (1997) **[10]**. Les plantes médicinales rapportées sont présentées en famille selon leurs appartenances taxonomiques.

2.2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les informations rassemblées lors des enquêtes réalisées sur le terrain ont été saisies dans une base de données puis traitées par l'outil « EXCEL ».

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 UTILISATION DES PLANTES MÉDICINALES SELON LE SEXE

Dans cette région, les hommes et les femmes sont concernés par la médecine traditionnelle. Cependant, il y a une légère prédominance des femmes qui utilisent plus les plantes médicinales par rapport aux hommes. En effet, 57 % des femmes questionnées utilisent la médecine traditionnelle contre 43 % de la population masculine. Ceci peut être expliqué par le fait que les femmes ont un peu plus de connaissances sur les espèces médicinales et leurs modes d'utilisation et de préparation par rapport aux hommes, qu'elles utilisent les plantes médicinales dans d'autres domaines que la thérapie et aussi par leur responsabilité en tant que mères.

Héritières d'un riche savoir familial, par la transmission des connaissances, elles témoignaient avant tout, d'un savoir adapté à leur famille et à leurs besoins. Ces résultats confirment d'autres travaux ethnobotaniques réalisés à l'échelle nationale, qui ont montré que les femmes sont plus détentrices et aussi plus demandeuses du savoir phytothérapique traditionnel **[11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]**.

3.2 UTILISATION DES PLANTES MÉDICINALES SELON LE NIVEAU D'ÉTUDE

Dans la zone d'étude, la grande majorité des usagers des plantes médicinales sont analphabètes, avec un pourcentage de 42 %. Ce pourcentage relativement élevé est en corrélation directe avec le niveau d'études de la population locale. Néanmoins, les personnes qui utilisent les plantes médicinales et ayant le niveau de l'école secondaire est beaucoup plus important (36%) que celui des personne avec un niveau d'éducation primaire (15 %) ; alors que celles ayant un niveau d'études universitaires, utilisent très peu les plantes médicinales (7%) (Figure2). Le pourcentage relativement important des personnes avec un niveau d'éducation secondaire employant les remèdes traditionnels est supérieur à ce qui été trouvé dans d'autres études ethnobotaniques réalisées dans plusieurs régions du Maroc **[11], [12], [13]**. Ceci s'explique par le fait que les nouveaux tradipraticiens ont commencé à avoir un niveau de scolarité plus important qui leurs permettent de lire et assimiler les manuscrits qui traitent de la phytothérapie.

Les plantes médicinales peuvent être dangereuses lorsqu'elles sont utilisées inconsciemment, et cela s'affirme chez les personnes analphabètes qui ne peuvent pas comprendre précisément les consignes verbales transmises par les herboristes et les guérisseurs. Par conséquent, elles ne respectent pas la dose, la partie utilisée et le mode de préparation des plantes médicinales, ce qui se manifeste par des effets néfastes sur la santé de l'usager lui-même et sur la sauvegarde de la biodiversité.

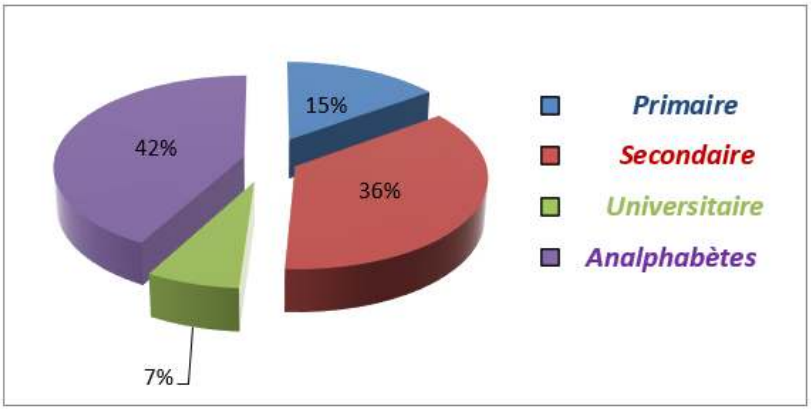


Fig. 2. Utilisation des plantes médicinales selon le niveau d'étude

3.3 UTILISATION DES PLANTES MÉDICINALES SELON L'ÂGE

Le traitement des données nous a permis d'obtenir le graphique de la figure 3. L'utilisation des plantes médicinales dans les régions sahariennes du Maroc est répandue chez toutes les tranches d'âge, avec une prédominance chez les personnes âgées de plus de 60 ans (27 %). Cette plus grande une fréquence d'utilisation des plantes médicinales observée chez les personnes âgées est analogue à plusieurs études ethnobotaniques réalisées dans différentes régions du Maroc **[11], [12], [13], [16]**. Concernant les tranches d'âge de 51 à 60 ans, de 41 à 50 ans et de 31 à 40 ans, les taux sont relativement proches avec respectivement 23%, 18% et 21. Pour les plus jeunes âgées de moins de 30 ans, l'utilisation des plantes médicinales (11 %) ne représente pas un grand intérêt thérapeutique et par conséquent ils ne recourent pas aux remèdes de la médecine traditionnelle (Figure 3).

La connaissance des propriétés et usages des plantes médicinales sont généralement acquises suite à une longue expérience accumulée et transmise d'une génération à l'autre. La transmission de cette connaissance est en danger actuellement parce qu'elle n'est pas toujours assurée **[18]**. Les résultats obtenus montrent effectivement que les personnes qui appartiennent aux classes d'âge supérieures à 30 ans ont plus de connaissances en plantes médicinales par rapport à la classe d'âge inferieure à ce seuil. L'expérience accumulée avec l'âge constitue la principale source d'information à l'échelle locale au sujet de l'usage des plantes en médecine traditionnelle. On note aussi pour cette étude que les personnes dont l'âge est compris entre 31 et 40 ans utilisent plus les plantes médicinale pour leurs thérapies par rapport à la tranche d'âge suivante et ceci en rapport avec leur niveau culturel et les nouvelles tendances de l'emploi des substances naturelles en substitution aux produits pharmaceutiques chimiques néfaste pour la santé.

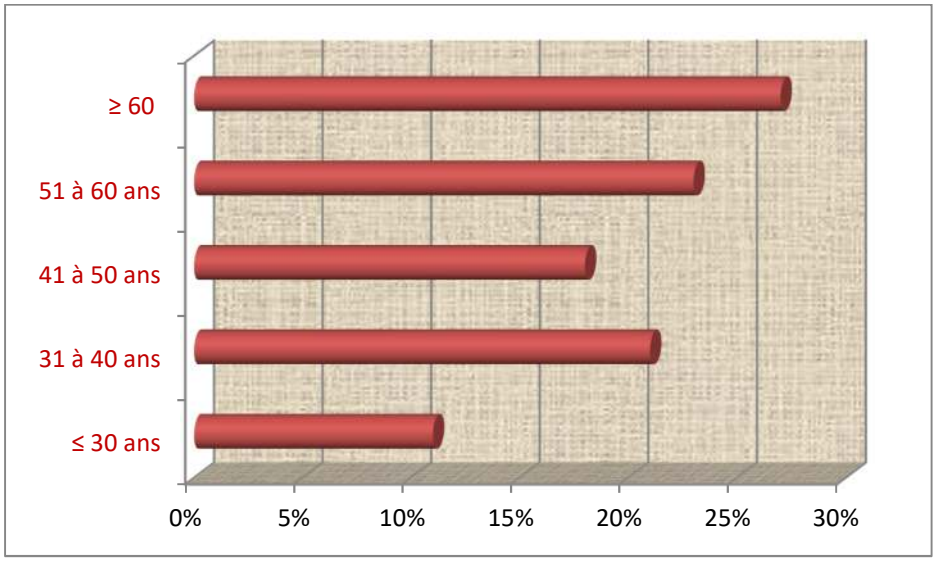


Fig. 3. Utilisation des plantes médicinales selon l'âge

3.4 RÉPARTITION DES DIFFÉRENTES PARTIES UTILISÉES DES PLANTES MÉDICINALES

Au total, 11 parties de plantes sont utilisées en médecine traditionnelle notamment le bulbe, la graine, les racines, l'écorce, la plante entière, la tige, la feuille, la tige feuillée, la fleur, le fruit et les extraits des plantes (gomme, latex et huiles essentielles). Le pourcentage d'utilisation de ces différentes parties (Figure 4) montre que la feuille est la plus usitée avec 40 %. Ensuite, on trouve la plante entière et la graine avec des taux d'utilisations respectif de 16,41 % et 10,25 %. Le fruit, la fleur et la tige occupent des places moyennes avec respectivement 8,72 %, 7,18 et 5,64. L'ensemble des parties utilisées restantes à savoir la tige feuillée, les extraits, la racine, l'écorce et le bulbe est représenté par un taux cumulatif de 10,77 %.

Cette prédominance des feuilles dans les soins traditionnelles est conforme études ethnobotaniques antérieurs **[11], [12], [13], [16]**. En effet, La fréquence d'utilisation élevée de feuilles peut être expliquée par le fait qu'elles sont en même temps centrales des réactions photochimiques et réservoirs de matières organiques qui en dérivent. Elles fournissent la majorité des alcaloïdes, hétérosides et huiles essentielles **[19]**. On remarque aussi dans cette enquête une assez importante utilisation de la plante entière ce qui correspond à un arrachage de la plante au lieu de s'intéresser uniquement à la partie souhaitée. Ce

mode de cueillette anarchique compromet sérieusement la durabilité des espèces médicinales et engendre une dégradation des écosystèmes et des ressources naturelles.

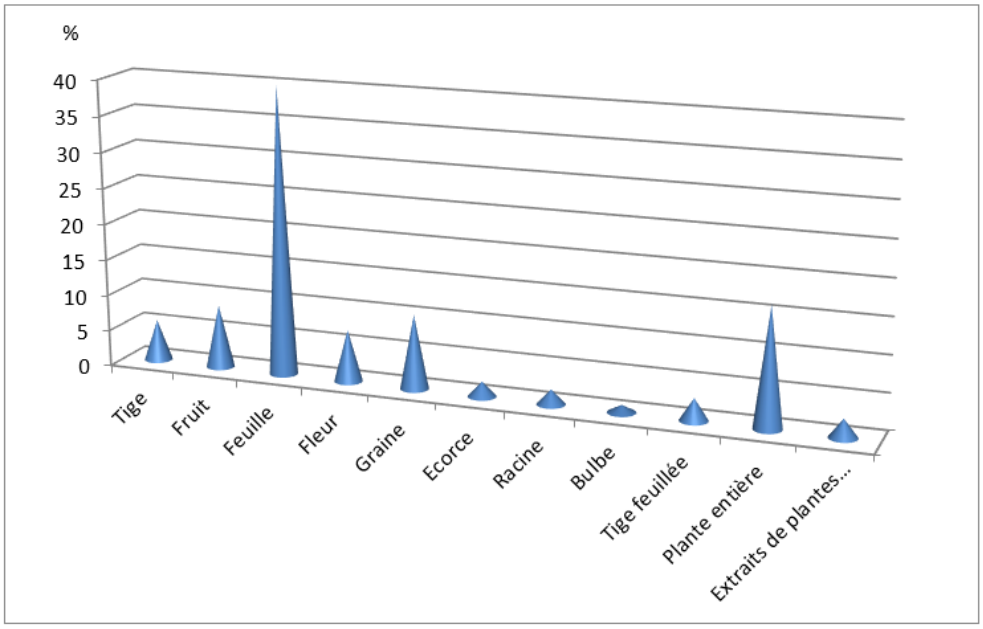


Fig. 4. Répartition des différentes parties utilisées des plantes médicinales

3.5 MODE DE PRÉPARATION

Différentes pratiques thérapeutiques sont employées par la population sahraouie à savoir la décoction, l'infusion, la fumigation, le cataplasme, l'infusion, le cru, et la cuisson. La décoction est le mode de préparation le plus fréquent (40,28%) dans le Sahara (Figure 5). Elle est suivie l'utilisation des plante à l'état cru (généralement c'est une préparation des plantes médicinales sous forme de poudre) et en infusion (27,49%, et 15,63%). Les autres modes (cataplasme, cuit et fumigation) représentent 16,59%.

La meilleure utilisation d'une plante serait celle qui en préserverait toutes les propriétés tous en permettant l'extraction et l'assimilation des principes actives **[20]**. La décoction permet de réchauffer le corps et désinfecter la plante pour annuler l'effet toxique de certaines recettes, mais elle peut détruire certains principes actifs des espèces utilisées **[13], [16]**. De plus, les plantes médicinales ont des effets indésirables voir même toxique quand elles sont préparées de façon incorrecte par les patients. De ce fait, la médecine traditionnelle douce doit être pratiquée avec précaution et en respectant des paramètres et des mesures bien précises.

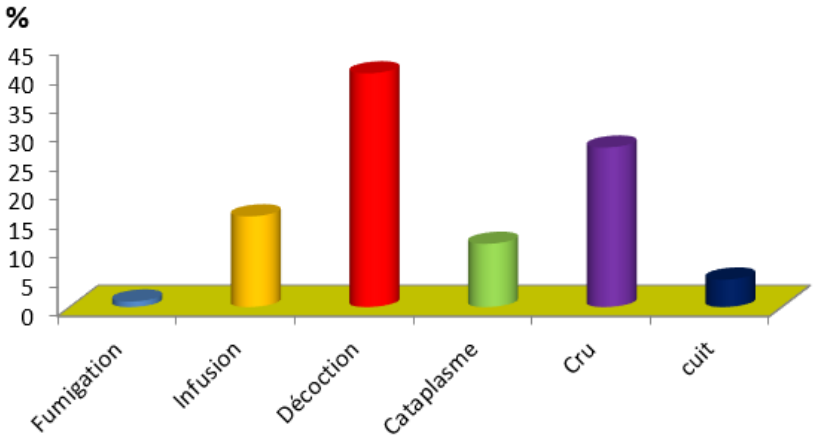


Fig. 5. Répartition des modes de préparation des plantes médicinales

3.6 MALADIE ET MÉDECINE TRADITIONNELLE

L'analyse des informations collectées au cours de l'enquête ethnobotanique nous a permis de répertorier un certain nombre de maladies traitées par les plantes médicinales. Les résultats représentés sur la figure 6 montrent que, la majorité des plantes médicinales interviennent principalement dans le traitement des maladies de l'appareil digestif avec un pourcentage de 36,71%, suivies par les maladies métaboliques 18,35%, les maladies ostéo-articulaires avec 11,32% et les maladies dermatologique (10,54%). Le reste des maladies (génito-urinaires, cardio-vasculaires, respiratoires, neurologiques, et visuelles) représentent environ 23%, ce qui suggère que la population locale est moins affectée par ces derniers troubles.

Notre enquête ethnobotanique dans les régions du Sahara marocain concorde avec les résultats des études réalisées dans les régions de Moulouya et l'Oriental **[13], [16]** qui ont montré que ce sont surtout les maladies de l'appareil digestif qui sont traitées par les plantes médicinale. Ceci explique l'utilisation très intense de certaines plantes telles les thyms et les lavandes qui sont connues par leurs effets phytothérapeutiques antispasmodiques, antidiarrhéiques, stomachiques, etc.

En ce qui concerne les indications thérapeutiques des plantes médicinales pour les autres troubles, elles diffèrent selon les régions du Maroc **[12], [13], [16]**.

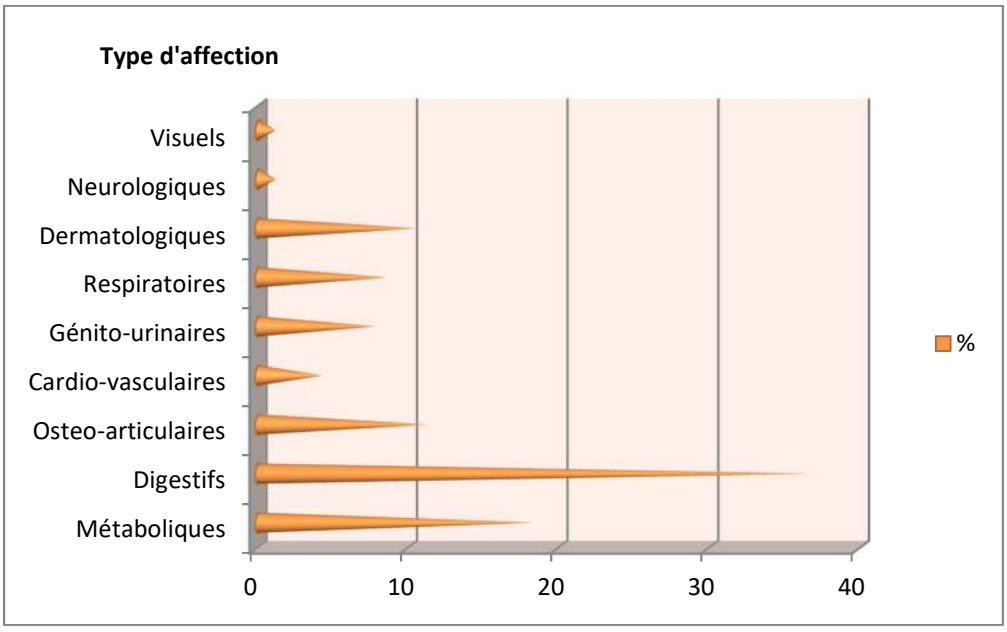


Fig. 6. Répartition des indications thérapeutiques des Plantes médicinales

3.7 ANALYSE FLORISTIQUE

L'analyse floristique du catalogue réalisé nous a permis de dresser la liste des espèces médicinales la plus exhaustive possible, de procéder à un classement des familles les plus représentées dans la région par le nombre de leurs espèces et ainsi d'effectuer une comparaison de ces résultats à ceux obtenus par d'autres études similaires.

Les enquêtes ethnobotaniques réalisées sur la base de 400 questionnaires dans la région du Sahara marocain ont permis d'inventorier 182 espèces et sous-espèces, appartenant à 55 familles et 150 genres (Annexe 1).

Le nombre d'espèces de plantes médicinales utilisées dans les régions sahariennes est supérieur à celui répertorié dans plusieurs régions du Maroc tels que la région de Moulouya **[13]** et le cercle de Mechraâ Bel Ksiri **[12]**. Ceci s'explique par le fait que dans la zone de notre étude les espèces de plantes médicinales vendus par les herboristes proviennent non seulement des régions sahariennes mais elles sont importé de tout le Maroc et même des pays voisins comme la Mauritanie. En effet, le nombre des plantes recensées dans notre enquête ethnobotanique des régions sahariennes constitue un taux d'environ 23% par rapport à la flore total du Maroc qui estimée à environ 800 espèces **[21]**.

Les familles botaniques les plus représentées sont les suivantes : Labiées ou Lamiacées (17 espèces), Asteracées (13), Chénopodiacées (12), Convolvulacées (11), Apiacées (10), Liliacées (9). Les autres familles sont peu représentées. La dominance

de ces deux premières familles de plantes concorde bien avec les résultats des travaux ethnobotaniques effectués par Benlamdini et *al*. **[16]** au niveau du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya) et par Mehdioui et Kahouadji **[11]** auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène (Province d'Essaouira). Cependant, nos résultats divergent de ceux obtenus par El Hassani *al*. **[13]** où la famille des Astéracées occupait le premier rang des plantes médicinales (21 espèces) utilisées dans la région de la moyenne Moulouya. Ils diffèrent aussi de ceux de Kahouadji **[22]** et Hseini et Kahouadji **[23]** dans la région de Rabat où les Apiacées sont les plus représentées avec 26 espèces.

3.8 LA TOXICITÉ

L'analyse pharmacologique des plantes recensées, nous a permis d'identifier les plantes toxiques utilisées en pharmacopée traditionnelle dans la zone étudiée en utilisant différents ouvrages à savoir «La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle, médecine arabe ancienne et savoir populaire» de Bellakhdar **[10]** et «Les plantes médicinales du Maroc» de Sijelmassi **[24]**. Les résultats obtenus montrent que 29 espèces (soit 16%) des plantes utilisées peuvent provoquer des intoxications (catalogue, Annexe 1). De même, la présente enquête montre que la majorité des usagers de la médecine traditionnelle savent très peu sur la toxicité de ces plantes.

4 CONCLUSION

Cette étude nous a permis de révéler l'importance relative accordée à la phytothérapie traditionnelle dans le système de santé des zones du Sahara marocain et de confirmer que l'utilisation des plantes médicinales dans le domaine thérapeutique persiste encore malgré la révolution de la technologie médicale. De même, la collecte et l'analyse des données recueilles ont permis de transformer le savoir populaire oral dans cette région en savoir transcrit par l'établissement d'un catalogue des plantes médicinales utilisées et leurs usages thérapeutiques.

L'utilisation des plantes médicinales dans la Sud du Maroc se répartit selon le niveau d'étude et le niveau socio-économique. Le recours à cette pratique est d'ailleurs très répandu dans tout le Maroc et dans les pays en voie de développement en général.

Le niveau de pauvreté et le prix relativement élevé des médicaments sont les facteurs essentiels qui poussent la population du Sahara à utiliser largement les plantes médicinales de leur territoire et celles importés d'autres régions. Les plantes médicinales sont utilisées par des personnes des deux sexes appartenant à des tranches d'âges et à des niveaux socioéconomiques et intellectuels différents.

Ainsi, les résultats obtenus ont montré que les feuilles constituent les parties les plus utilisées avec un pourcentage de 40%, et la décoction constitue l'essentiel de préparation des drogues végétales dans la phytothérapie traditionnelle. En plus, la répartition de la fréquence d'utilisation des plantes médicinales selon le groupe des maladies traitées a montré que les pathologies digestives sont les indications thérapeutiques majeures avec un pourcentage de 36,71%.

La grande majorité de la population croit que les plantes médicinales permettent une guérison ou une amélioration de l'état de santé. Les posologies ne sont pas précises et varient d'une personne à l'autre pour la même indication. La méconnaissance des plantes toxiques par la majorité des personnes interrogées pourrait être due au faible niveau de scolarisation et au manque de sensibilisation.

L'analyse des résultats obtenus par cette étude ethnobotanique nous a permis de repérer les familles les plus représentées dans la flore médicinale utilisée dans les régions étudiées du Sahara marocain sont les Lamiacées, Asteracées, Chénopodiacées, Convolvulacées, Apiacées, Liliacées. Les utilisations thérapeutiques concernent surtout le système digestif. Plusieurs espèces n'ont pas été étudiées dans les pharmacopées européennes et mériteraient de faire l'objet de recherches phytochimiques approfondies.

La culture et la valorisation des plantes médicinales, ainsi que la rationalisation de la récolte des plantes spontanées s'imposent aujourd'hui afin de préserver et de réduire la pression sur les plantes médicinales les plus utilisées dans le domaine de la santé publique. Par ailleurs, la phytothérapie traditionnelle mérite encore d'autres études de prospection pour mieux recenser et identifier les plantes médicinales réparties à l'échelle nationale afin d'intégrer ce mode de soin dans le système national de santé en complément à la médecine moderne.

REFERENCES

[1] Scherrer A.M., Motti R., Weckerle C.S., 2005. Traditional plant use in the areas of Monte Vesole and Ascea, Cilento National Park (Campania, Southern Italy). J. Ethnopharmacology, 97, 129-143.

[2] Rejdali M. 1996. La flore du Maroc : Etat actuel et perspectives de conservation. Diversité biologique et valorisation des plantes médicinales. Actes Edition, 17-22.

[3] Kahouadji M.S., 1995. Contribution à une étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Maroc oriental, Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université Mohamed I, Fac. Sci. Oujda, 220 p.

[4] Bergier P., Thevenot M., Qninba A., 2014. Notes naturalistes au Sahara Atlantique marocain - 6, Go-South Bull., 11, 113-211.

[5] Driouech F., 2010, Distribution des précipitations hivernales sur le Maroc dans le cadre d'un changement climatique : descente d'échelle et incertitudes, thèse de Doctorat, université de Toulouse, 163p.

[6] Birouk A., Lewalle J., Tazi M., 1991. Le patrimoine végétal des Provinces sahariennes du Maroc. Actes Editions. Rabat, Moroc, 76p.

[7] Msanda F., El Aboudi A., Peltier J.P., 2002. Originalité de la flore et de la végétation de l'Anti-Atlas sud-occidental (Maroc). Feddes Repertorium 113, 7-8, 603-615.

[8] Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A., Eloualidi J., 1999. Flore pratique du Maroc, Vol. 1. Trav. Inst. Sci. Rabat, série botanique 36. 558 p. Rabat.

[9] Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A. & El Oulaidi J. (eds) 2007. Flore pratique du Maroc, vol. 2 Trav. Inst. Sci. Sér. Bot. 38, Rabat.

[10] Bellakhdar J., 1997. La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle : Médecine Arabe Et Savoirs Populaires. Editions Le Fennec, (Ed.) (Eds.), Ibis Press, Casablanca, Maroc : 764p.

[11] Mehdioui R., Kahouadji A., 2007. Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 29, 11-20.

[12] Benkhnigue O., Zidane L., Fadli M., El Yacoubi H., Rochdi A., Douira A., 2011. Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). Acta Bot. Barc., 53, 191-216.

[13] El Hassani M., Douiri E. M., Bammi J., Zidane L., Badoc A., Douira A., 2013. Plantes médicinales de la Moyenne Moulouya (Nord-Est du Maroc). Ethnopharmacologia, 50, 39-53.

[14] Bejbouji J., 2006. Contribution à la réalisation d'un catalogue numérisé des principales plantes aromatiques et médicinales de la forêt de l'Amsitten (Sud-ouest marocain), Province d'Essaouira, Diplôme d'Etudes Supérieures Approfondies, Université Ibn Tofaïl, Faculté des Sciences, Kénitra, Maroc, 83 p.

[15] Srhayri F., 2007. Etude ethnopharmacologique de la cosmétique traditionnelle au Maroc (Casablanca, Meknès et Rabat), Université Mohammed V, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Rabat, Maroc, 138 p.

[16] Benlamdini N., Elhafian M., Rochdi A., Zidane L., 2014. Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya). Journal of Applied Biosciences, 78, 6771 - 6787.

[17] Bourkhiss M., Farah A., Satrani B., Lakhlifi T., Rassam A., Bourkhiss B. et Chaouch A., 2013. Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Tafilalet (Sud-est marocain). La Phytothérapie Européenne : ETHNOBOTANIQUE, 25 - 28.

[18] Anyinam C., 1995. Ecology and ethnomedicine: exploring links between current environmental crisis and indigenous medical practices. Social Science and Medicine 4, p. 321-329.

[19] Ould El Hadj M. Didi, Hadj-Mahammed M., Zabeirou H., 2003. Place des plantes spontanées dans la médicine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional est). Courrier du Savoir - N°03, pp. 47-51.

[20] Dextreit R., 1984. La cure végétale, Toutes les plantes pour se guérir, Vivre en harmonie, 3ème ed., 118p.

[21] Ghanmi M., Satrani B., Aberchane M., Ismaili M R., Aafi A., El Abid A., 2011. Plantes Aromatiques et Médicinales du Maroc, les milles et une vertu. Centre de Recherche Forestière. Rabat, Maroc, 130 p.

[22] Kahouadji M.S., 1995. Contribution à une étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Maroc oriental.- Thèse. Université Mohammed premier, Faculté des Sciences, Oujda. 205 p.

[23] Hseini S., Kahouadji A., 2007. Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). LAZAROA 28, 79-93.

[24] Sijelmassi A., 1993. Les plantes médicinales du Maroc, 6ème édition. Fennec. Casablanca. 285 p.

ANNEXE 1 : CATALOGUE DES PRINCIPALES PLANTES MÉDICINALES UTILISÉES PAR LA POPULATION DE LAÂYOUNE, ES-SMARA, BOUJDOUR ET DAKHLA

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Partie utilisée	Mode de préparation	Propriété
Aizoacées	- *Aizoanthemum hispanicum* L.	Ghassul	Plante entière	Décoction	- Contre les vomissements
	- *Aizoon canariense* L.	Tezza	Fruits	Cru	- Contre les douleurs intestinales
	- *Mesembryanthemum cryptanthum* Hook. F.	Afzou	Graines	Cuit	- Contre l'anémia, l'hypertension, les douleurs de l'estomac, le rhumatisme et les maladies génito-urinaires, antidiabétique et bon pour la circulation sanguine
Boraginacées	- *Borago officinalis* L.	Lissaethour	Tiges et fleurs	Extraction des huiles et graisses	- Contre la dermatose
	- *Heliotropium bacciferum* Forssk	L'hbaliya	Feuilles en poudre	Décoction	- Contre les douleurs abdominales
	- *Heliotropium crispum* Desf.	L'hbaliya Zrega	Graines	Décoction	- Contre les affections respiratoires
	- *Heliotropium erosum* Lehm	L'hbaliya	Feuilles en poudre	Décoction	- Contre les douleurs abdominales
	- *Heliotropium europaeum* L.	Akrir	Feuilles en poudre	Décoction	- Contre les douleurs abdominales
	- *Moltkiopsis ciliata* forssk	Anchal	Fleurs	Cru	- Contre les douleurs abdominales
Brassicacées	- *Echium horridum* Batt.	L'harcha	Feuilles en poudre	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Lepidium sativum* L. (*)	Hab r'chad	Graines	Infusion	- Contre les affections respiratoires
Anacardiacées	- *Pistacia lentiscus L.*	Tidekt	Gomme	Décoction et infusion	- Contre les maladies cardio-vasculaires
	- *Rhus albida Schousboe* - *Rhus pentaphylla (Jacq.) Desf.* - *Rhus tripartita (Ucria) Grande*	Zuwaya- Anfiss Tizgha Jdari	Plante entière et fruits Feuilles Feuilles et tiges	Décoction Infusion Tisane	- Stomachique, anorexie et arythmie - Contre la dermatose - Contre les douleurs abdominales
Apocynacées	- *Nerium oleander* L. (*)	Defla	Feuilles	Décoction ou infusion	- Contre les douleurs abdominales
Asclépiadacées	- *Calotropis procera* Ait.f.	Turja	Fruits	Poudre crue	- Contre les dermatoses désinfectantes
	- *Leptadenia pyrotechnica* Forssk) Decne	Titarek	Feuilles	Poudre avec d'autres plantes Cru	- Contre les affections du tube digestif
	- *Pergularia tomentosa* L.	Ghelga	Feuilles	Poudre avec d'autres plantes	- Contre les douleurs abdominales
	- *Periploca angustifolia* Labill	Lhallab	Feuilles	Décoction	- Contre les douleurs abdominales
Apiacées	- *Ammodaucus leucotrichus Coss*	Kammoun ereg	Fruits	Infusion	Antipoison des morsures de serpents
	- *Ammodaucus leucotrichus Coss.* ssp. *nanocarpus Beltr.Tej.*	Kammoun ereg	Fruits	Infusion	- Contre les piques des scorpions
	- *Carum carvi* L.	Lkarwiya	Graines	Infusion	- Contre les gaz intestinaux
	- *Cuminum cyminum* L.	Kammoun	Graines	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Docus carota* L.	Khizou	Graines	Décoction	- Antidiabétique et contre les maladies génito-urinaires
	- *Eryngium ilicifolium* Lam	Zreyga	Feuilles	Infusion	- Antipoison morsures et maux d'estomac
	- *Ferula communis* L.	Kalkha	Rhizome	Décoction	- Fébrifuge
	- *Foeniculum vulgare* Mill (*)	Nafaa	Graines	Infusion	- Contre le météorisme
	- *Petroselinum sativum* Hoffm	Maadnouss	Tiges, feuilles	Décoction	- Contre les calculs rénaux
	- *Pimpinella anisum* L. (*)	Habbat h'lawa	Fruits	Infusion	- Contre le gonflement par des gaz intestinaux
Asteracées	- *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers.	Kraâdjaja	Fleurs	Tisane	- Contre les céphalées et les hépatites
	- *Anacylus pyrethrum* Dc. (*)	Argês sluh	Racines	Décoction	Contre les maladies de le la bouche et les affections respiratoires
	- *Anthemis nobilis* L	Babounge	Fleurs	Tisane	- Contre les douleurs abdominales
	- *Anvillea radiata* Coss. &Dur.	Negd	Plante entière	Décoction	- Contre les aphtes et maux d'estomac
	- *Artemisia absinthium* L. (*)	Chiba	Tiges et feuilles	Infusion	- Tonique
	- *Artemisia herba-alba* Asso (*)	Chih	Feuilles	Cataplasme Décoction	- Antichute des cheveux et vermifuge
	- *Artemisia reptans* Chr. Smith	Chihya	Plante entière en poudre	Cru	- Contre les affections du tube digestif et malades génito-urinaires
	- *Cynara scolymus* L.	khourchouf	Fruits	Décoction	- Contre les maladies cardio-vasculaires
	- *Centaurea alexandrina* Delile	Bouneggir	Plante en poudre	Cru	- Contre les maladies respiratoires
	- *Chrysanthemum coronarium* L	L'gahwan	Fleurs	Infusion	- Contre les migraines et céphalées
	- *Cotula cinerea* Del.	Gertofa	Fleurs	Décoction	- Emménagogue et toux
	- *Launaea arborescens* (Batt.) Maire	Oum Lbena	Latex	Cru	- Contre l'œdème
	- *Warionia saharae* Coss. et Beneth	Afessas	Feuilles	Décoction	- Contre l'arthrite rhumatoïde

Capparacées	- *Boscia senegalensis* Pers. Lam.	Eyzzen	Feuilles	Décoction	- Contre la constipation
	- *Capparis decidua* (Forssk.) Edgew	Ignan	Feuilles en poudre	Décoction	- Contre les douleurs abdominales
	- *Capparis spinosa* L	Kabbar	Feuilles	Décoction	- Contre les affections respiratoires
	- *Cleome africana* Botsch	Lemkhinza	Feuilles	Cataplasme	- Fébrifuge
	- *Cleome arabica* L.	Lemkhinza	Feuilles et fruits	Décoction	- Carminatif et contre les maladies génito-urinaires
	- *Cleome paradoxa* R. Br.	Ain sbaa	Feuilles	Cataplasme	- Fébrifuge
	- *Cleome viscosa* L	Erragem	Feuilles	Cataplasme	- Contre les brulures
	- *Maerua crassifolia* Forssk	Atil	Tiges et feuilles	Cru	- Brosse à dent et antidiabétique
Caryophyllacées	- *Corrigiola littoralis* L.	Serghina	Plante entière	Décoction	- Anti constipation et colique des intestins
	- *Herniaria glabra* L.	Herras Lehjar	Plante entière	Décoction	- Contre les calculs rénaux
	- *Gymnocarpos decander* Forssk.	Ljefna	Feuilles	Décoction	Anti diarrhée et intoxication du tube digestif
	- *Paronychia arabica* (L) DC	Ramram	Plante en poudre	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Paronychia argentea* L.	Bsis ennâaj	Plante entière en poudre	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Silene setacea* Viv.	Guern leghzal	Feuilles en poudre	Cru	- Contre les douleurs abdominales
Césalpinacées	- *Ceratonia siliqua* L.	L kharoub	Graines en poudre	Tisane ou cru	- Contre les maladies ostéo articulaires
	- *Senna italica* Miller	Afelajit	Feuilles	Décoction	- Stomachique et anti-constipation
Chénopodiacées	- *Atriplex halimus* L	Legtaf	Feuille	Décoction	- Anti-cancer, antidiabétique et contre les calculs rénaux
	- *Beta patellaris* Moq.	Selg	Feuille en poudre	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Chenopodium ambrosioides* L. (*)	Mkhinza	Feuilles	Cataplasme	- Fébrifuge
	- *Chenopodium murale* L	Talekkuta	feuilles en poudre Tiges,	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Cornulaca monacantha* Del.	Ihad	feuilles en poudre Plante entière en poudre	Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Hammada scoparia* (Pomel)	Ramth	Feuilles en poudre Feuilles	Cataplasme et Cru Cataplasme	- Soigne les blessures, antichute et contre les maladies du gros intestin
	- *Helianthemum confertum* Dunal	Lyergig	Tiges feuillée	Infusion	- Antichute et anti-gales
	- *Nucularia perrini* Batt	Ascaf	Feuilles	Décoction	- Contre l'asthme
	- *Salsola imbricata* Forssk	Aghassal	Feuilles en poudre	Cru	- Contre la douleur d'estomac
	- *Salsola tetragona* Del.	Laârade	Feuilles en poudre	Cru	- Antidiabétique et soigne les blessures
	- *Salsola vermiculata* L.	Ljell		Cru	- Contre les douleurs abdominales
	- *Suaeda vera* J. F. Gmelin	Suweyd			- Contre les douleurs abdominales
Convolvulacées	- *Anastatica hierochuntica* L.	Lkemcha	Plante entière	Décoction	- Contre les maladies génito-urinaires et ostéo-articulaires
	- *Convolvulus arvenis* L.	Luwaya	Plante entière	Décoction	- Contre les toux
	- *Convolvulus trabutianus* Schwi et Munson	Lgandoul	Plante entière	Décoction	- Contre les maladies du tube digestif
	- *Diplotaxis harra* (Forssk) Boiss.	Lharra	Feuilles	Cataplasme	- Contre la dermatose
	- *Diplotaxis pitardiana* Maire	Kerkaz	Fleurs en poudre	Cru	- Ani-diabétique
	- *Diplotaxis virgata* (Cav.) Dc.	Lkarkaz	Feuilles	Décoction	- Contre les maladies dermatologiques
	- *Eruca vesicaria* (L.) cav	Hiâgan	Graines	Cataplasme	- Vermifuges
	- *Farsetia aegyptiaca* Turra	Zaâzaâ	Plante entière	Décoction	- Contre les douleurs dentaires et les maladies gingivites
	- *Henophyton deserti* Coss et dur	Henet Jmel	Plante entière	Infusion	- Contre les maladies des intestins
	- *Lepidium sativum* L	Heb-rchad	Graines	Cru	- Nettoyer les yeux des corps étrangers
	- *Moricandia suffruticosa* (Desf) Coss et Dur	Jerjir lhar	Feuilles	Cataplasme	- Contre les brûlures
Cactacées	- *Opuntia ficus indica* (L) Mill	Aknari	Fleurs et fruits secs broyés	Infusion Cru	- Contre la maladie génito-urinaire, antidiabétique et bonne pour l'intestin
Cucurbitacées	- *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad	Ilif (plante) Hdaj lahmar (fruit)	Fruits et graines	Cru	- Contre les infections génito-urinaires et antidiabétiques
	- *Cucurbita maxima* L.	Lgara lhamra	Graines	Huiles essentielles Cru	- Bon pour les prostates
Cupressacées	- *Juniperus phoenicea* L.	Ar'ar	Feuilles	Cru	- Antidiabétique, anti-diarrhée et bon pour l'intestin
Cynomoriacées	- *Cynomorium coccineum* L.	Tertut	Plante	Cru ou en poudre	- Antidiabétique et contre l'anémia.
Cyperacées	- *Cyperus rotundus* L	Tara	Plante	Décoction	- Antidiabétique et odorante
Ephedracées	- *Ephedra alata* Dec.	Chdida	Tiges et feuilles	Décoction	- Antidiabétique et contre les maladies du tube digestif
	- *Ephedra nebrodensis* Dec	Chdida	Tige feuillée	Décoction	- Contre les maladies du tube digestif
Euphorbiacées	- *Euphorbia balsamifera* Aiton	Fernan	Feuilles	Cataplasme	- Anti-gale
	- *Euphorbia officinarum* L. ssp. *echinus* (hook. F.)	Daghmus	Tiges	Décoction cru	- Antidiabétique, anti inflammation, anti cancer et contre les bronchites
	- *Mercurialis annua* L.	Hurrayga Lmelsa	Feuilles	Infusion	- Stomachique
	- *Ricinus communis* L. (*)	Aourewre	Graines	Cuit dans l'huile	- Massage pour les douleurs ostéo-articulaires

Geraniacées	- *Erodium guttatum* willd	Regm	Feuilles	Cataplasme	- Contre les brulures
Globulariacées	- *Globularia alypum* L.	Halla rwa	Feuilles	Décoction	- Contre la constipation et ulcère gastrique et antidiabétique
Juncacées	- *Juncus acutus* L.	Smar	Tiges	Décoction	- Anti asthme et antidiabétique
	- *Juncus maritimus* Lam.	Smar	Tiges	Décoction	- Anti asthme et antidiabétique
Labiées ou Lamiacées	- *Ajuga iva* (Dc.) Briq	Chendgura	Plante entière en poudre	Décoction	- Contre les maux d'estomac ou rinçage dermatologique
	- *Lavandula coronopifolia* Poir.	Lkhzama	Fleurs	Infusion	- Contre les maladies ostéo-articulaires, calculs rénaux et asthme et rinçage dermatologique
	- *Lavandula multifida* L.	Khait lkhail	Feuilles et fleurs	Décoction	- Anti intoxication des intestins et contre des sécrétions vaginales
	- *Lavandula stoechas* L.	Lhalhal	Plante, tige et feuille	Décoction	- Antidiabétique
	- *Mentha pulegium* L (*)	Fliyou	Feuilles	Décoction ou infusion	- Contre la grippe et les toux
	- *Mentha spicata* L.	Naanaa	Plante entière	Décoction ou infusion	- Anti refroidissement stomachique
	- *Origanum compactum* Benth	Zaätar	Feuilles	Décoction	- Anti refroidissement stomachique
	- *Origanum majorana* L.	Berdedouche	Feuilles	Décoction	- Contre les maux d'estomac, antidiabétique et anti refroidissement
	- *Rosmarinus officinalis* L. (*)	Yazir	Feuilles	Décoction ou infusion	- Contre le refroidissement stomachique et régularité du cycle menstruel
	- *Salvia aegyptiaca* L.	Tazukennit	Feuilles	Cru, infusion	- Pour nettoyer les yeux des corps étrangers
	- *Salvia officinalis* L. (*)	Salmiya	Plante entière	Décoction	- Antidiabétique
	- *Satureja montana* L	Zoukeni	Plante entière	Décoction	- Contre la grippe
	- *Stachys silvatica* Boiron.	El horega	Plante entière	Infusion	- Contre l'eczéma et les maladies génito-urinaires
	- *Thymus hesperidium* Maire	Azukenni	Feuilles	Infusion	- Contre les douleurs rénales
	- *Thymus pallidus* Butt.	Zâaytra	Plante entière	Décoction	- Contre le refroidissement
	- *Thymus satureioides* Coss.	Zâaytra ou Azoukenni	Feuilles	Décoction	- Contre la constipation
	- *Thymus zygis* L.	Zâaytra		Décoction	- Carminatif et contre le refroidissement et anti diarrhées
Liliacées	- *Allium cepa* L.	Albassal	Bulbe	Cru et cuit	- Antidiabétique, anti -tuberculose et pour soigner les infections
	- *Allium sativum* L.	Toum	Bulbe	Cru et cuit	- Contre les douleurs rhumatismales
	- *Aloe socotrina* Lamk	Siber	Feuilles mélangées à d'autres plantes	Décoction	- Antidiabétique
	- *Andocymbium gramineum* (Cav.) Mc.bride	Sgeaa	Feuilles	Cataplasme	- Contre les maux de tête
	- *Asparagus altissimus* Munby	Sakkum	Feuilles	Décoction	- Stomachique, antidouleurs gastriques et antidiabétique
	- *Asparagus horridus* L.	Sekkum	Racines	Décoction	- Contre la stérilité féminine
	- *Asphodelus tenuifolius* Cav.	Taziya	Feuilles	Cru	- Contre les douleurs d'estomac
	- *Pancratium triamthum* Herb. (*)	Amajij	Feuilles et fleurs	Cataplasme	- Pour le traitement des cheveux
	- *Urginea olivieri* Maire	Teylum	Rhizome	Cru	- Contre l'acidité gastrique
Malvacées	- *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori	Legleya	Racines, feuilles et jus de fruit	Décoction	- Contre beaucoup de maladies
	- *Hibiscus sabdariffa* L	Bissam	Plante entière	Décoction	- Stomachique
	- *Malva parviflora* L.	Khoubiza	Plante entière	Cataplasme ou décoction	- Antidiabétique, anti diarrhée et contre les céphalées
Mimosacées	- *Acacia ehrenbergiana* Hayne	Tamat	Feuilles en poudre « sfouf »	Cru Infusion	- Contre les douleurs d'estomac et anti vomissement
	- *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* Forssk	Talh	Ecorce en poudre Fruits Feuilles La gomme en poudre avec sucre « sfouf »	Infusion Décoction Décoction Cru	- Contre les problèmes digestifs, contre la constipation, antidiabétique et tous les types de maladies
	- *Acacia senegalensis* (L) willd	Awarwa	Fruits « salaha»	Cru	- Contre les douleurs du tube digestif
Papilionacées	- *Astragalus gummifera* Labil.	Laktira	Feuilles	Décoction	- Anti –rhumatisme
	- *Ceratonia siliqua* L.	Kharoube	Fruits	Cru	- Contre les gaz dans le gros intestin
	- *Ononis natrix* L.	Hennet reg	Feuilles	Décoction	- Antidiabétique et contre les maladies génito-urinaires
	- *Retama raetam* Forssk Webb (*)	Rtem	Plante entière	Décoction	- Stomachique réputée abortive
	- *Retama sphoerocarpa* Boiss (*)	Rtem	Plante entière	Décoction	- Réputée abortive
	- *Trigonella foenum graecum* L.	L'halba	Graines	Cuit	- Antidiabétique
Neuradaccées	- *Neurada procumbens* L.	Saâdan	Feuilles ou Fruits	Cru ou Cuit	- Contre les douleurs intestinales ou gastriques
Oleacées	- *Olea europaea* L.	Zitoun	Feuilles	Infusion	- Antidiabétique et hypotenseur

Lauracées	- *Laurus nobilis* L.	Warkat sidna Moussa	Feuilles	Décoction	- Contre le rhumatisme et les maladies génito-urinaires
Lythracées	- *Lappa communis* L.	Arkitoun	Tiges	Cru ou extrait dans des gélules	- Antidiabétique et contre les problèmes gastriques et neurologiques
	- *Lawsonia inermis* L.	Henna	Feuilles	Application sur cheveux	- Antipelliculaire
	- *Punica granatum* L.	Erroummân	Ecorce de fruit	Décoction	- Stomachique
Moracées	- *Ficus carica* L	Karmous/Shriha	Fruit sec en poudre	Cru	- Contre les gaz intestinaux
Myristicacées	- *Myristica afragrans* houtt (*)	Lggouza	Fruit sec en poudre	Décoction	- Anti-rhumatisme, somnifère et contre les toux
Myrtacées	- *Eucalyptus globulus* Labill.	Kaluptus	Feuilles et Huile essentielle	Fumigation Cru	- Contre la grippe, le rhume et les bronchites
	- *Eugenia caryophyllata* thunb	Kronfel	Clous	Cataplasme	- Antichute et analgésique
	- *Myrtus communis* L. (*)	Rehâne	Feuilles	Cataplasme Infusion	- Antichute et bon pour les tubes digestifs
Nitrariacées	- *Peganum harmala* L. (*)	Harmel	Graine	Fumigation Cataplasme	- Contre le refroidissement et les maux de tête
Plantaginacées	- *Plantago afra* L. (*)	Yelmat lkheil	Feuilles	Cataplasme	- Anti inflammatoire et antiprurigineuse
	- *Plantago amplexicaulis* (Cav) (*)	Lyelma	Feuilles	Cataplasme	- Antiprurigineuse et anti inflammatoire
	- *Plantago ovata* Forssk (*)	Lyelma	Téguments des graines	Cru	- Contre la constipation et diarrhées
Plumbaginacées	- *Limonium simuatum* (L.) Mill.	Lgarssa	Plante entière	Cru	- Contre les maux d'estomac
Pédaliacées	- *Sesamum indicum* L.	Jaljlane	Graines	Cru ou Cuit	- Contre les douleurs d'estomac et anti-rhumatisme
Pinacées	- *Cedrus atlantica* (Endl) carr.	L'Arz	Huile essentielle	Naturelle	- Anti rhumatisme et contre les maladies génito-urinaires
Poacées	- *Andropogon laniger* Desf.	Lyadkhir	Feuille	Cru	- Pour soigner les blessures et cicatrisants
	- *Avena sativa* L.	lKhortale	Feuilles	Décoction	- Contre les calculs rénaux
	- *Cynodon dactylon* (L.) Pers (*)	Njem	Plante entière	Décoction	- Antidiabétique et contre le refroidissement
	- *Panicum turgidum* Forssk	Oum rekba	Tige	Décoction	- Antidiabétique
	- *Pennisetum typhoides* (B.) (*)	Illan	Graines	Décoction	- Anti rhumatisme et facilite l'accouchement
	- *Stipagrostis pungens* (Desf) De Winter	Sbat	Tiges	Cru	- Pour stopper l'hémorragie nasale
Ranunculacées	- *Nigella sativa* L. (*)	Sanouj	Graines et huile essentielle	Décoction ou Cru naturel	- Contre plusieurs maladies et les affections respiratoires et bon pour la circulation sanguine
	- *Ranunculus bullatus* L.	Ouden el Halouf	Plante entière	Infusion ou cru	- Contre les maladies génito-urinaires
Rhammacées	- *Ziziphus lotus* (L.) Desf.	Sder	Feuilles Fruits (Nbeg)	Décoction ou cuit	- Antidiabétique, contre les maladies génito-urinaires et anti hépatite
Rutacées	- *Citrus limon* (L.) Burm.f.	Lhammed	Fruits	Jus et cru	- Bon pour le cœur
	- *Haplophyllum vermiculare* Hand. Maz	Ljeyjel	Feuille en poudre	Cru	- Antidiabétique
	- *Ruta montana* L. (*)	Fjel	Plante entière	Décoction	- Active la circulation sanguine, apéritive, vermifuge et contre l'anémie
Rosacées	- *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.	Lmzah	Feuilles	Décoction	- Antidiabétique
	- *Rosa centifolia* L.	Ward	Fleurs	Décoction	- Contre la constipation
	- *Rubus ulmifolius* Schott (*)	Lyag	Fruits	Décoction	- Contre les affections du tube digestif
Rubiacées	- *Rubia tinctorium* L.	Foua	Tiges	Décoction	- Contre les problèmes digestifs et antidiabétiques
Sapotacées	- *Argania spinosa* L.	Argan	Graines	Cru Cuit	- Bon pour le visage et contre le rhumatisme
Salvadoracées	- *Salvadora persica* (L.) Garcin	Arack	Tige	Naturelle, Cru	- Pour brosser les dents
Solanacées	- *Capsicum annuum* L.	Soudania	Fruits	Décoction	- Contre la bronchite
	- *Datura stramonium* L. (*)	Shdeq Jmel	Feuilles	Décoction	- Antidiabétique
	- *Hyoscyamus niger* L.	Sekran	Feuilles	Décoction	- Contre les maladies génito-urinaires et ostéo-articulaires
	- *Lycium intricatum* Boiss.	Lagherdeg	Plante entière	Décoction	- Contre la stérilité féminine et les diarrhées
	- *Solanum nigrum* L.	Aneb adib	Feuilles	Cataplasme	- Contre les maladies des yeux
Tamaricacées	- *Tamarix gallica* L.	Laâricha	Feuilles	Décoction	- Contre le refroidissement
Thyméléacées	- *Daphne gnidium* L. (*)	Lzaz	Feuille en poudre	Cru	- Traitement du cuir chevelu
Urticacées	- *Forskalea tenacissina* L.	Lssig	Plante entière	Décoction	- Contre les maladies respiratoires
	- *Urtica urens* L. (*)	Houriga	Racines en poudre	Cru	- Contre les maladies de la prostate
Verbenacées	- *Aloysia citrodora* links	Lwiza	Feuilles	Infusion	-Contre l'insomnie, hypotenseur
Zingiberacées	- *Zingiber officinale* Rose Wiki	Skin jbir	Rhizome	Décoction	- Contre les maladies génito-urinaires et ostéo-articulaires
Zygophyllacées	- *Balanites aegyptiaca* (L) Del	Teichat	Fruit « touga »	Cru	- Antidiabétique
	- *Zygophyllum gaetulum* subsp. *waterloti* (Maire)	Lagaya	Ecores, feuilles	Cuit Jus, Cru	- Contre les tuberculoses, l'hypertension et douleurs d'estomac et contre l'hépatite
			Plante entière	Décoction Cataplasme	- Contre les affections urinaires - Contre les abcès et les brûlures antiseptiques
			Racines	Décoction	- Antidiabétique

NB : (*) = Plante toxique

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 802-807
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

The possibility Applicability of using cloud computing technology in E-learning at University of Kassala - Sudan

OMER Abdelrahim Mohammed Fadil[1], Khaldi Mohamed[2], and Hythem Abdullah[3]

[1]Laboratory of the Computer System and Communication, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco

[2]Department of Computer Science and Management, Laboratory of the Computer System and Communication, Ecole Normale Supérieure, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco

[3]IBM, Dubuque, IA, USA

Copyright © 2018 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: Became exponential growth in the volume of data and information limits the ability of university to manage this data and information and control effectively, and with continued high storage costs make the university having problems retrieving data and the preparation of backup copies, in addition to the high prevalence of information technologies evolving almost daily affect the efficiency and education. Therefore, all university seeking at the present time to achieve the highest return on technology efficiency, through the planning and implementation of virtualization technologies, and cloud computing in order to protect and manage data more effectively and efficiently.
This paper aims to discuss, analysis: concepts of cloud computing and their characteristics, and the benefits and constraints of the use of cloud computing, cloud computing services, as well the possibility of applying cloud computing in e-learning Kassala University in faculty of computer science and information technology "in Sudan", also Conclusions and Recommendations proposed.

KEYWORDS: Cloud Computing; E-Learning: electronic learning; Kassala University; Sudan.

1 INTRODUCTION

Became exponential growth in the volume of data and information limits the ability of university to manage this data and information and control effectively, and with continued high storage costs make the university having problems retrieving data and the preparation of backup copies, in addition to the high prevalence of information technologies evolving almost daily affect the efficiency and education. Therefore, all university seeking at the present time to achieve the highest return on technology efficiency, through the planning and implementation of virtualization technologies, and cloud computing in order to protect and manage data more effectively and efficiently.

At present, educational universities face many problems in keeping up with changes in information technology and Rapid communication. The development of information technology used in the education and training process requires significant costs. In addition to the cost of new hardware and software. As a result of the different locations of colleges in universities, the need to use modern information technologies, such as cloud computing, has emerged as the new solution to these problems. Can Students access applications from anywhere, anytime, from any Internet-connected devices, access to software development and development systems, and develop and implement their applications in university infrastructure, access to database and network applications Social and self-learning tools through a variety of computers and mobile devices.

The purpose of this paper is to learn the possibility of applying cloud computing of self-learning skills development among students college Computer Science and Information Technology, Kassala University, in Sudan .The procedures of this paper will include the use of the experimental method Using the Department of Computer Science to be learned through the course of

the electronic, and will use in this paper scale is a questionnaire to measure the trend towards online learning to measure the skill of self-learning in department computer students in practice. The objective of the questionnaire is to measure self-learning skills of students online and their attitudes towards. The reasons for the study of this paper are the weakness in the skill of self-learning in e-learning (in general) and learning on cloud computing technology (In particular) to the students in the Faculty of Computer Science and Information Technology At the computer department, and many of whom had already entered on this technology and use.

2 CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY CONCEPTS

cloud computing Is a technology that depends on the transfer of processing and storage space and data of the computer to the so-called cloud, it's a server is accessed through the Internet, That is, it has transformed information technology programs from products to services, and it is characterized by solving the problems of maintenance and development of programs from the companies used for them, and therefore focus the efforts of the beneficiaries to use these services only.

The term cloud computing can be defined as a set of services provided by the service provider to a customer or several customers or to an audience of online customers in order to exploit the capabilities and possibilities of the super service provider without having to buy expensive equipment in the company to do the same tasks. In the sense that the service provider shares its huge potential and its powerful servers to provide diverse services to the customer to provide for customers buy, equipment and maintenance of devices within his company to carry out such tasks and functions. We can say that cloud computing It is not a new technology but a new way service, but we can be using computing resources (hardware, software) But we can be using computing resources via internet. [1] [2]

2.1 CHARACTERISTICS OF CLOUD COMPUTING

Cloud computing has a set of characteristics represented in the following: -

- Self-service: the ability to use applications available in the cloud, such as Google Docs applications, spreadsheets and databases, any user can create files, modify and save files in the cloud structure using the web browser according to his needs;
- Availability: Access to applications and resources available in the cloud from anywhere and at any time;
- One place for devices, applications, and communication tools, which helps easily access data and information in a timely manner;
- Multi-rent can share resources and costs across a large group of users;
- Centralized, infrastructure in locations with low costs Such as real estate, electricity, etc...;
- Reduce hardware and software maintenance costs;
- Improving the efficiency of the use of electric energy in the operation of information technology devices;
- Flexibility in using resource capacity and applications that require high loading and operation capabilities;
- Extend ability: Use the latest versions of software, hardware, and resources available in the clouds. [3]

3 THE BENEFITS AND CONSTRAINTS OF THE USE OF CLOUD COMPUTING

3.1 THE BENEFITS OF THE APPLICATION OF CLOUD COMPUTING IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

- The user can access the files and applications through the cloud without the need to provide the application in the user's device, thus reducing the security risks and hardware resources required;
- Take advantage of very large servers to perform complex operations that may require high-specification devices;
- saves a lot of money to buy the software that a user needs. All that a user needs is a computer connected to a high-speed Internet and connected to a site that provides the software it needs;
- Reduce costs through reducing the number of hardware infrastructure, and the provision of a number of employees in the maintenance of hardware and software in the enterprise;
- The current architecture of cloud computing includes the availability of data centers that are capable of providing service to customers worldwide;
- The majority of education institutions do not have remote resources and infrastructure required for the operation of e-learning and purchase modern versions of applications that evolve very quickly, so the use of cloud computing technology helps these institutions to use modern versions of hardware and software;

- E-learning services are used for a specific period of weeks, quarterly - semester, the cost saving is very important. [4]

3.2 OBSTACLES TO THE USE OF CLOUD COMPUTING

The obstacles to using cloud computing in the educational environment are the following:

- The problem of the availability of the Internet is one of the major problems, requiring service provides internet connect permanently while using that service;
- The problem of security and privacy of information, Represented in:

Universities lose a degree of control over their data, as data is stored in computers when another party. The responsibility to protect data from hackers and hackers is in the hands of the service providers rather than the university;

- Multiple rents, reuse of software and hardware among a large number of users leads to a high risk of deleting important data for universities;
- Sharing storage and network resources among many users is also a fundamental risk to computing. [5]

4 TYPES OF CLOUD COMPUTING SERVICES

The following figure shows cloud computing technology services, which are the following: -

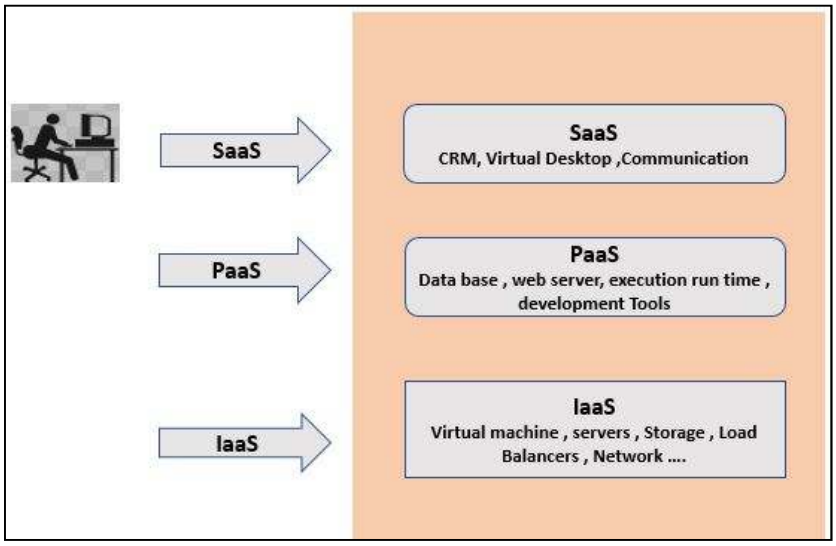


Fig. 1. shows Three Layers of Cloud Computing

- Infrastructure as a Service, it includes storage services, networks, servers, and virtual user devices that can be booted by the user, this service is used in e-learning to eliminate the need for infrastructure to operate data, network infrastructure.
- Platform as a Service, this service focuses on developers to develop web applications or applications with easy-to-use interfaces such as Google application engine. This service is used in education for the management of educational projects, research, work participation of virtual labs. also, it offers the possibility of developing distributed software team of developers Who have access and development.
- Software as a Service, the software provides a service to users. This service provides students with access to e-mail, operating systems and office software applications, including specialized programs for learners and researchers that require (virtual expertise). [6]

5 APPLICATION OF CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY IN HIGHER EDUCATION UNIVERSITY OF KASSALA - SUDAN

This section aims to identify the possibility of using cloud computing technology in Kassala University, and Field study procedures include Conducting electronic learning-self for computer courses to the students of the Faculty of Computer Science and Information Technology, Department of Computer.

The field study was conducted as follows:

- Develop an introduction to the courses supported by general guidelines;
- Identify and formulate general objectives, analyze, reorganize, and display the practical content of computer department courses, and divide content into modules based on the characterization adopted by the faculty of the computer science;
- Before the students started using the Internet, was explained the nature of the web sites to be accessed, how to use the site to learn from and provide general guidance on dealing with it.
- Teach students how to take advantage of the applications available in cloud computing to learn the courses of the department computer;
- The students of the department were directed to the need to link the theoretical and practical aspects of the courses, leading to an understanding and consolidation of the subjects of the courses and thus achieving the desired educational goals;
- Encourage students to cooperate with each other to carry out the tasks of learning through cooperative education;
- Through self-learning, students can not only acquire knowledge but also achieve a spirit of competition and coordination among them, improving their interpersonal skills and etc... [7]

5.1 IMPLEMENTATION OF THE FIELD STUDY

After the field study at the College of Computer Science, students of the Computer Department were selected to conduct self-learning through computer applications using the Moodle learning management system. Is an (open source software) and is distributed under the GNU General Public License. and It has many features represented as follows:

Open source system - Available for free - Is a content management system - It is a learning management system - Virtual Learning Environment -An adjustable learning environment - It designed using pedagogical principles - Adopted by UNESCO and the Open University of Britain with the aim of spreading e-learning at the lowest cost.

Where we have designed an educational platform, using the cloud service provider with the Learning Management System. When students use the educational platform using cloud computing technology included many advantages Represented in the following:

Conduct tests online; Ease of sending exercises and projects to students; Ease of communication between students; Helps students and teachers use applications without uploading them to their devices and help them access files stored from any computer by connecting to the Internet; Students can access all courses at any time, from anywhere; Students communicate with teachers and admin on the platform via chat and etc....

5.2 FINAL CALENDAR

The overall assessment aims at measuring the extent to which the students achieved the objectives in the computer department. Evaluation is done by answering the questionnaire to determine the extent to which the cloud computing environment can be used in e-learning, all students are asked about the importance of using the learning management system and its quality in training, cooperation and participation during the semester, the results of the questionnaire were as follows:

The results of the questionnaire were: Analysis of the responses to the importance of the learning management system and its quality

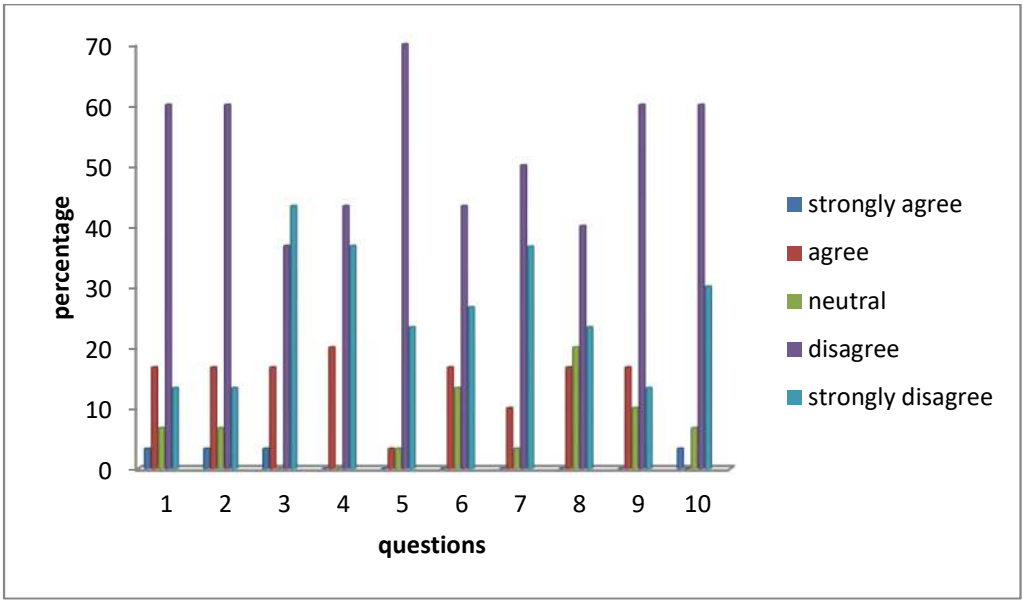
Grades have been developed to evaluate the items as follows:

Strongly disagree = 1, Disagree = 2, Neutral = 3, Agree = 4, Strongly agree = 5

The following table shows the summary of the results of the questionnaire:

Answers					
Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree	**Samples**
26.3%	**52.7%**	**7.7%**	**12.3%**	**1%**	**Students**

The Answers show that the majority of students agree with the importance of the program and its quality by 52.7%. This is evident from obtaining a score of (4) in all answers to the questionnaire, and 26% strongly agree with the students' Cloud computing in e-learning for its ease and availability at any time and place. The following figure shows the rates of response to the questions of the first item according to the evaluation items (strongly agree, agree, neutral, disagree, strongly disagree).



5.3 RECOMMENDATIONS

Encourage students to self-education and continuous education through various e-learning environments, especially applications based on cloud computing technology ; Employing cloud computing as an education strategy that allows self-learning and collaborative learning through collective participation between students and each other ; Learning management software must be used in e-learning environments that are compatible with cloud computing ; Training the faculty members according to the principles of educational design on the developments of e-learning and methods of employment in education and scientific research ; Activating the role of electronic courses and e-learning environments in the university education stage and benefiting from the services provided by the Internet.

6 CONCLUSION

In light of the evolution of technology and the spread of cloud computing in the world, soon in Sudan all universities and faculties will seek to keep abreast the rapid technological development in the education field, and Cloud computing is considered as new important the alternative to the educational aspects, Through educational platform that has been applied in the Department of Computer Science, We have reached to the need to mainstreaming the use of Cloud Computing technologies in education in Sudan in the future Because in order to give the opportunity for students and teachers, to fast access to different applications, systems and resources through the internet, Share files and documents and exchange of duties and projects between the students. We can say that cloud computing technologies to improve the process of education and self-learning, if implemented in the future state of Sudan.

REFERENCES

[1] Rupesh Sanchati and Gaurav Kulkarni, (2011) «Cloud Computing in Digital University Libraries». http://research.microsoft.com/enus/events/cloudfutures2011/cloud-futures-2011.pdf, p1.
[2] « CloudComputingConcept », (2011) http://www.wikinvest.com/concept/Cloud_Computing, p1.
[3] Chunye Gong, Jie Liu, Qiang Zhang, Haitao Chen and Zhenghu Gong << The Characteristics of Cloud Computing>>, 2010 39th International Conference on Parallel Processing Workshops.
[4] «CharacteristicsofCloudComputing», (2011), http://cloudwebhosting providers .com/cloud-computing-characteristics/, p2.
[5] Shyshkina Mariya and Kyiv, Ukraine, (2011) « Cloud computing – an advanced e-learning platform of school education», http://www.icl- conference. org / d l / proceedings / I C L 2 0 1 1 / program /contribution239_a.pdf, p3.
[6] Lori MacVittie et al, (2010) «Controlling the Cloud: Requirements for Cloud Computing», http://www.f5.com/pdf/whitepapers/ controlling -the-cloud-wp.pdf, p7-12.
[7] Omer Abdelrahim Fadil, Khaldi Mohamed, Hythem Abdullah << Simulation a platform educational by using cloud Computing>>, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume X Issue Y- Month 2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 808-812
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Poids vifs et longueurs coquillières de deux espèces d'escargots comestibles (*Achatina achatina* et *Archachatina ventricosa*) du Parc National du Banco (Abidjan-Côte d'Ivoire) des habitats : Proposition de solutions pour une meilleure gestion

Jean-Didié Memel, Jean-Baptiste Aman, SIKA Nygblé Angèle, Mamadou KARAMOKO, and Atcho OTCHOUMOU

Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 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 work involved two species of edible snails (*Achatina achatina* and *Archachatina ventricosa*) and consisted in presenting the live weights and lengths of shells of the specimens collected in the Banco National Park, to look for the stages of growth and development and to draw conclusions about the protection of these species in their natural habitat. The results obtained showed that the individuals sampled are generally young and mature, and therefore capable of reproduction. Therefore, it is necessary to reduce the poaching of these snails and to think of new production strategies, notably the purchase of achatiniculture.

KEYWORDS: snail, habitat, stage of growth and development, achatiniculture.

RÉSUMÉ: Les travaux ont porté sur deux espèces d'escargot comestibles (*Achatina achatina* et *Archachatina ventricosa*) et ont consisté à présenter les poids vifs et longueurs de coquilles des individus rencontrés dans le Parc National du Banco, de rechercher les stades de croissance et développement correspondants et de tirer les conclusions par rapport à la protection de ces espèces dans leur habitat naturel. Les résultats obtenus ont montré que les individus échantillonnés sont dans l'ensemble jeunes et matures, et donc aptes à la reproduction. Aussi, faut-il réduire le braconnage de ces escargots et penser de nouvelles stratégies de production, notamment l'achatiniculture.

MOTS-CLEFS: escargot, habitat, stade de croissance et développement, achatiniculture.

1 INTRODUCTION

L'escargot géant africain est une espèce animale qui entre dans l'alimentation de bon nombre de populations africaines ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]). En effet, ses qualités organoleptiques (chair tendre, savoureuse) et sa richesse en éléments minéraux (1,3%), en protéines (16,3 %), en matières grasses (0,8 %) et en eau (81,6%) font de l'escargot, un aliment très prisée depuis la Guinée jusqu'en Angola [10].

L'escargot est ramassé dans le milieu naturel (forêt notamment) par les populations riveraines pour leur propre consommation, mais surtout par les femmes à des fins commerciales. Il s'agit d'une pratique qui ne respecte pas de normes établies. En effet, tout escargot en vue est ramassé et ce, quelle que soit sa taille. C'est dire que la collecte de l'espèce en milieu naturel ne tient pas compte ni du stade de croissance de l'individu, ni de son stade de maturité. Qu'il soit jeune, adulte, reproducteur, etc. l'escargot est ramassé dès qu'il est aperçu.

Si le ramassage des escargots se fait de façon désordonnée, à terme, ces espèces pourraient tendre à disparaitre du milieu.

Dans cet article, nous présenterons les poids vifs et longueurs de coquilles des escargots rencontrés dans le Parc National du Banco qui est un milieu fortement soumis à cette pratique (ramassage d'escargots) et nous tirerons les conclusions quant à la possibilité pour les spécimens présents de se perpétrer ou de tendre à disparaitre.

Corresponding Author: Jean-Didié Memel

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Il s'agit des escargots appartenant aux espèces *Achatina achatina* Linné, 1758 (Figure 1) et *Archachatina ventricosa* Gould, 1850 (Figure 2), tous deux appartenant à la famille des Achatinidae.



Fig. 1. Achatina achatina (gros rouge)



Fig. 2. Archachatina ventricosa (gros noir)

2.2 MESURE DU POIDS VIF ET DE LA LONGUEUR DE COQUILLE

Pour la détermination du poids vif et de la longueur de coquille, nous avons utilisé respectivement une balance électronique et un pied à coulisse électronique.

Les spécimens rencontrés au cours de l'échantillonnage ont été pesés et leur longueur de coquille déterminée. Ensuite, ils ont été marqués à la peinture et remis dans le milieu.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les variations de poids moyens vifs et de longueurs moyennes de coquille en fonction des habitats ont été estimées à l'aide d'une ANOVA (analyse de la variance) et ont été comparées grâce au test de Duncan ($p<0,05$).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 POIDS VIF DES ACHATINIDAE SELON LES HABITATS (TABLEAU I)

Les poids moyens vifs des espèces *A. achatina* et *Arch. ventricosa* sont élevés à l'intérieur des habitats fermés (respectivement 191,6 ± 10,8 g et 147,9 ± 36,2 g) et faibles dans les habitats ouverts (respectivement 162,4 ± 38,2 g et 64,8 ± 60,9 g).

Les poids vifs déterminés à l'intérieur des habitats semi ouverts et ouverts ne présentent aucune différence significative ($p>0,05$). Cependant, ils diffèrent de ceux obtenus dans les habitats fermés ($p<0,05$).

3.2 LONGUEUR DE COQUILLE DES ACHATINIDAE SELON LES HABITATS (TABLEAU II)

La longueur de coquille de l'espèce *A. achatina* varie entre 121,9 ± 6,2 mm (habitats fermés) et 114,8 ± 5,6 mm (habitats ouverts). Concernant l'espèce *Arch. ventricosa*, les longueurs moyennes de coquille oscillent entre 86,9 ± 27,8 mm (habitats fermés) et 51,3 ± 25,8 mm (habitats ouverts).

Les longueurs de coquille de l'espèce *A. achatina*, obtenues à l'intérieur des différents types d'habitats, ne présentent aucune différence significative (p>0,05).

Concernant l'espèce *Arch. ventricosa*, la longueur moyenne obtenue à l'intérieur des habitats semi ouverts et celle obtenue dans les habitats ouverts, ne présentent aucune différence significative (p>0,05), mais diffèrent toutes de celle obtenue à l'intérieur des habitats fermés (p<0,05).

3.3 DISCUSSION

Les valeurs de poids moyen vif et de longueur moyenne de coquille des espèces *A. achatina* et *Arch. ventricosa* sont relativement faibles. Il s'agit, en effet, d'individus jeunes, mais mâtures. Ces valeurs sont proches de ceux de [11], [12] et [13]. Ces auteurs soutiennent, en effet, que les espèces *A. achatina* et *Arch. ventricosa* peuvent atteindre à l'âge adulte, des poids vifs respectifs de 680 g et 300 g. Ces valeurs de poids vifs, qui correspondent à des spécimens adultes, sont largement supérieures à celles obtenues pour les espèces rencontrées dans le Parc National du Banco. Il s'agirait donc d'individus jeunes. Cependant, ces taxons ont atteint l'âge de la maturité sexuelle et sont donc à même de procréer (reproducteurs).

En effet, les courbes de variation de poids vif et de longueur de coquille des Achatinidae en fonction du temps [14] montrent que ces spécimens ont plus de 24 mois d'âge. [15], [12], et [16] soutiennent que l'espèce *A. achatina* serait mâture entre 12 et 24 mois d'âge. Ces auteurs précisent également que l'espèce *Arch. ventricosa* atteint sa maturité entre 9 et 18 mois d'âge.

Sur cette base, les Achatinidae rencontrés dans le Parc National du Banco seraient des individus mâtures et donc capables de se reproduire. C'est le cas de l'espèce *A. achatina* qui, selon [15], aurait à 1 an d'âge, un nombre d'œufs par ponte qui augmente à partir de cette période et qui décroît par la suite (après 3 ans d'âge).

Tableau 1. Poids moyen vif des Achatinidae selon les habitats

	Poids moyen vif / hectare (g/ha)		
Espèces rencontrées	Habitat fermé	Habitat semi ouvert	Habitat ouvert
A. achatina	$191,6^{a} \pm 10,8$	$173^{b} \pm 62,4$	$162,4^{b} \pm 38,2$
Arch. ventricosa	$147,9^{a} \pm 36,2$	$76,2^{b} \pm 61$	$64,8^{b} \pm 60,9$

NB : Les valeurs moyennes de la même ligne et indexées de la même lettre, ne sont pas statistiquement différentes (p>0.05)

Tableau 2. Longueur moyenne de coquille des Achatinidae selon les habitats

	Longueur moyenne de coquille (mm/ha)		
Espèces rencontrées	Habitat fermé	Habitat semi ouvert	Habitat ouvert
A. achatina	$121,9^{a} \pm 6,2$	$117,2^{a} \pm 35,3$	$114,8^{a} \pm 5,6$
Arch. Ventricosa	$86,9^{a} \pm 27,8$	$56,5^{b} \pm 38,3$	$51,3^{b} \pm 25,8$

NB : Les valeurs moyennes de la même ligne et indexées de la même lettre, ne sont pas statistiquement différentes (p>0,05) Les écarts entre les poids vifs minimum et les poids vifs maximum, de même qu'entre les longueurs maximum et minimum de coquille des spécimens récoltés sont élevés. Cela pourrait laisser croire qu'il s'agit de populations d'Achatinidae constituées d'individus appartenant à des tranches d'âge différentes.

Les habitats exercent une influence sur le poids vif et sur la longueur de coquille des Achatinidae.

Pour les espèces *A. achatina* et *Arch. ventricosa,* les poids vif et longueur de coquille sont en général élevés à l'intérieur des habitats fermés. Plusieurs raisons pourraient justifier ce constat.

D'abord, on pourrait évoquer la disponibilité alimentaire qui est un facteur de croissance pondérale et coquillière. Les Achatinidae en effet, consomment une variété de végétaux sauvages, notamment les végétaux de forêt [17]. Ils consomment également la matière végétale en décomposition et peuvent être des coprophages [18]. Ensuite, on pourrait évoquer le

microclimat humide qui prédomine à l'intérieur de l'habitat fermé. En effet, le quotient pluviométrique Q déterminé à l'intérieur des habitats fermés (1067,25) est très élevé. Il s'agit d'habitats très humides, qui favorisent les activités des escargots, notamment la nutrition, facteur de croissance [19]. Enfin, la richesse minérale du sol pourrait expliquer ces tailles. En effet, l'absence de cultures (à l'intérieur des habitats fermés) ou sa rareté (à l'intérieur des habitats semi ouverts) permet aux sols de ces forêts de conserver leur richesse minérale qui profiterait aux escargots qui s'y trouvent. Aussi, pourrait-on évoquer un taux relativement moins élevé du "braconnage des escargots" à l'intérieur des habitas fermés et semi ouverts, par rapport aux habitats ouverts. Cela pourrait constituer une raison supplémentaire qui justifie la conservation des populations sauvages qui pourraient poursuivre leur croissance et conduire à des spécimens de tailles plus élevées.

4 CONCLUSION

La détermination du poids vif et de la longueur de coquille des Achatinidae a révélé qu'il s'agit en majorité de spécimens d'âge adulte et de spécimens jeunes, pour la plupart au stade de la maturité sexuelle, donc apte à se reproduire. La collecte de ces spécimens à ce stade de leur développement serait un frein à la pérennisation de ces espèces. Aussi, faudrait-il mettre en place des stratégies pour empêcher que ces espèces soient collectées par les populations. Cela passe non seulement par le renforcement des patrouilles de surveillance à l'intérieur du Parc, mais aussi, par le développement de nouvelles stratégies de production de l'espèce, notamment l'achatiniculture.

REMERCIEMENTS

Le premier auteur remercie les Professeurs N'guessan Emmanuel ASSEMIAN, N'goran Germain KOUAMÉ et Blayda TOHÉ, Enseignants-chercheurs à l'Université de Daloa (pour les deux premiers) et de l'Université Nangui Abrogoua (pour le dernier) pour la franche et fructueuse collaboration qu'ils ont eu ensemble au cours des travaux de recherches dans le Parc National du Banco.

REFERENCES

[1] E. A. Agbelusi and B. N. Ejidiké, "Utilization of the African giant snail Archachatina marginata in the humid area of Nigeria". *Trop. Agric*. (Trinitad) 69(1): pp. 88-92, 1992.

[2] A. S. Asamoah. *Ecology and status of the giant african snails in the Bia biosphere Reserve in Ghana.* Final report: *Ecological studies on the giant African snails*, pp.16-17, 1999.

[3] E. Sodjinou, *Analyse économique des filières des ressources alimentaires non conventionnelles au Bénin : cas de la filière des escargots géants africains dans les départements de l'Atlantique et du Littoral*. Thèse d'Ingénieur agronome, FSA/UNB, Ab-Calavi, 2000.

[4] E. Sodjinou, G. Biaou and J. C. Codjia, "La cueillette des escargots géants africains (achatines) dans le village Avakpa au sud du Bénin". *Bulletin de la Recherche Agronomique* 31: pp. 11-22, 2001.

[5] E. Sodjinou, G. Biaou and J. C Codjia, "Caractérisation du marché des escargots géants africains (achatines) dans les départements de l'Atlantique et du Littoral au Sud-Bénin". *Tropicultura* 20(2): pp. 83-88, 2002.

[6] S. Ekoué and K. Kuevi-Akue, "Enquête sur la consommation, la répartition et l'élevage des escargots géants au Togo". *Tropicultura* 20 (1), pp. 17-22, 2002.

[7] R. Dafem, F. Ngoula, A. Teguia, A. Fenfack and J.Tchoumboue, "Performances de reproduction de l'escargot géant africain (Archachatina marginata) en captivité au Cameroun". *Tropicultura* 26(3), pp. 155-158, 2008.

[8] O.M. Agodigi and B.C. Okonta, "Reducing poverty through snail farming in Nigeria". *Agriculutre and Biology Journal of North America* 2, pp. 169-172, 2011.

[9] E.T. Freeman: *Improved snail farming*. Forestry Development Authority, Rep. Liberia/F.A.O., iv, 2013.

[10] J. Hardouin, C. Stiévenart and J.T.C. Codja., *L'achanitiniculture*. FAO Corporate Document repository. FAO/org/docrep/V6200T/v6200TOb.htm (1995).

[11] J. M. Plummer, "Observations on the reproduction, growth and longevity of a laboratory colony of *Archachatina marginata* (Swaison) sub-species ovum". *Malacological Society*, 41, pp. 395- 413, 1975.

[12] E. Waitkuwait, *Nützungsmöglichkeiten der Westafricanischen Riesenschnecken (Achatinidae)*. Rapport LACENA / GTZ, 1987.

[13] A. Otchoumou, *Effet de la teneur en calcium d'aliments composés et de la photopériode sur les performances biologiques chez trois espèces d'escargots Achatinidae de Côte d'Ivoire élevées en bâtiment*. Thèse d'Etat ès sciences naturelles, mention biologie et écologie animale. Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), 2005.

[14] J. K. M. Hodasi, "Life history studies of *Achatina achatina* (Linné)". *Journal of Molluscan Studies*, 45, pp. 328-339, 1979.

[15] E. S. Upatham, K. Maleeya and B. Viroon, "Cultivation of the giant African snail, *Achatina fulica"*, *Journal of scientifical society of Thailand*, 14, pp. 24-40, 1988.

[16] A. Otchoumou, M. Dupont-Nivet and H. Dosso, "Les escargots comestibles de Côte d'Ivoire : Effet de quelques plantes, d'aliments concentrés et de la teneur en calcium alimentaire sur la croissance d'*Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) en élevage hors sol en bâtiment*"*. *Tropicultura*, 22 (3), pp. 127-133, 2004a.

[17] J.K.M. Hodasi, "Some observations on the edible giant snail of West Africa", *World Animal Review*, 52, pp. 24-28, 1984.

[18] N. Takeda and T. Ozaki, "Induction of locomotor behaviour in the giant African snail, *Achatina fulica", Comparative Biochemistry and Physiology,* 83A, pp. 77-82, 1986.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 813-823
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

POLITIQUE FISCALE ET ATTRACTIVITE DES INVESTISSEMENTS DIRECTS ETRANGERS EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE

MARCEL SENGA PESSE

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 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: One of tools that use governments to reach the objective of the population well-being stays the expenses that they hire in the different country socioeconomic sectors. To reach it, in a side, the governments must mobilize the necessary returns to finance these expenses. In other side, they must encourage the foreign direct investments in the goal to increase the internal productivity. The aim of this paper is to value in what measure the foreign direct investments are sensitive to the tax system. We used decomposition method and error correction method in panel data to reach this aim. The results show that in all countries except Niger, the tax system causes in Granger sense the FDI. It shows that these countries understood that to attract FDI, best is to apply a fiscal politicy that encourages foreign investments. Tax system influences the fluctuations of the FDI negatively. Increase 1% in tax rate, the FDI decrease 0,48% in long term and 0,61% short-term. This result shows that the variation of FDI for these countries is very sensitive to the tax system.

KEYWORDS: Fiscal politicy, foreign direct investments, causality, error correction model.

RESUME: L'un des outils que les gouvernements utilisent pour atteindre l'objectif du bien-être de la population demeure les dépenses qu'ils engagent dans les différents secteurs socio-économiques du pays. Pour y parvenir, d'un côté, les gouvernements doivent mobiliser les recettes nécessaires pour financer ces dépenses. De l'autre côté, ils doivent encourager les investissements directs étrangers dans le but d'accroître la productivité interne. L'objet de ce papier est d'évaluer dans quelle mesure les investissements directs étrangers sont sensibles à la fiscalité. Pour y arriver, nous avons fait recours à la méthode de décomposition et à la méthode de correction d'erreur en panel. Les résultats obtenus montrent que dans tous les pays sauf le Niger, la fiscalité cause au sens de Granger les IDE. Cela montre que ces pays ont compris que pour attirer les IDE, le mieux est d'appliquer une politique fiscale qui favorise les investissements étrangers. La fiscalité influence négativement les fluctuations des IDE. A chaque augmentation de 1% de taux d'imposition, les IDE diminuent de 0,48% en long terme et de 0,61% à court terme. Ce résultat montre que la variation des IDE pour ces pays est très sensible à la fiscalité.

MOTS-CLEFS: Politique fiscale, investissements directs étrangers, causalité, modèle de correction d'erreur.

1 INTRODUCTION

La mondialisation croissante des économies et des sociétés pousse à prendre de plus en plus en compte l'impact de la fiscalité sur les flux internationaux de capitaux et de revenus issus du capital entre les pays. Ainsi, au lendemain des indépendances, les pays d'Afrique se sont véritablement investis dans de vastes chantiers de réformes économiques et sociales.

Devant un secteur privé pratiquement inexistant, les pouvoirs publics ont fait le choix d'intervenir dans les secteurs productifs à travers les sociétés d'Etat. Mais, au début de la décennie 80, les nombreux dérapages constatés dans la gestion des sociétés d'Etat, dans un environnement marqué par la montée de la crise économique ont amené l'Etat à reconsidérer sa

présence dans les secteurs productifs. Dans cette démarche, le secteur privé et les investissements directs étrangers se présentaient comme une alternative intéressante à travers la politique de privatisation.

Les responsables politiques se trouvent devant un dilemme. Ils doivent faire face dans ce domaine à de nombreux problèmes complexes qui sont notamment les suivants : dans quelle mesure l'IDE est-il sensible à la fiscalité ? Comment la planification fiscale intervient-elle ? Quels sont les principaux déterminants de l'investissement direct de l'étranger ? Comment les pays ont-ils réagi aux pressions visant à faire baisser les impôts sur l'IDE ?

D'un côté, le renforcement de l'attractivité est devenu un objectif explicite de politique économique dans tous les pays. En effet, presque tous les gouvernements sont désireux d'attirer l'investissement direct étranger (IDE). Celui-ci peut générer de nouveaux emplois, apporter de nouvelles technologies et, plus généralement, promouvoir la croissance et l'emploi. L'augmentation nette du revenu intérieur qui en résulte est partagée par le secteur public par l'imposition des salaires et bénéfices des sociétés sous contrôle étranger et éventuellement par le biais d'autres impôts sur les entreprises (par exemple l'impôt foncier). L'IDE peut aussi avoir une incidence positive sur le revenu intérieur du fait de ses retombées, telles que l'instauration de nouvelles technologies et la valorisation du capital humain (des qualifications). Étant donné ces avantages potentiels, les décideurs réexaminent continuellement leurs réglementations fiscales de manière à faire en sorte que leur pays soit attrayant pour l'investissement de l'étranger. Les politiques fiscales peuvent également apporter un soutien à l'investissement direct à l'étranger, dans la mesure où cet investissement peut être efficace pour assurer l'accès à des marchés étrangers et la réalisation d'économies d'échelle, se traduisant par une augmentation du revenu intérieur net.

D'un autre, les gouvernements s'efforcent continuellement de concilier le désir d'offrir à l'IDE un environnement fiscal compétitif et la nécessité de faire en sorte qu'une part suffisante de l'impôt national soit prélevée sur les multinationales.

Ce papier se propose de déterminer dans quelle mesure l'IDE est-il sensible à la fiscalité.

Pour arriver à notre fin, nous devons situer notre analyse. En effet, les études portant sur l'IDE s'organisent en trois niveaux [7]. Le premier niveau consiste à déterminer les facteurs qui influencent le choix de l'entreprise quant à l'arbitrage exportation / délocalisation de la production, le deuxième niveau cherche à faire apparaître les déterminants du choix de la localisation des investissements, enfin le troisième niveau vise à reconnaître les facteurs influant sur le montant de l'investissement une fois la localisation choisie.

La majeure partie de la littérature sur les IDE porte sur les premier et troisième niveaux. Ces analyses sont effectuées soit en coupes, soit en séries temporelles de données agrégées (panel de pays). Par exemple, dans leurs travaux empiriques de 1998 sur les pays développés, Devereux et Griffith évaluent l'impact de la fiscalité et de l'effet demande sur l'investissement direct et trouvent un impact négatif de la fiscalité sur l'investissement ainsi qu'un effet important de la demande sur le marché cible. Buttner en 2003 appliquent la même méthode empirique que Devereux et Griffith à des données individuelles allemandes et montrent qu'une augmentation du taux effectif moyen de 10 points de pourcentage conduit à une baisse de probabilité d'investissement de 12.5%.

Dans la présente étude, tout en retenant un cadre d'analyse proche de ces deux travaux, la démarche empirique sera approfondie à plusieurs égards. Tout d'abord, il apparaît indispensable de prendre en compte, parallèlement aux impôts et à l'impact de la demande, l'emploi des recettes fiscales et la fourniture de biens publics qui peuvent justifier et nuancer l'impact de niveaux d'imposition élevés. Par ailleurs, les deux travaux cités ci-haut considèrent implicitement la linéarité de la relation entre fiscalité et IDE. Ici nous montreront que la prise en compte de la non-linéarité est importante pour la spécification du modèle.

La suite de ce papier se présente comme suite : le second point sera consacré à la empirique entre la fiscalité et les IDE, c'est au troisième point que nous allons présenter les faits stylisés. Le quatrième point sera consacré à la méthodologie et le dernier point aux résultats.

2 REVUE EMPIRIQUE

La littérature empirique sur les effets de l'imposition est résumé par la méta analyse de [6] qui reportent une semi-élasticité des investissements directs étrangers aux taux d'imposition de -3,3. [6] effectuent une revue de la littérature sur l'impact de l'imposition des sociétés sur l'allocation des IDE. Ils rassemblent 25 études afin d'effectuer une méta-analyse et trouvent donc qu'une baisse d'un point de pourcentage du taux d'imposition dans le pays d'accueil provoque une hausse du flux d'IDE de 3.3%. Les résultats des différentes études dépendent des données (IDE, taux d'imposition…). Cependant, nous pouvons noter qu'ils ne trouvent pas de différence dans la réponse selon le système d'imposition : crédit ou exemption d'impôt.

Les dernières contributions ([1] et [7], [8]) confirment ces résultats. [1] montrent qu'une fiscalité des sociétés relativement élevée décourage l'entrée d'IDE même quand des variables de gravité et de fourniture de biens publics sont prises en compte. Par conséquent, bien que le potentiel de marché joue un rôle, le taux d'imposition est un élément significatif expliquant les flux d'IDE. Le signe de l'écart entre le taux d'imposition du pays domestique et celui du pays étranger joue également un rôle sur le flux d'investissements. En effet, des taux d'imposition inférieurs dans le pays receveur n'attirent pas d'investissement alors que des taux supérieurs découragent les nouvelles entrées d'IDE. De plus, l'impact du différentiel de taux dépend du régime fiscal (crédit ou exemption) en vigueur dans le pays d'origine.

[5] regardent les déterminants des IDE dans les pays d'Europe Centrale et Orientale (PECO). Les déterminants traditionnels tels que le potentiel de marché, le faible coût relatif du travail, la dotation relative en facteurs ont des effets plausibles. [3] ne trouvent pas de preuves de relocalisation des IDE dans les PECO. [2] trouvent que le risque pays, le coût du travail unitaire, la taille de marché du pays d'accueil et les facteurs de gravités déterminent les IDE. [10] trouvent que les flux d'IDE en provenance des pays développés vers les pays émergents dépendent de la taille de marché, de la distance et du risque pays accueillant et la croissance économique. Aucune de ces études ne traitent de la fiscalité ou ne trouvent des résultats significatif de l'impôt sur les IDE. [11] estiment une semi-élasticité de -2.93 pour les pays des PECO à l'aide d'un panel de 35 relations bilatérales sur la période 1999-2002. Au niveau européen, [11] suggèrent que les flux d'investissements intra-européen sont plus sensibles aux différentiels de taux que les flux continentaux.

3 INVESTISSEMENTS DIRECTS ÉTRANGERS DANS LES PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT

3.1 QUELQUES ÉVOLUTIONS

Les investissements directs étrangers ont représenté la plus importante part des entrées de capitaux privés étrangers dans les Pays Moins Avancés (PMA) durant la décennie 2004-2013, (Rapport UNCTAD de 2014). De 2009 à 2013, les flux d'IDE ont été inférieurs à l'aide publique au développement multilatéral, mais supérieur à l'aide publique bilatérale. Dans treize de ces pays, les IDE ont progressé sur la période 1990-2009 alors que l'aide publique au développement bilatéral a diminué. En 2012, le volume, des IDE dans les PMA est évalué à 24 milliards de dollars US, soit 2% des IDE totaux dans le monde et 5% des IDE entrant dans les pays en développement, contre 7,1 milliards de dollars en 2004 (0,9% des IDE totaux). Ces flux d'investissements ont connu un taux de progression annuel de 15% sur la période 2004-2013, bien qu'on ait enregistré des baisses en 2008 et 2009 sans doute liées à l'actuelle crise économique internationale. Malgré ces données relativement très faibles, ces investissements représentent dans certains pays une part très importante des investissements totaux, par exemple 43% au Niger sur la période 2004-2013. En Afrique de l'Ouest, le volume des IDE a constamment progressé durant ces dernières décennies. Ainsi par exemple, leurs niveaux ont été aux années 2004, 2007 et 2013 respectivement de 0,4 ; 1,6 et 2,7 milliards de dollars US. Les deux grands bénéficiaires de ces flux sont le Nigéria et le Ghana, suivant la tendance générale des mouvements des investissements directs étrangers dans les PMA qui vont en grande partie dans l'exploration et l'exploitation de ressources naturelles (pétrole et minerais) seulement une faible partie concerne les secteurs manufacturier et tertiaire, contrairement aux IDE entrant dans les PMA asiatiques où le secteur tertiaire (les télécommunications et l'énergie) est très attractif. Les flux en direction du secteur industriel ont même régressé dans certains pays du fait de l'instabilité politique, du manque d'infrastructures et d'un environnement peu favorable aux gros investissements. Les IDE en provenance des pays d'Europe constituent les plus importantes sources de financement des pays africains, en particulier ceux de l'ASS. Cependant, l'intérêt des investisseurs des pays émergents, comme l'Inde, la Chine, le Brésil, des pays du golf arabique et de l'Afrique du Sud, sur les PMA a apporté un changement dans cette configuration en jouant un rôle important dans le financement des investissements dans les PMA africains. Ces flux en provenance de pays en développement ont énormément cru dans ces dernières décennies, en touchant tous les secteurs économiques, y compris un secteur qui n'intéressait jusque-là pas les investisseurs étrangers, comme l'agriculture vivrière industrielle qui est destinée à l'exportation vers les pays d'origine des investisseurs. En outre, les IDE ont aussi progressé dans le domaine agricole avec la montée des projets destinés à la production de biocarburants opérés notamment par des entreprises européennes.

Plus précisément, les investissements de la Chine vers les PMA sont passés de 45 millions de dollars US en 2006 à 981 millions en 2010 ; ceux de l'Inde sont évalués à 80 millions de dollars en 2007. Les investissements de la Chine à l'étranger se caractérisent par le fait qu'ils sont publics et contribuent à renforcer les liens commerciaux entre ce pays et les pays bénéficiaires. Au niveau intra régional, les flux d'IDE restent encore très faibles malgré l'existence de multitude d'organisations sous-régionales de coopération économique. Les échanges d'IDE sous-régionaux représentent 5% des IDE totaux entrant au niveau continental. L'Afrique du Sud reste le premier investisseur du continent, loin devant les pays d'Afrique du Nord. Les secteurs d'investissement sont l'agroalimentaire, mais surtout les services (financiers) et les télécommunications. En Afrique de l'Ouest, le Nigéria aussi joue de plus en plus le rôle d'un grand investisseur sous-régional.

3.2 INVESTISSEMENTS DIRECTS ÉTRANGERS DANS L'AFRIQUE SUBSAHARIENNE

Nous présentons ci-dessous graphiquement l'évolution des IDE en flux nets et en stock des pays d'ASS. Les données proviennent de la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le développement de 2014.

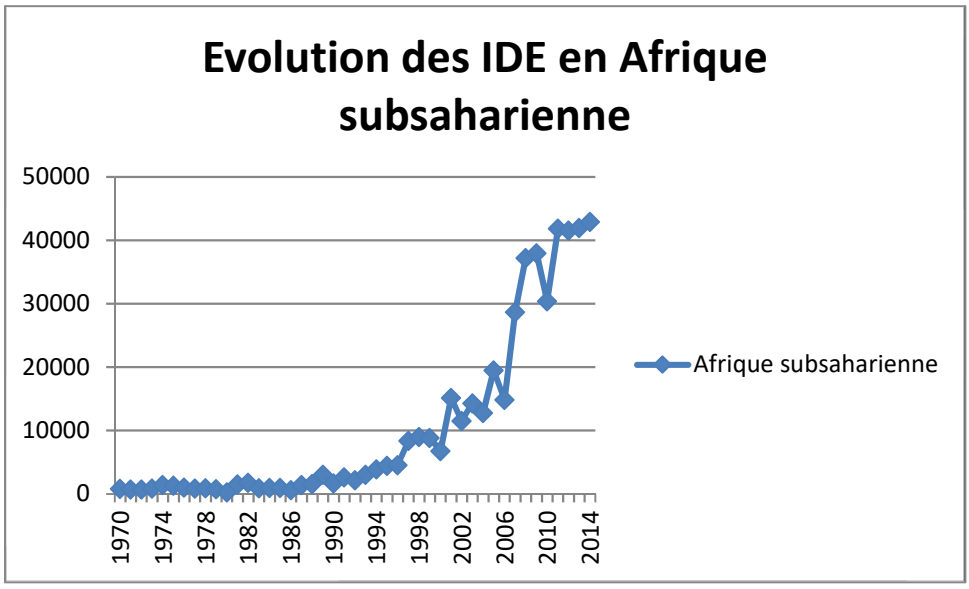


Fig. 1. Evolution des IDE

L'observation des graphiques montre une croissance relativement continue des stocks d'investissements directs étrangers dans les pays. Cette augmentation commence vers les années 1990. Passant de 638 millions de dollars en 1986 à 1658 millions en 1990 avant de passer à 4438 millions en 1995 et à 6767 millions en 2000. Cette tendance haussière va continuer avant de connaitre une chute en 2008 et 2009 suite à la crise économique qui a frappé le monde en 2009.

4 MÉTHODOLOGIE

Deux méthodes seront empruntées dans ce chapitre. Nous allons utiliser d'abord la méthode de décomposition de Geweke de 1982 pour étudier les liens de causalité entre la fiscalité et les IDE dans les 12 pays de l'ASS et en suite la méthode de correction d'erreur en panel pour savoir les relations qui existent en long terme et en court terme entre la fiscalité et les IDE en ASS.

4.1 LA MÉTHODE DE DÉCOMPOSITION DE GEWEKE

Cette approche va nous permettre de mesurer la dépendance, selon laquelle la dépendance linéaire entre deux séries, X et Y par exemple, peut être évaluée par la somme de la causalité de X vers Y, la causalité de Y vers X et la causalité instantanée entre X et Y. D'après notre connaissance, aucune des études portant sur la relation entre finance et croissance en Afrique subsaharienne n'a employé cette méthode jusque-là. Ainsi, nous pourrons tester la causalité linéaire entre la fiscalité et les IDE mais aussi la dépendance et la causalité instantanée. Ce chapitre étudie le sens de causalité au sens de [12] entre les deux variables en utilisant des données en série temporelle. Les méthodes économétriques généralement employées dépendent des tendances des séries en étude. L'observation graphique des séries temporelles permet d'avoir une première idée sur leur stationnarité et ainsi de comparer leur évolution dans le temps. La théorie de la cointégration développée par [9] nous permet de déterminer si deux variables suivent des évolutions identiques, c'est-à- dire si elles sont cointégrées ou non. Suivant [18], les statistiques utilisées ne suivent plus la loi standard pour des tests d'hypothèse sur des modèles VAR en niveau si les variables sont intégrées. Si par exemple les variables économiques sont cointégrées d'ordre 1, notées I (1), alors un modèle VAR en différence première doit être utilisé afin que la loi standard soit valable sur les tests d'hypothèse de ce modèle. Dans le cas de variables intégrées mais non cointégrées, un modèle à correction d'erreur peut être spécifié pour la réalisation de ces tests. Par conséquent, des tests de racine unitaire et de cointégration doivent être réalisés au préalable afin de spécifier le modèle VAR sur lequel l'inférence statistique peut êre applicable pour tester des restrictions sur les coefficients de ce modèle. [17] ont

proposé une méthode qui permet de réaliser des tests de restrictions sur des modèles VAR en niveau en présence de variables intégrées ou cointégrées. Ils montrent qu'en présence de variables intégrées d'ordre différent, les tests de restriction peuvent être effectués en niveau sur un modèle VAR ayant un ordre égal à l'ordre du modèle en niveau augmenté du plus grand ordre d'intégration des séries. Par exemple, si X est intégré d'ordre n et Y intégré d'ordre m avec n < m, alors le modèle VAR en niveau correspondant est d'ordre q = p + m. Les auteurs ont montré que ce modèle peut être utilisé pour tester des restrictions portant sur les p coefficients. Dans la détermination de la causalité au domaine temporel, nous utiliserons cette dernière procédure pour la détermination de notre modèle VAR si les variables d'étude de notre modèle d'intérêt ne sont pas toutes intégrées du même ordre.

En effet, cette méthode permet de mesurer les causalités unilatérales, c'est-à-dire d'une variable vers une autre, mais aussi la causalité bilatérale et instantanée.

4.2 TEST DE COINTEGRATION EN PANEL

La littérature sur les tests de cointegration en panel est récente et se développe d'une manière très rapide. [14] ont fournit une présentation détaillée des divers tests.

Le premier ensemble de tests de cointégration basés sur les résidus dans les modèles des données de panels repose sur l'hypothèse nulle d'absence de cointégration comme il a été suggéré dans la littérature des séries chronologiques. On distingue deux cas ; dans le premier on suppose que les coefficients des variables sont communs pour tous les membres du panel, et dans le second cas on suppose que ces coefficients sont différents. On fait ainsi l'hypothèse de l'hétérogénéité du panel.

Kao en 1999 a proposé de tester la présence de cointégration tout en utilisant un test du type ADF. Il présente le modèle de la régression fallacieuse dans les données de panels et examine les propriétés asymptotiques des moindres carrés avec variables muettes. Il présente également les tests de cointégration en panel basés sur les résidus de la régression. La particularité de ce modèle est qu'il teste la présence de cointégration pour chaque coupe transversale du panel sous recourt à l'hypothèse de l'indépendance entre les groupes.

Le test ADF est construit à partir de la régression des résidus différenciés. L'hypothèse nulle d'absence de cointégration pour chaque valeur de i est évaluée par la moyenne des tests ADF individuels.

Une approche alternative a été développée par [13] qui s'appuie sur la moyenne en coupe transversale des statistiques. Ils présentent sept tests statistiques pour tester l'hypothèse nulle de non cointégration dans les données de panel.

De nombreuses études, à partir de ces différents tests, ne parviennent pas à rejeter l'hypothèse nulle d'absence de cointegration même si la cointegration entre les variables est fortement suggérée par la théorie économique. Une des explications de cette difficulté résiderait dans le fait que les tests de cointégration, aussi bien sur les données individuelles que sur un panel, basés sur les résidus exigent que les paramètres de long terme des variables en niveau soient égaux aux paramètres de court terme des variables en différence. [14] considèrent cela comme un facteur de restriction et ont montré que cette insuffisance peut causer une perte significative de puissance des tests de cointegration basées sur les résidus.

L'idée est de tester l'hypothèse nulle de non cointegration en vérifiant si le terme de correction d'erreur dans le modèle à correction d'erreur construit à cet effet est significativement égal à zéro. Les quatre tests sont normalement distribués et accommodent assez bien les dynamiques individuelles de courtes période, les tendances, les paramètres spécifiques aux individus et les dépendances intra individus. Les deux premiers test permettent de tester l'hypothèse nulle d'absence de cointegration contre l'hypothèse alternative selon laquelle le panel dans son ensemble est cointegré alors que les deux derniers test testent l'alternative d'existence d'un individu pour lequel les variables sont cointegré.

Nous adoptons le test de cointegration pour tester l'existence d'une relation de long terme entre la fiscalité et les IDE dans notre panel.

4.3 MODÉLISATION

Dans le premier sous point, nous allons présenter le modèle de décomposition de Geweke tandis que le modèle économétrique de correction d'erreur sera présenté au second sous point.

4.3.1 MÉTHODE DE DÉCOMPOSITION DE GEWEKE

Par définition, la variable X cause la variable Y au sens de Granger si la projection linéaire de Y_t sur ses propres valeurs passées $\{Y_{t-1}, Y_{t-2}, ...\}$ est meilleure, en termes de minimisation de la variance, en utilisant les valeurs passées de X et celles de Y , au lieu de celles de Y uniquement.

La causalité au sens de Granger peut donc formellement être définie à travers la variance des erreurs de projection. Dans le cas de la causalité entre X et Y, l'inéquation suivante est vérifiée si X cause Y ([12]) :

$\sigma^2(Y/I) < \sigma^2 (Y/I - X)$

où $\sigma^2(Y/I)$ est la variance des erreurs de projection de Y en utilisant les informations contenues dans les valeurs passées de X et Y et $\sigma^2 (Y/I - X)$ la variance des erreurs de projection en utilisant uniquement les informations contenues dans les valeurs passées de Y, I est l'information contenue dans X et Y et I − X est celle contenue uniquement dans Y .

La méthode que nous employons est différente de tests de causalité standard de Granger car les mesures de causalité que nous calculons ici sont indépendantes de toute transformation linéaire.

La causalité bilatérale, ou feedback, est un concept étendu de la causalité standard de Granger. Il y a un feedback entre deux variables ou vecteurs s'il existe une causalité dans les deux sens entre ces variables ou vecteurs.

Formellement, nous avons les deux inégalités définissant les deux causalités unilatérales, comme établies par [12],

$\sigma^2(X/I) < \sigma^2 (X/I - Y)$

$\sigma^2(Y/I) < \sigma^2 (Y/I - X)$

Un des avantages de la mesure du feedback sur une simple mesure de la causalité est que nous prenons explicitement en compte la possibilité d'existence de causalité instantanée. Dans le cas d'une simple mesure de causalité unilatérale à la Granger on teste seulement l'hypothèse nulle d'exogénéité des variables contre l'hypothèse alternative de la causalité au sens de Granger.

Geweke propose une technique simple de calcul de la causalité et de décomposition du feedback en trois parties : la causalité de X vers Y, celle de Y vers X et la causalité instantanée entre X et Y . Dans le cas de relation non linéaire entre X et Y, Geweke montre aussi comment la causalité se décompose en fréquence à partir de l'analyse spectrale.

Du point de vue méthodologique, il est important d'insister sur la définition de la causalité telle qu'elle est définie ici afin de bien préciser la portée des études causales dans les investigations empiriques. Un test de causalité, techniquement, permet de prendre en compte uniquement quelques variables explicatives. Ce qui pourrait conduire à une augmentation des risques relatifs aux inconvénients liés aux variables omises et donc à une spécification incorrecte des relations entre les variables endogènes et exogènes. Cependant la causalité en économétrie n'établit pas une relation fonctionnelle entre les variables exogènes et endogènes et ne signifie pas strictement une réelle causalité économique, voir [10] pour un développement sur ce point. Elle peut toutefois permettre d'améliorer les prévisions et aider à prendre des décisions économiques. Par exemple, supposons que la variable X cause Z avec un retard et qu'en même temps X cause Y avec deux retards. Si nous étudions la causalité sur les variables Z et Y nous trouverions que Z cause Y. Cela serait alors une erreur d'appréciation en matière de politique économique parce que nous ne pouvons pas influencer Y avec l'instrument Z. Le lien entre la causalité économique et économétrique change suivant les variables d'intérêt.

4.3.2 MODÈLE DE CORRECTION D'ERREUR EN PANEL

Ce chapitre constitue le carrefour des chapitres que nous avons présentés précédemment. Il est, en fait, question dans ce point non seulement de vérifier la relation fiscalité et les IDE en ASS, mais aussi de présenter les déterminants des IDE en ASS tout en retenant la fiscalité comme le facteur principal. Nous reprenons le modèle que nous avions retenu au chapitre 3 de cette thèse en y ajoutant la variable politique économique (la fiscalité). Le modèle retenu dans ce chapitre était :

$IDE_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 Y_{it} + \beta_3 Z_{it} + \eta_{it}$

Soit IDE le stock désiré d'IDE dans le pays i et au temps t; il est fonction à la fois du vecteur des indicateurs macroéconomiques X_{it}, du vecteur des indicateurs socio-économiques Y_{it} et du vecteur des variables institutionnelles Z_{it} dans le pays i et au temps t; et d'un terme aléatoire η_{it}.

Les variables macroéconomiques retenues sont le PIBH et l'ouverture commerciale (OUV), les variables socioéconomiques sont le capital humain (CH) et la puissance démographique (POP) et la variable institutionnelle est l'institution (INST). De ce modèle, nous ajoutons la variable qui capte la politique fiscale F_{it}. Le modèle devient alors :

$IDE_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 Y_{it} + \beta_3 Z_{it} + \beta_4 F_{it} + \eta_{it}$

En faisant l'hypothèse que les variables seront toutes stationnaires à la différence première ou cointégrées d'ordre 1, ce modèle deviendra :

$D(IDE)_{it} = \beta_0 + \beta_1 D(X)it + \beta_2 D(Y)it + \beta_3 D(Z)it + \beta_4 D(F)it + \alpha_1 X_{it} + \alpha_2 Y_{it} + \alpha_3 Z_{it} + \alpha_4 F_{it} + \phi_1 IDE + \eta_{it}$

Dans ces conditions β_j représente les élasticités de court terme alors que les ratios α_j / ϕ_1 représentent les élasticités de long terme. a_3 étant le terme de correction d'erreur dont la négativité et la significativité statistique valident le modèle à correction d'erreur.

5 RÉSULTATS D'ANALYSE

Ce point sera subdivisé en deux grands sous points. Dans le premier point, nous allons présenter les résultats de causalité. C'est dans le second point qu'ils seront présentés les résultats de la correction d'erreur en panel.

5.1 RÉSULTATS D'ANALYSE DE CAUSALITÉ ENTRE LA FISCALITÉ ET LES IDE

Tableau 1a : Test de causalité dans les pays

TESTS	CAMER	RCA	CONGO	COTE D'I	RDC	GABON
$C_{IDE \Rightarrow FISC}$	1,4	14,6***	0,53	17,3***	3,6*	13,2***
$C_{FISC \Rightarrow IDE}$	5,8***	6,1***	22,4***	4,2**	9,2***	4,23**
$C_{IDE,\ FISC}$	12,5	38,9	51,6	83,6	15,9	82,4*
$C_{IDE,\ FISC}^{k}$	100***	100***	100***	100***	100***	100***

Tableau 1b : Test de causalité dans les pays

TESTS	GHANA	KENYA	MALI	NIGER	SENEGAL	SUD AFR
$C_{IDE \Rightarrow FISC}$	0,21	6,21***	2,0	4,4**	12,8***	1,6
$C_{FISC \Rightarrow IDE}$	22,1***	5,16***	11,5***	1,22	5,4***	14,3***
$C_{IDE,\ FISC}$	71,6**	89,7**	66,1	57,6	34,8	79,7**
$C_{IDE,\ FISC}^{k}$	100***	100***	100**	100***	100***	100***

Source : les calculs de l'auteur

Notes: l'hypothèse nulle est l'absence de causalité. Les étoiles donnent le niveau de significativité du rejet de l'hypothèse nulle. Les nombres sont les statistiques de test.

$C_{IDE \Rightarrow FISC}$ représente l'hypothèse nulle de non causalité des IDE par la fiscalité,
$C_{FISC \Rightarrow IDE}$ représente l'hypothèse nulle de non causalité de la fiscalité par les IDE,
$C_{IDE,\ FISC}$ représente la non causalité instantanée entre le les IDE et la fiscalité,
$C_{IDE,\ FISC}^{k}$ représente la non dépendance entre le les IDE et la fiscalité,
, ** et * sont les significativités aux niveaux de 10%, 5% et 1%, respectivement.*

De la lecture de ces résultats, nous pouvons retenir une causalité bidirectionnelle en RCA, COTE D'IVOIRE, RDC, GABON, KENYA et SENEGAL. Sur les 12 pays que compose notre panel, il est démontré une relation en deux sens en termes de causalité entre les IDE et la fiscalité dans 6 pays. Comme pour capter la fiscalité nous avons utilisé les recettes fiscales, ce double causalité montre que ces pays appliquent une politique qui attire les IDE et permet à ces pays d'accroître les assujettis.

Ces résultats montrent aussi que dans tous les pays sauf le Niger, la fiscalité cause au sens de Granger les IDE. Cela montre que ces pays ont compris que pour attirer les IDE, le mieux est d'appliquer une politique fiscale qui favorise les investissements étrangers.

L'existence de causalité instantanée entre la fiscalité et les IDE remarquée au GABON, GHANA, KENYA et AFRIQUE DU SUD peut indiquer que ces deux variables interagissent dans le court terme et la causalité bidirectionnelle s'effectue dans la même période entre ces deux variables.

5.2 RÉSULTATS DE CORRECTION D'ERREUR EN PANEL

5.2.1 TESTS DE RACINES UNITAIRES

Le tableau ci-dessous en appliquant les différents tests de racines unitaires évoqués au quatrième chapitre présente les résultats de racines unitaires.

Tableau 2 : Les résultats des tests LL, IPS et Fisher

	Levine Lin		IPS		Fisher	
	Constante	Const & trend	Constante	Const & trend	Constante	Const & trend
IDE	-0,22	-0,59	-1,07	-0,33	-1,14	-0,99
PIBH	-1,31	-1,05	-0,99	-0,58	-1,78	-2,71*
OUV	-0,07	-0,11	-0,56	-0,12	-0,49	-0,17
CH	-0,98	-0,76	-1,44	-1,55	-1,99	-1,49
POP	-2,08	-1,10	-1,84	-0,97	-1,08	-1,29
INST	-0,81	-0,89	-1,22	-0,59	-1,99	-1,07
FISC	-0,59	-0,12	-1,17	-1,53	-1,61	-1,74
D(IDE)	-2,79**	-5,10***	-3,21***	-6,14***	4,17***	3,98***
D(PIBH)	-6,22***	-9,47***	-2,12*	-5,19***	-1,81	-2,63**
D(OUV)	-3,21***	-7,06***	-2,03*	-4,39***	-3,01**	-5,81***
D(CH)	-2,99**	-5,81***	-3,06**	-4,92***	-1,99*	-3,11**
D(POP)	-1,53	-2,07*	-1,67	-3,29***	-1,06	-2,01*
D(INST)	-2,98**	-5,58***	-3,02**	-6,74***	-1,97*	-3,90***
D(FISC)	-1,41	-2,19*	-1,65	-2,47**	-1,73	-2,96**

Source : les calculs de l'auteur

(***), (**) et (*) montrent que l'hypothèse nulle correspondante peut être rejetée respectivement à 1%), 5% ou 10%. (D) indique l'opérateur différence première.

Pour les ces variables, l'hypothèse nulle d'absence de racine unitaire n'a pu être rejetée en niveau. En différence première cette hypothèse est rejetée pour l'ensemble des variables d'analyse. Les tests utilisés confirment ces résultats. En conclusion les séries en panel sont toutes intégrées d'ordre 1.

5.2.2 TEST DE COINTÉGRATION

Le test de cointégration proposé par Persyn et Westerlund en 2008 a été réalisé sur la série en deux étapes. A la première étape, le test ne permettait pas de rejeter l'hypothèse nulle. La deuxième étape, qui contrôle l'auto corrélation des erreurs en réalisant un bootsrap des valeurs critiques pour obtenir des statistiques robustes a permis d'obtenir les résultats résumés dans le tableau 3. Ces résultats suggèrent que l'hypothèse de non cointegration peut être rejetée au seuil de 10% pour les deux premières statistiques (Gt et Ga)de Westerlund et au seuil de 5% pour les deux dernières statistiques.

Tableau 3: Résultat des tests de Westerlund sur le panel

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
GT	-1,213	-1,12	0,138	0,102
GA	5,221	0,407	0,603	0,096
PT	5,86	1,519	0,078	0,032
PA	7,02	0,814	0,285	0,047

Source: les calculs de l'auteur

En conclusion, les variables que nous avons considérées dans ce chapitre entretiennent des relations de long terme. Ce qui suggère la pertinence d'un modèle à correction d'erreur pour mettre en évidence les relations entre nos variables.

5.2.3 RÉSULTATS DE CORRECTION D'ERREUR

L'existence d'au moins une relation de cointégration entre les variables, toutes intégrées d'ordre 1 imposent la mise en œuvre d'un modèle à correction d'erreur pour estimer l'attractivité des IDE pour les 12 pays considérés dans ce papier.

Tableau 4 : Résultats d'estimation par la correction d'erreur en panel

Variables	Relation de	Coefficients
PIBH	Long terme	0,28***
	Court terme	0,08**
OUV	Long terme	1,12
	Court terme	0,97
CH	Long terme	0,14**
	Court terme	0,46***
POP	Long terme	1,07
	Court terme	0,34***
INST	Long terme	0,03***
	Court terme	0,09*
FISC	Long terme	-0,48*
	Court terme	-0,61***
IDE(-1)	-	-0,28***

Sources : les calculs de l'auteur

(***), (**) et (*) montrent que l'hypothèse nulle correspondante peut être rejetée respectivement à 1%), 5% ou 10%. (D) indique l'opérateur différence première.

Le terme de correction d'erreur (IDE(-1)) est négatif et significatif au seuil de 1% ce qui prouve que les variables entretiennent des relations non seulement de long terme mais aussi de court terme.

Les résultats indiquent que l'attractivité des IDE est expliquée significativement à court et à long terme par les variables considérées, en l'occurrence le produit intérieur brut par habitant, la population, le capital humain, la qualité des institutions et la fiscalité. Chaque variable considérée influe d'une manière différente l'évolution de IDE pour les 12 pays considérés sauf l'ouverture commerciale qui n'influence ni à long terme, ni à court terme la variation des IDE.

De ces résultats nous retenons :

- Le produit intérieur brut par tête (PIBH) influence significativement à long et à court terme la variation des IDE. A chaque augmentation de PIBH de 1%, à court terme les IDE augmentent de 0,08% et de 0,28% à long terme. Ce résultat montre que les deux variables sont plus liées à long terme qu'à court terme.
- Le capital humain comme le PIBH influence les IDE à long terme comme à court terme. A chaque augmentation de niveau de formation de la population de 1%, cela entraine une augmentation de 0,14% des IDE à long terme et de 0,46% à court terme.
- La population qui joue deux rôles dans cette analyse. Elle capte la force de la demande intérieure et les mains d'œuvre. Les résultats montrent qu'elle influence la variation des IDE qu'à court terme. A chaque augmentation de la population de 1% cela entraine une augmentation des IDE de 0,34%.
- La qualité des institutions à son tour influence à long et à court terme les variations des IDE pour les pays considérés. A long terme, si la qualité des institutions s'améliore de 1%, cela augmentera le flux des IDE de 0,03% mais ce résultat est de 0,09% si la qualité des institutions s'améliore de 1% à court terme.
- Contrairement aux autres variables considérées dans le modèle, la fiscalité influe négativement les fluctuations des IDE. A chaque augmentation d'1% de taux d'imposition, les IDE diminuent de 0,48% en long terme et de 0,61% à court terme. Ce résultat montre que la variation des IDE pour ces pays est très sensible à la fiscalité qu'à tout autre déterminant retenu dans notre analyse.

6 CONCLUSION

Ce chapitre a été consacré à l'analyse de lien entre la fiscalité et les IDE pour notre panel des pays. Pour atteindre notre objectif, nous avons fait recours à deux méthodes. La méthode de décomposition Geweke et la méthode de correction d'erreur en donnée de panel.

L'application de ces deux méthodes nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- La méthode de décomposition de Geweke nous a permis de déterminer une causalité bidirectionnelle en RCA, COTE D'IVOIRE, RDC, GABON, KENYA et SENEGAL. Sur les 12 pays que compose notre panel, il était démontré une relation en deux sens en termes de causalité entre les IDE et la fiscalité dans 6 pays. Comme pour capter la fiscalité nous avons utilisé les recettes fiscales, ce double causalité a montré que ces pays appliquent une politique qui attire les IDE et permet à ces pays d'accroître les assujettis.

Ces résultats ont montré aussi que dans tous les pays sauf le Niger, la fiscalité cause au sens de Granger les IDE. Cela montre que ces pays ont compris que pour attirer les IDE, le mieux est d'appliquer une politique fiscale qui favorise les investissements étrangers.

L'existence de causalité instantanée entre la fiscalité et les IDE remarquée au GABON, GHANA, KENYA et AFRIQUE DU SUD pouvait indiquer que ces deux variables interagissent dans le court terme et la causalité bidirectionnelle s'effectue dans la même période entre ces deux variables.

- Pour ce qui concerne la deuxième méthode, le terme de correction d'erreur (IDE(-1)) était négatif et significatif au seuil de 1% ce qui a prouvé que les variables entretiennent des relations non seulement de long terme mais aussi de court terme.

Les résultats ont indiqué aussi que l'attractivité des IDE était expliquée significativement à court et à long terme par les variables considérées, en l'occurrence le produit intérieur brut par habitant, la population, le capital humain, la qualité des institutions et la fiscalité. Chaque variable considérée influe d'une manière différente l'évolution de IDE pour les 12 pays considérés sauf l'ouverture commerciale qui n'influence ni à long terme, ni à court terme la variation des IDE.

De ces résultats nous avons retenu :

- Le produit intérieur brut par tête (PIBH) a influencé significativement à long et à court terme la variation des IDE. A chaque augmentation de PIBH de 1%, à court terme les IDE augmentent de 0,08% et de 0,28% à long terme. Ce résultat a montré que les deux variables sont plus liées à long terme qu'à court terme.
- Le capital humain comme le PIBH a influencé les IDE à long terme comme à court terme. A chaque augmentation de niveau de formation de la population de 1%, cela entraine une augmentation de 0,14% des IDE à long terme et de 0,46% à court terme.
- La population qui joue deux rôles dans cette analyse. Elle capte la force de la demande intérieure et les mains d'œuvre. Les résultats ont montré qu'elle influence la variation des IDE qu'à court terme. A chaque augmentation de la population de 1% cela entraine une augmentation des IDE de 0,34%.
- La qualité des institutions à son tour a influencé à long et à court terme les variations des IDE pour les pays considérés. A long terme, si la qualité des institutions s'améliore de 1%, cela augmentera le flux des IDE de 0,03% mais ce résultat est de 0,09% si la qualité des institutions s'améliore de 1% à court terme.
- Contrairement aux autres variables considérées dans le modèle, la fiscalité a influencé négativement les fluctuations des IDE. A chaque augmentation d'1% de taux d'imposition, les IDE diminuent de 0,48% en long terme et de 0,61% à court terme. Ce résultat montre que la variation des IDE pour ces pays est très sensible à la fiscalité qu'à tout autre déterminant retenu dans notre analyse.

De ces deux méthodes, nous affirmons que l'attractivité des IDE dépend de la politique fiscale mise en place par les pays bénéficiaires.

REFERENCES

[1] Benassy-Quere A., Fontagne L., Lareche-Revil A., (2003), Tax competion and foreign direct investment, CEPII, Working Paper, 2007.

[2] Bevan, A. & Estrin, S., The Determinants of Foreign Direct Investment in Transition Economies. CEPR DP, No. 2638, 2000.

[3] Buch, C., Kokta, R. & Piazolo, D., Foreign Direct Investment in Europe: Is There a Redirection from the South to the East? Journal of Comparative Economics, 31, 94–109, 2003.

[4] Buettner, T., The Impact of Taxes and Public Spending on the Location of FDI: Evidence from FDI-Flows Within Europe. ZEW Discussion Paper, No 02-17, 2003.

[5] Carstensen, K. & Toubal, F., "Foreign Direct Investment in Central and Eastern European Countries: A Dynamic Panel Analysis'. Journal of Comparative Economics, 32, 3–22, 2004.

[6] De Mooij R., Ederveen S., "Taxation and foreign direct investment in: a synthesis of empirical research', International Tax and Public Finance 10, 673-693, 2003.

[7] Devereux M., Griffith R., "The impact of corporate taxation on the location of capital: a review", Swedish Economic Policy review, 9, 79-102, 2003.

[8] Devereux, M. & Griffith, R., "The Taxation of Discrete Investment Choices", Keele Department of Economics Discussion Papers (1995-2001) 98/08, 1998b.

[9] ENGLER et GRANGERC, "Cointegration and Error-correction : representation, estimation and testing", Econometrica, Vol. 55, 1987.

[10] Frenkel, M., Funke, K. & Stadtmann, G., "A Panel Analysis of Bilateral FDI Flows to Emerging Economies", Economic Systems, 28, 281–300, 2004.

[11] Gorter, J. & de Mooij, R., "Capital Income Taxation in Europe : Trends and Trade-Offs ? CPB Special publications", 30, CPB Netherlands Bureau of Economic Policy Analysis, 2001.

[12] GRANGER, "Investigating causal relations by econometrics models and cross spectral methods",Econometrica, Vol. 37, 1969.

[13] Hsiao C., Shen Y., Fujiki H., "Aggregate versus disaggregate data analysis", Journal of Applied Econometrics, 20, 579-601, 2002.

[14] Hurlin C. et V, Mignon., "Une synthèse des tests de cointégration sur données de panel. ", Economie et Prévision, n°180-181 2007/4-5, 2007.

[15] JOHANSENS, "Statistical analysis of cointegration vectors", Journal of economic dynamics and control, Vol. 12, 1988.

[16] JOHANSENS, "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models",Econometrica, Vol. 59, 1991.

[17] Kinoshita, Y. & Campos, N., "Why Does FDI Go Where It Goes? New Evidence from the Transition Countries", CEPR Discussion paper, No 3984, 2003.

[18] SIMS, "Macroeconomics and reality", Econometrica, Vol. 48, 1980.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 824-833
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

PRESSION FISCALE ET CROISSANCE ECONOMIQUE

Etienne KITOKO LISOMBO and Marcel SENGA PESSE

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 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 effects of the fiscal pression on the economic growth were subject of proceedings for a long time between economists. For some, the fiscal pression affect negatively growth while for other, governments must appropriate taxes to finance the susceptible structuring projects of growth. In this article, we intended to examine the relation between the fiscal pression and growth.
Of this fact, we have borrowed for 12 Sub-Saharan Africa's countries the generalized moment method in panel data and panel threshold regression for one active period of 1985 to 2012. We succeeded to the results according to which, the fiscal pression is bound to the economic activity and this relation is not linear. A threshold exists between the fiscal pression and growth. Below this threshold, the fiscal pression encourages growth but to over of this threshold, it becomes harmful of economy.

KEYWORDS: Economic growth, fiscal pression, generalized moment Method in panel data and Panel threshold regression.

RESUME: Les effets de la pression fiscale sur la croissance économique ont fait depuis longtemps l'objet des débats entre les économistes. Pour certains, la pression fiscale agit négativement sur la croissance tandis que pour les autres, les gouvernements doivent prélever les impôts et taxes pour financer les projets structurants susceptibles à la croissance. Dans cet article, nous nous sommes proposés d'examiner la relation entre la pression fiscale et la croissance économique.
De ce fait, nous avons pour 12 pays d'Afrique Subsaharienne emprunté la méthode de moment généralisé en panel et un modèle de panel à seuil et à transition brutale pour une période allant de 1985 à 2012. Nous avons abouti aux résultats selon lesquels, la pression fiscale est liée à l'activité économique et cette relation n'est pas linéaire. Il existe un seuil en dessous duquel, la pression fiscale accompagne la croissance mais au-dessus de ce seuil, elle devient nuisible à l'économie.

MOTS-CLEFS: Croissance économique, pression fiscale, Méthode de moment généralisé en panel et Panel à seuil et transition brutale.

1 INTRODUCTION

Dans ce papier, nous nous proposons d'examiner la relation entre la pression fiscale et la croissance économique. Il est question de voir le type de relation qui existe entre la pression fiscale et la croissance économique et de déterminer le taux de pression fiscale optimale à l'économie subsaharienne.

Les Economistes ont longtemps questionné les effets des taxes sur le développement économique. Certains ont argumenté que les variables budgétaires avaient des impacts très limités sur la croissance du fait des anticipations des agents économiques. Pendant que, dans le même temps, les décideurs poursuivaient une politique interventionniste centrée sur l'utilisation des taxes à des fins d'incitation. En effet, la baisse des taux d'imposition est vue comme un moyen de relancer l'activité économique en influençant les décisions des agents économiques en matière d'investissement, d'épargne et d'offre de travail et d'emploi. Les recherches plus récentes ont montré que des taux d'imposition élevés freinent la croissance économique, et il semble se dégager un consensus quant aux effets macroéconomiques de la fiscalité : la politique fiscale n'est pas économiquement neutre.

Un exemple fondamental est donné par le fait que certains agents économiques peuvent diminuer leurs revenus après des hausses de l'impôt sur le revenu. Plus généralement, on peut attendre une élasticité négative de la base d'un impôt en fonction

Corresponding Author: Marcel SENGA PESSE

de son taux, ce qui conduit à la célèbre courbe de Laffer. Quand l'élasticité de la base au taux d'un impôt dépasse -1, il devient non rentable, en terme de recettes globales, d'augmenter son taux. Ainsi l'Etat collectera plus de recettes à un taux de 1% qu'à un taux de 0%, mais il n'enregistrera pas plus de recettes fiscales à un taux de 80% qu'à un taux de 10%. Les raisons de cette perte de recettes sont expliquées par Laffer en 1981. En effet, des taux d'imposition élevés entraînent l'évasion et la fraude fiscale. Plus les contribuables sont enclins à frauder ou à éviter de payer les taxes, moins élevées seront les recettes fiscales collectées et plus élevés seront les coûts financiers nécessaires pour faire respecter les règles fiscales. En revanche, une taxation plus faible réduit les velléités à la fraude et à l'évasion fiscale. Ce raisonnement suggère donc que le financement des dépenses publiques par taxes proportionnelles sur le revenu donne lieu à une courbe en cloche entre le taux d'imposition et la recette fiscale. Cette courbe permet de déterminer le taux de pression fiscale où les recettes fiscales sont maximales.

Un autre exemple, qui a suscité une volumineuse littérature, est l'impact sur l'emploi des charges sociales. Les prélèvements de ce type augmentent le prix du travail pour un employeur, et de ce fait, peuvent l'inciter à réduire sa demande de travail, soit de manière pure, soit en lui substituant d'autres facteurs de production.

L'orientation des nouvelles politiques de développement va de pair avec le renouvellement de la théorie et des études économétriques sur la croissance. L'école de pensée du « Choix Public » remet en cause l'hypothèse du dictateur bienveillant au profit d'un agent égoïste attaché à ses objectifs propres [3] [4]. Par ailleurs, la théorie de la croissance endogène, développée à la suite des travaux de [17] et [15], met en exergue, à côté des facteurs traditionnels de la croissance (accumulation du capital, l'augmentation de l'épargne, etc.), l'importance des facteurs institutionnels et politiques comme des déterminants de la croissance en déterminant certains canaux par lesquels la politique fiscale peut influencer indirectement l'activité économique[8].

Premièrement, des taxes élevées peuvent affecter le stock de capital physique directement en décourageant l'investissement privé. Si ces prélèvements portent plus sur les revenus du capital (intérêts, dividendes), elles entraîneront un renchérissement du coût du capital. Cela va décourager l'utilisation du capital au profit d'un usage plus intensif du travail. Les entreprises auront un accès limité aux nouvelles technologies qui requièrent moins de main-d'œuvre. En conséquence, la productivité du travail va baisser, ce qui va réduire le taux de croissance du produit.

Deuxièmement, la politique fiscale peut freiner la croissance de la productivité globale du travail et du capital en réduisant les activités de recherche, d'innovation et de développement.

Troisièmement, lorsque le taux d'imposition sur les revenus est trop élevé, les agents économiques réduisent leur offre ou leur temps de travail et consacrent plus de temps aux activités de loisir. Poussé à l'extrême, ce raisonnement implique que les agents cesseraient de travailler si le taux d'imposition était de 100%.

Quatrièmement, la politique fiscale peut aussi affecter la productivité marginale du capital en provoquant un détournement des investissements privés des secteurs productifs « lourdement » imposés vers les activités assujetties à une fiscalité plus avantageuse mais ayant une productivité faible ([8], [20]). Une augmentation du fardeau fiscal pourrait entraîner des multiples détours empruntés pour éviter les taxes et une floraison de l'économie souterraine (voir, par exemple [13], [23] et [6]).

Le reste de l'article sera composé du fondement théorique au point 2, la méthodologie au point 3, les résultats au point 4 et la conclusion

2 FONDEMENTS THEORIQUES TRADITIONNELS DES EFFETS DE LA FISCALITE SUR LA CROISSANCE

L'étude des effets de la fiscalité sur la croissance diffère suivant les deux grandes familles de modèle de croissance : croissance exogène et endogène.

2.1 TAXATION ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE DANS LES MODÈLES DE CROISSANCE EXOGÈNE

La théorie de croissance exogène décrite par [21] et [1][1] considère des économies où la fonction de production dépend de deux facteurs : le travail et le capital, soit Y = F(K, $\bar{L}$). Ces facteurs sont soumis à la loi des rendements d'échelle constants[2] et à l'hypothèse de productivité marginale décroissante. Par ailleurs, l'offre de travail est supposée exogène.

[1] Cités par [5].

[2] La loi des rendements d'échelle constants signifie qu'une augmentation simultanée de la quantité des facteurs de productifs d'une proportion donnée accroit le niveau de production de cette même proportion.

Le produit total de l'économie sert à la consommation (C) et à l'accumulation du capital (I). Le modèle de croissance exogène ainsi décrit présente deux propriétés principales [14] : l'existence d'un taux de croissance asymptotique constant et l'optimalité des allocations de ressources dans un environnement concurrentiel en l'absence d'interventions publiques.

La taxation du revenu du capital et du revenu du travail réduit le revenu disponible de l'économie. Dans la mesure où l'offre de travail est supposée exogène, la taxation du revenu du travail ne crée aucune distorsion. Cependant, l'accumulation du capital à l'état stationnaire est réduite suite à la baisse du revenu disponible et de l'investissement qui s'en suit. Le taux de croissance d'état stationnaire étant constant, seul le niveau de production est affecté.

Dans les modèles de croissance exogène, l'effet de la politique fiscale n'affecte donc le taux de croissance que durant la transition vers l'état stationnaire [5]. L'effet est donc de court terme et les différences dans les systèmes d'imposition déterminent le niveau du produit mais pas le taux de croissance.

2.2 FISCALITÉ ET CROISSANCE ENDOGÈNE

Dans les modèles de croissance endogène, les effets de la politique fiscale peuvent être permanents, mais sous certaines conditions portant sur l'accumulation du capital et l'innovation, sur l'élasticité de substitution entre le capital physique et le capital humain [14] et sur l'élasticité de l'offre de travail ([12] et [22]). Les impôts exercent deux effets opposés sur l'offre de travail. Tout accroissement d'impôt sur le salaire de l'individu réduit son incitation à travailler par une diminution du prix du loisir (effet de substitution), ce qui incite l'individu à substituer le loisir au travail. A l'opposé, toute taxe additionnelle réduit le revenu réel disponible de l'individu et donc la demande de ses biens de consommation dont le loisir (effet revenu). Il est nécessaire, pour que l'individu puisse garder le même niveau de consommation, qu'il augmente son offre de travail.

L'effet global de la fiscalité sur l'offre de travail dépend donc de l'importance relative des effets de substitution et de revenu. Lorsque l'effet de substitution l'emporte sur l'effet de revenu, l'offre de travail est une fonction décroissante de la fiscalité tandis qu'une domination de l'effet de revenu sur l'effet substitution implique une relation positive entre l'offre de travail et la fiscalité.

L'effet de la fiscalité sur l'accumulation du capital est direct. Elle peut affecter l'offre de l'épargne et la demande de l'investissement de plusieurs manières :

(i) l'épargne du gouvernement et ses dépenses en capital ne sont pas totalement compensées par les changements de l'épargne et de l'investissement privés.
(ii) L'épargne privée peut être affectée à travers (a) l'impact de l'impôt sur les intérêts de l'épargne (b) le changement dans les revenus présents et futurs induits par les politiques fiscales (législation en matière de sécurité sociale) (c) le changement dans la distribution de revenus parmi les groupes ayant des propensions à épargner différentes.
(iii) L'investissement privé peut être affecté si (a) l'accroissement du taux d'imposition réduit le gain espéré des investissements, ce qui les rend moins attractif [5] (b) quand de nouvelles opportunités d'investissement sont créées ou anticipées par le gouvernement.

Les effets de la fiscalité peuvent être plus importants dans les économies ouvertes ayant accès au marché des capitaux internationaux [14]. Les pays peuvent connaître de longues périodes de récession ou de stagnation si les politiques fiscales (accroissement de taux d'imposition) éliminent les incitations pour la croissance.

Quel que soit le modèle de croissance endogène retenu, il est difficile de prédire en toute rigueur l'effet de la fiscalité sur la croissance par le biais de l'offre de travail et/ou l'accumulation du capital. Certains auteurs comme Lucas en 1990 ont prédit un effet non significatif de la fiscalité sur la croissance, d'autres au contraire ont conclu à l'importance de ces effets ([12] et [22]).

3 METHODOLOGIE ET DONNEES

3.1 LES DONNÉES

Nous étudions le lien empirique entre la pression fiscale et la croissance du PIB par habitant en utilisant un large échantillon de pays d'Afrique. Pour les mesures du PIB et de la croissance du PIB par habitant, nous utilisons la dernière version des Penn World Tables qui apparaîtra sous l'abréviation PWT8.0 dans ce qui suit. Nous complétons les informations issues des PWT8.0 par des données provenant d'autres sources diverses, y compris les bases de données gérées par la Banque Mondiale et le FMI. Toutes les données sont en prix internationaux constants (2005). Notre ensemble de données comprend des données annuelles sur la

période 1985-2012 pour les pays d'Afrique subsaharienne[3]. Le calcul de la croissance sur un horizon temporel de plus de 25 ans nous permet de réduire les erreurs de mesure pouvant affecter la croissance du PIB par habitant.

Pour mesurer la pression fiscale, nous avons rapporté les recettes fiscales sur le PIB [19] pour chaque pays, pour les périodes allant de 1985 à 2012.

Autres que ces deux variables importantes ou d'intérêt, nous allons utiliser les variables telles que les investissements directs étrangers entrants, ouverture commerciale et la population. La variable ouverture commerciale est trouvée par la somme d'importation et importation rapportée sur le PIB.

3.2 LA MÉTHODOLOGIE

Notre approche dans cet papier est de s'appuyer sur un cadre de régression en panel à effet de seuil. Bien que cette approche ait des limites, elle nous permet de fournir une caractérisation à grands traits des effets de la pression fiscale sur le PIB par habitant au niveau macroéconomique.

Les avantages des modèles de données de panel sont nombreux. La double dimension des données (individuelle et temporelle) permet de rendre compte simultanément de la dynamique des comportements et de leur éventuelle hétérogénéité, ce qui constitue un avantage par rapport aux autres types de données que sont les séries temporelles et les coupes transversales. A ces avantages viennent s'ajouter d'autres liés au nombre très élevé des données et leur variabilité.

Deux objectifs sont poursuivis dans ce chapitre. Déterminer la relation qui existe entre la pression fiscale et la croissance économique pour les pays d'Afrique sub-saharienne et déterminer le taux de pression fiscale optimale pour cette partie de continent.

Dans ce cas, le problème potentiel tout aussi essentielle, est la causalité inverse et le problème connexe de l'endogénéité (la croissance du PIB et la pression fiscale, pourraient toutes deux répondre à certaines autres forces). On ne peut pas exclure a priori que la pression fiscale soit endogène à la croissance du PIB : la croissance économique pourrait bien agir comme un vecteur de réforme dans les pays en développement, en particulier grâce à la pression exercée par l'augmentation des classes moyennes « nouvellement riches » pour voir les institutions réformées afin d'améliorer les recettes fiscales. Une manière de traiter ce problème de causalité inversée consiste à utiliser la méthode des variables instrumentales. Malheureusement, il est difficile de trouver un instrument approprié au niveau des pays (une variable qui, en principe, influence la pression fiscale mais pas le revenu et la croissance du PIB par habitant). Par conséquent, nous abordons la question de l'endogénéité en présence d'effets fixes pays non observés en utilisant l'approche système GMM qui utilise des niveaux retardés et des différences premières retardées appropriés des variables explicatives comme instruments. C'est certes une approche mécanique pour traiter l'endogénéité mais c'est pertinent économétriquement, a largement été utilisé dans une variété de contextes différents et a un certain attrait intuitif. En effet, Bond et al. soulignent les nombreux avantages de l'utilisation de cette méthode dans les études empiriques de la croissance. Cette méthode nous aidera à répondre à notre premier objectif qui est de déterminer le type de relation qui existe entre la pression fiscale et la croissance économique ainsi que de déterminer les canaux par lesquels la pression fiscale affecte la croissance.

Dans ce cas, le modèle linéaire sera présenté de manière suivante :

$$PIBH_{it} = \beta_i + \beta_1 FISC_{it} + \beta_2 OUV_{it} + \beta_3 IDE_{it} + \beta_4 POP_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

Pour i = 1,2, …. N et t = 1, 2, … T avec N le nombre des pays et T, les différentes périodes. PIBH, FISC, OUV, IDE et POP sont respectivement, le produit intérieur brut par habitant, le taux de pression fiscale, le taux d'ouverture commerciale, l'investissement direct étranger et la population. β_i représente les effets fixes individuels, μ_{it} le terme d'erreur qui est indépendant et identiquement distribué.

La mise en évidence de ce type d'effet non linéaire peut être rendu possible dans une région grâce à un modèle de panel à seuil ou Panel Threshold Regression (PTR[4]) développé initialement par [9] et [10]. Les modèles à seuil ont été introduits par

[3] Suite au problème de manque des données de telle ou telle variable, nous avons retenu 12 pays qui sont CAMEROUN, RCA, CONGO, COTE D'IVOIR, RDC, GABON, GHANA, KENYA, MALI, NIGER, SENEGAL, et AFRIQUE DU SUD.

[4] Ici la transition d'un régime à un autre est brutale, mais on a également des modèles à seuil dont latransition est lisse, on parle dans ce cas de Panel Smooth Threshold Regression(PSTR) : voire [7].

Tong et Lim en 1980. En effet, dans les modèles de panel à seuil non dynamique par opposition à ceux qui font intervenir des variables endogènes retardées (dynamique), le seuil peut être déterminé de façon exogène ou de façon endogène [9].

Ainsi, se référant à [2], nous utiliserons ainsi la modélisation des seuils endogènes initialement développée par [9] qui consiste à estimer la relation suivante :

$PIBH_{it} = a_i + \beta X + \Phi\pi_{it} * I(\pi_{it} \leq \gamma) + \sigma\pi_{it} * I(\pi_{it} > \gamma) + \mu_{it}$ (2)

La variable à expliquer est le PIBH et X représente un vecteur de variables de contrôles. γ est le seuil commun ou le taux de pression fiscal commun pour tous les pays et I(.)est une fonction indicatrice qui prend la valeur 1 si la condition entre parenthèse est respectée et 0 sinon.

La spécification met en exergue deux régimes : un premier régime pour lequel les taux de pression fiscal sont inférieurs au seuil γ et ce régime est dit normal ; et un deuxième régime pour lequel les taux de pression fiscale sont supérieurs au seuil γ, ce régime est dit critique.

En effet l'impact de pression fiscale sur l'activité est supposé positif en régime normal ($\Phi > 0$) traduisant ainsi un effet keynésien. De même, en régime critique, l'impact de la pression fiscale sur l'activité est supposé négatif ($\sigma < 0$).

Notre équation peut donc se réécrire comme suit :

- $PIBH_{it} = a_i + \beta X + \Phi\pi_{it} + \mu_{it}$ si $\pi_{it} \leq \gamma$ (3)
- $PIBH_{it} = a_i + \beta X + \sigma\pi_{it} + \mu_{it}$ si $\pi_{it} > \gamma$ (4)

L'indice i (i=1…N) est relatif aux individus représentés ici par les pays d'Afrique sub-saharienne, et l'indice t (t=1…T) représente la période d'observation. Par a_i on désigne les effets spécifiques pays que l'on considère comme des effets fixes, cette hypothèse restrictive signifie que toute l'hétérogénéité inobservable entre les pays est de caractère additif. μ_{it} un bruit blanc indépendamment et identiquement distribué de moyenne nulle et de variance constante. π_{it} mesure le taux de pression fiscale du pays i à la date t.

Le vecteur X contient plusieurs variables de politique économique que nous avons listé ci-haut.

L'estimation de ce modèle se fait en plusieurs étapes dans un premier temps il s'agira de déterminer le seuil optimal, puis dans un second de tester la linéarité du processus et enfin de donner un intervalle de confiance du seuil.

3.2.1 DÉTERMINATION DU SEUIL OPTIMAL

La première étape consiste à déterminer la valeur optimale du seuil γ. [9] et [10] propose pour cela tout d'abord d'enlever les effets fixes individuels. L'objectif étant d'éliminer les différences permanentes qui existent entre les individus sur la période et qui pourraient biaiser l'estimation. L'élimination des effets individuels qui sont des paramètres déterministes, consiste à ôter les moyennes individuelles spécifiques. Cette étape est standard dans les modèles linéaires (transformation within) cependant elle nécessite un traitement plus prudent dans le contexte des modèles à seuil. Cette nouvelle difficulté vient du fait que les effets individuels dépendent du seuil et doivent donc être recalculés à chaque itération de recherche de ce dernier. Autrement dit, nous allons retrancher à chaque variable la moyenne selon l'individu :

$$\widetilde{PIBH_{it}} = \beta\tilde{X} + \Phi\widetilde{\pi_{it}} * I(\pi_{it} \leq \gamma) + \sigma\widetilde{\pi_{it}} * I(\pi_{it} > \gamma) + \mu_{it} \quad (5)$$

$$\widetilde{PIBH_{it}} = PIBH_{it} - \overline{PIBH_i} \; et \; \overline{PIBH_i} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} PIBH_{it}$$

$$\tilde{X} = X_{it} - \overline{X_i} \; et \; \overline{X_i} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} X_{it}$$

$$\widetilde{\pi_{it}}(\gamma) = \pi_{it}(\gamma) - \overline{\pi_i}(\gamma) \; et \; \overline{\pi_i}(\gamma) = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} X_{it}(\gamma)$$

Après avoir éliminé les effets fixes, il convient de déterminer le niveau de seuil optimal $\hat{\gamma}$. Pour cela, il convient d'estimer par les moindres carrés ordinaires l'équation (2) et ce, pour toutes les valeurs possibles de γ. Puis, déterminer le vecteur de résidu $\widehat{\mu_{it}}(\gamma)$ ainsi que la somme des carrées des résidus S_1.

$S_1(\gamma) = [\hat{\mu}(\gamma)]'[\hat{\mu}(\gamma)]$

[11] recommande de minimiser la somme des carrés des résidus concentrés à l'aide des moindres carrés. Le seuil optimal sera donc celui qui minimisera la somme des carrés des résidus tel que :

$$\hat{\gamma} = argmin_{\gamma} S_1(\gamma)$$

Une fois $\hat{\gamma}$ obtenu, nous pouvons déterminer les coefficients de pente ainsi que le vecteur des résidus qui permettra de calculer la variance résiduelle $\hat{\sigma}^2$:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N(T-1)}[\hat{\mu}(\gamma)]'[\hat{\mu}(\gamma)]$$

Pour le seuil et la variance ainsi déterminés, nous pouvons procéder au test de linéarité du processus.

3.2.2 TEST DE LINÉARITÉ ET INTERVALLE DE CONFIANCE DU SEUIL

La deuxième étape consiste à tester l'hypothèse de linéarité contre celle de non linéarité à savoir :

H_0 : σ = Φ contre H_1 : σ≠ Φ

La statistique utilisée par Hansen est : $F_1 = \frac{S_0 + S_1}{\hat{\sigma}^2}$

Où S_0 représente la somme des carrés des résidus sous H_0 et S_1 la somme des carrés des résidus sous H_1.

Cette statistique de test est certes classique dans la littérature économétrique, mais elle ne suit pas en revanche une distribution standard ; et les valeurs critiques correspondantes au Chi-deux ne sont plus appropriées. En effet, le seuil n'est pas identifiable sous l'hypothèse nulle, cette difficulté est appelée dans la littérature « problème de Davies ». Ce problème peut toutefois se résoudre en se rapportant à la méthodologie de [9]. Il suffit de simuler par bootstrap la distribution asymptotique du test de ratio de vraisemblance afin de déterminer la p-value de la statistique. Etant donné la forme des données de panel, la procédure des simulations est la suivante :

- Traiter les régresseurs (les variables explicatives) comme données, ainsi que la variable de saut π_{it} , et tenir leur valeur fixée lors des simulations répétées de bootstrap.
- Reprendre les résidus $\widehat{\mu_{it}}$ les classer par individus $\widehat{\mu_i} = (\hat{\mu}_{i1}, \dots \hat{\mu}_{iT})$ et traiter l'échantillon $\hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2, \dots, \hat{\mu}_N$ comme la distribution empirique à utiliser pour lebootstrap.
- Tirer avec remplacement un échantillon de taille n de la distribution empirique, et utiliser ces erreurs pour créer un échantillon de bootstrap sous H_0.,
- Avec l'échantillon de bootstrap, estimer le modèle sous H_0 et H_1 puis calculer la valeur de F_1.
- Répéter cette procédure un grand nombre de fois puis calculer le pourcentage de tirage pour lesquels la statistique simulée, dépasse la statistique estimée F_1. Ce procédé donne la p-value de F_1 sous H_0.

Néanmoins, on peut générer cette p-value en utilisant une fonction de distribution [11] :

$$p - value = 1 - [1 - \exp(-\frac{1}{2} F_1)]$$

La règle de décision est la suivante : si la p-value de F_1 est plus petite que la valeur critique retenue (1%, 5% ou 10%), alors, on rejette l'hypothèse nulle de linéarité.

[10] propose ensuite de construire un intervalle de confiance sur la base du ratio de maximum de vraisemblance calculé pour tout afin d'établir un intervalle de "non-rejet" de la significativité du seuil :

$LR_1(\gamma) = \frac{S_1(\gamma) - S_1(\hat{\gamma})}{\hat{\sigma}^2}$, Cette statistique est différente de la précédente F_1 car ici, pour $LR_1(\gamma_0)$ on test l'hypothèse H_0 : γ = γ_0, avec γ_0 la vraie valeur de γ. De même, pour la valeur du seuil endogène identifié $\hat{\gamma}$, le ratio du maximum de vraisemblance $LR_1(\gamma)$ est égal à zéro et tend vers une variable aléatoire η dont la fonction de distribution est :

$P(\eta \leq x) = (1 - e^{\frac{x}{2}})^2$

L'inversion de cette distribution permet de dériver l'expression :

$C(\alpha) = -2\log(1 - \sqrt{1 - \alpha})$

Cette expression est nécessaire pour construire l'intervalle de confiance qui correspond pour tout risque de α% à toutes valeurs de γ tel que :

$LR_1(\gamma) \leq C(\alpha)$

4 LES RESULTATS

4.1 RÉSULTATS PRESSION FISCALE ET CROISSANCE PAR LA MÉTHODE DE MOMENTS GÉNÉRALISÉS

L'estimateur du System GMM permet non seulement de prendre en compte l'hétérogénéité des pays, mais aussi de traiter le problème d'endogénéité des variables qui peut se poser dans notre relation entre la croissance de PIB et la pression fiscale.

Les résultats des estimations[5] du modèle (1) sont présentés dans le tableau suivant. Dans ce modèle, les tests de diagnostic associés à l'estimateur du System-GMM ont été généralement concluants. En effet, les tests d'autocorrélation du second ordre des résidus du modèle en différences premières ainsi que les tests de sur identification de Hansen ont validé la procédure d'estimation. De plus, on remarque la forte significativité du terme autorégressif (la croissance de PIB retardée d'une période), ce qui conforte notre choix pour l'estimation d'un modèle de panel dynamique.

Tableau 1 : Résultats par la méthode de GMM-SYSTEM

Variables	GMM-SYST(1)	GMM-SYST(2)	GMM-SYST(3)	GMM-SYST(4)	GMM-SYST(5)
Presfisc	0,10585*** (0,02478)	0,09874*** (0,01043)	1,1227*** (0,1045)	2,07415*** (0,14457)	0,99771*** (0,00347)
Ouv	0,066641** (0,028445)	0,10874*** (0,0041)	0,04731* (0,0246)	0,07266*** (0,00382)	1,01572*** (0,00787)
Hc	1,7716 (1,2072)	2,2485 (1,994)	0,94217 (0,7129)	0,873105 (0,7188)	0,09881 (0,1087)
Pop	-1,3764*** (0,00003)	-0,98204*** (0,0031)	-1,07495*** (0,04381)	-0,5312*** (0,1532)	-0,43281*** (0,00872)
Lide	0,34482* (0,19619)	0,033322** (0,014223)	0,13845*** (0,00897)	0,08495*** (0,00119)	1,02821** (0,5034)
Lk	1,1596 (1,9214)	-0,1579 (0,2298)	1,00372 (0,7925)	0,15422 (1,2088)	2,62274 (1,9781)
$Presfisc^2$		-1,0497*** (0,0029)			
Presfiscpop			0,008791 (0,02851)		
Presfiscouv				-0,00297*** (0,00013)	
Presfiscide					-0,09451*** (0,00458)
Constante	-4,8168*** (0,1763)	0,189502*** (0,00447)	-1,70115*** (0,00754)	-2,17799*** (0,15937)	-1,09829*** (0,00527)
Sargan(p-value)	0,990	0,384	0,782	0,159	0,357
Hansen (p-value)	0,989	0,613	0,619	0,522	0,604
AR(1) (p-value)	0,004	0,012	0,000	0,032	0,024
AR(2)(p-value)	0,179	0,201	0,289	0,419	0,220
Nombre d'instruments	11	12	12	12	12

(*), (**), et (***) respectivement significatif au seuil de 10, 5 et 1%.

[5] *Dans ce chapitre, l'estimateur des GMM en deux étapes avec correction de Windmeijer (2005) est utilisé.*
Pour tester la validité des variables retardées comme instruments, Arellano et Bond (1991), Arellano et Bover (1995), et Blundell et Bond (1998) suggèrent le test de sur-identification de Sargan/Hansen et le test d'autocorrélation de second ordre des résidus en différences premières.

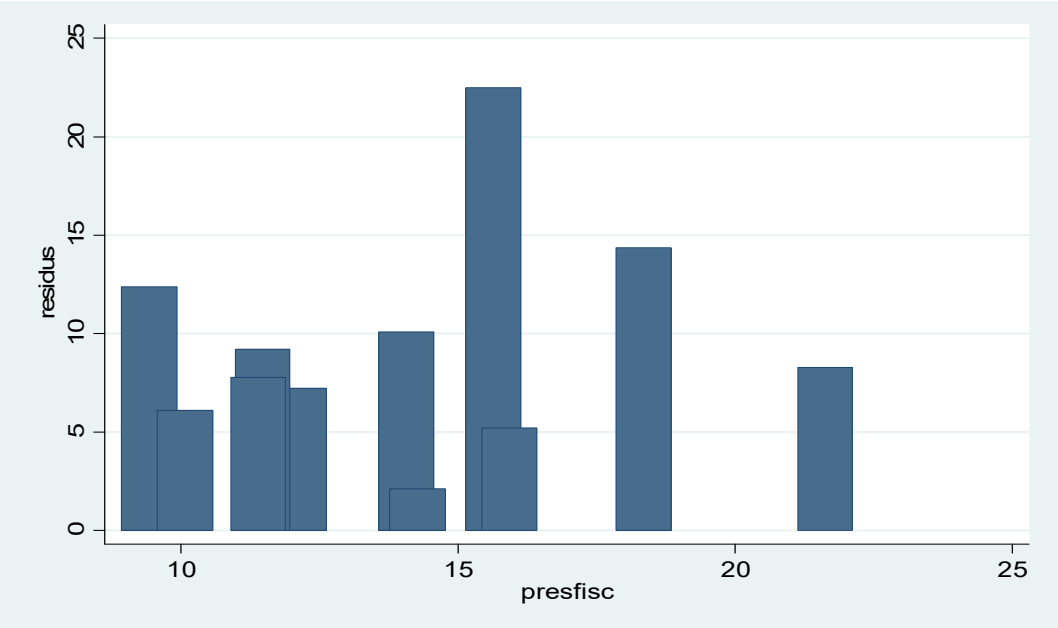
Dans le modèle estimé à la colonne (1), le coefficient de la pression fiscale est positif ce qui montre que durant la période sous examen, la politique fiscale appliquée par les pays considérés ont permis ces pays à réaliser des performances économiques. Cela est de même pour l'ouverture commerciale et l'investissement direct étranger mais ce qui n'est pas le cas pour la population qui constitue un poids pour la croissance des pays d'Afrique subsaharienne. Ce poids de la population est même confirmé par la non significativité de capital humain et de capital physique.

Dans la colonne (2), nous remarquons que la pression fiscale agit positivement sur la croissance et sa contribution devient négative si elle est prise au carrée. Cela signifie que la pression fiscale agit positivement sur l'activité économique jusqu'à un seuil, et dépasser ce seuil elle devient nuisible à la croissance.

Les colonnes (3), (4) et (5) présentent les modèles estimés qui déterminent les canaux par lesquels la pression fiscale affecte la croissance. De la colonne (4) et (5), nous voyons que, même si l'ouverture commerciale et l'investissement étranger agissent positivement sur la croissance, mais si une mauvaise politique fiscale est appliquée, elles vont devenir nuisibles à la croissance. Cette analyse montre alors que les canaux par lesquels la pression fiscale affecte l'économie pour ces pays sont l'ouverture commerciale et l'IDE.

4.2 RÉSULTATS PRESSION FISCALE ET CROISSANCE PAR UN MODÈLE DE PANEL À SEUIL NON DYNAMIQUE

Les résultats des tests sur les effets de seuils, confirment l'existence d'une relation non linéaire entre l'activité économique et la pression fiscale, en effet, l'on peut observer sur le Graphique 1 ci-dessous que le seuil d'inflation qui minimise la somme des carrés des résidus est de l'ordre de 14%.



Graphique 1 : Evolution des sommes des carrés des résidus en fonction des niveaux d'inflation

Comme le confirme le tableau ci-dessous, il s'agit d'un niveau de pression fiscale au-delà duquel elle aurait un impact négatif sur l'activité économique, et en dessous duquel cet impact serait positif.

Tableau 2 : impact de la pression fiscale sur l'activité économique

Variable à expliquer est la croissance de PIB		
Seuil de pression fiscale et intervalle à 5%	Estimation 1 14% [13,2 ; 14,92]	Estimation 2 14% [13,2 ; 14,92]
Ouv	1,04571*** (0,0024)	0,97201*** (0,00011)
Hc	0,31572 (1,0952)	1,32181 (0,9046)
Pop	-0,24155*** (0,03352)	-1,19724*** (0,00846)
Lide	0,41382** (0,2025)	0,042835*** (0,00359)
Lk	2,084332 (1,6378)	1,56281 (0,9452)
π_{it} (presfisc < 14%)	0,41937*** (0,0152)	0,81237*** (0,0048)
π_{it} (presfisc > 14%)	-0,17320** (0,08421)	-0,03945*** (0,00179)
Test de Wald $H_0 : \sigma = 0$	: F1=17,23 P-value=0,000	F1=11,35 P-value=0,0008
Estimation1 : avec correction de l'hétéroscédasticité Estimation2 : avec élimination d'effets fixes Nombre de simulations bootstrap : 1000 Significativité : 1%(***), 5%(**), 10%(*)		

Pour les trois seuils de significativité retenus, le test de linéarité abouti au rejet de l'hypothèse nulle autrement dit, la p-value de la statistique de Wald étant inférieur aux différents seuils (0,01 ; 0,05 ; 0,1), l'on peut conclure avec 1% de chance de se tromper que : la relation entre la pression fiscale et activité économique est non linéaire en Afrique subsaharienne.

Au vu des caractéristiques des pays de la zone, il importe donc de noter que le caractère non-linéaire de la relation pression fiscale-activité économique implique que, toute politique fiscale susceptible de générer de pression fiscale aura un impact positif sur l'activité tant que le niveau de la pression fiscale demeure en dessous du seuil de 14%. Ainsi, au-dessus de ce seuil, la pression fiscale devient nuisible à l'activité économique. Ce résultat vient de confirmer celui qu'on avait déjà trouvé ci-haut.

Le taux de 14% qui constitue le taux de pression fiscale optimale est largement supérieur à la moyenne de 8,31% observée pour les différents pays pour la période sous examen. Ainsi, comme la RDC [19] et la cote d'ivoire, les pays d'Afrique subsaharienne applique un taux de pression fiscale qui ne leur permet pas d'être économiquement performants. En effet, une création augmentation supplémentaire de la pression fiscale peut augmenter le financement de l'économie à travers la création de projets structurants réputés pour leur capacité à générer de recettes fiscales.

5 CONCLUSION

L'objet de ce papier était d'analyser les relations qui existent entre la pression fiscale et la croissance économique dans la région d'Afrique du sud de Sahara.

En recourant à la méthode de moment généralisé en panel et à un modèle de panel à seuil et à transition brutale pour une période allant de 1985 à 2012 et nous avons abouti aux résultats selon lequel, la pression fiscale est liée avec l'activité économique et cette relation n'est pas linéaire. Il existe alors un seuil en dessous duquel, la pression fiscale accompagne la croissance mais au-dessus de ce seuil, elle devient nuisible à l'économie.

Ce seuil, grâce au modèle de panel non linéaire utilisé, pour l'ASS est fixé à 14%.

REFERENCES

[1] Cass, D.,. “Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation, Economics Stadies, Oxford University, pp. 233-240, 1965.

[2] DRUKKER D., GOMIS-PORQUERAS P., HERNANDEZ-VERME P., " *Threshold Effects in the Relationship between Inflation and Growth: A New Panel-Data Approach*", Paper, 2005.

[3] Duret, E. "*Dépenses publiques et mortalité infantile: les effets de la décentralisation*." Revue d'économie du développement vol.7, n°4 : pp.39-68, 1999.

[4] Duret, E. "*Réformes institutionnelles et finances publiques: L'exemple de la décentralisation en Afrique Subsaharienne*", CERDI, Université d'Auvergne, Clermont I. Thèse de doctorat nouveau régime, 2000.

[5] Easterly, W. et S. Rebelo. "*Fiscal policy and economic growth: An empirical investigation*"; Journal of Monetary Economics, vol.32, n° 3 : pp. 417-458, 1993.

[6] Engen, E. and Skinner, J. “ Taxation and economic growth, National tax Journal, pp. 617-642, 1996.

[7] GONZÁLEZ, A., TERÄSVIRTA T., et van DIJK D: "*Panel Smooth Transition Regression Models*", WP Series in Economics and Finance 604, Stockholm School of Economics, 2005.

[8] Haberger, A., (1962). “Incidence of the corporation income tax, The journal of political economics, Chicago, pp. 205-240.

[9] HANSEN B.E, "*Inference when a nuisance parameter is not identified under the null hypothesis*", Econometrica, 64, pp. 413-430, 1996.

[10] HANSEN B.E., "*Threshold Effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference*", Journal of Econometrics, 93, 1999, pp.345-368, 1999.

[11] HANSEN B.E : "*Sample Splitting and Threshold Estimation*", Economica, Vol. 68, No. 3, 575-603, 2000.

[12] Jones, L. E., R. E. Manuelli and P. E. Rossi, "*Optimal Taxation in Models of Endogenous Growth*." The Journal of Political Economy; vol.101, n°3 : pp.485-517, 1999.

[13] Kasselman, J., “income tax invasion: an intersectorial analysis, journal of Public Economics, pp. 137-152, 1989.

[14] King, R. G. et S. Rebelo. "*Public Policy and Economic Growth: Developing Neoclassical Implications*"; The Journal of Political Economy, vol.98, n° 5, pp. 126-150, 1990.

[15] Rebelo, "*Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth*" Janal of Political Economy No 99, 1991.

[16] Romer., "*Idea gaps and object gaps in economic development*" Journal of Monetary Economics Vol 32 Issue 3, 1993.

[17] Romer., "*Increasing Returns and Long-Run Growth*" Journal of Political Economy Vol 94 No 5, 1986.

[18] Romer., "*Endogenous technological change*", Journal of Political Economy Vol 98 No 5 Part 2, 1990.

[19] SENGA, P., "Presssion fiscale et croissance économique en RDC", Mémoire D.E.S, inédit, Université de Kisangani, 2014.

[20] Skinner, B., “Whatever happened to psychology as the science of behavior?, American psychologist, pp. 780-786, 1987.

[21] Solow, R. "*A Contribution to the Theory of Economic Growth*" The Quarterly Journal of Economics Vol 70 No 1, 1956.

[22] Stokey, N. L. and S. Rebelo. "*Growth Effects of Flat-Rate Taxes*." The Journal of Political Economy; vol.103, n°3 : pp.519-550, 1995.

[23] Trandel, G. and Snow, A.. “ Progressive income taxation and the underground, Economics Letter, pp. 217-222, 1999.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 834-844
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Le système fiscal marocain : Un système perfectible

[The Moroccan tax system : A perfectible system]

Hafid Barka[1] and Mohammed Saber Hassainate[2]

[1]Enseignant-chercheur d'Economie-Gestion, Institut National de Postes et Télécommunications (INPT), Rabat, Maroc

[2]Enseignant-chercheur, Département de Gestion, Faculté de Droit Agdal, Université Mohammed V Rabat, Maroc

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present work aims to analyze the evolution of the Moroccan tax system since the 2000s in order to draw the lessons, and to be able to decide on its future evolutions. We conclude that the Moroccan tax system remains perfectible and therefore requires the continuation and the in-depth tax reform. Contributions from the tax reforms and adjustments of the 2000s are undeniable: simplification of the management of the tax system, guarantees granted to taxpayers, reduction of tax rates, downward revision of tax exemptions, progressive enlargement of the tax base, provision of the incentives in favor of investment and of social order, improving tax revenues, reducing the tax burden ... However, the Moroccan tax system remains perfectible. Despite the progress made, it still has limitations and therefore, requires the continuation and in-depth tax reform. A deepening of tax reform is needed. In particular, it is necessary to tackle the broadening of the tax base, the systematic fight against tax fraud and tax evasion, the modernization of the tax management, the development of the spontaneous adherence of taxpayers to the taxation system, the widening of the use of advanced taxation techniques, the continuous simplification of tax procedures, the digitization of the management of the tax system...

KEYWORDS: Moroccan tax system, reforms and tax adjustments of the 2000s, in-depth tax reform, tax base, tax evasion and avoidance, tax management, management of the Moroccan tax system.

RÉSUMÉ: Le présent travail a pour objectif d'analyser l'évolution du système fiscal marocain depuis les années 2000 afin d'en tirer les enseignements et pouvoir se prononcer sur ses évolutions futures. Nous concluons que le système fiscal marocain demeure perfectible et requiert par conséquent la poursuite et l'approfondissement de la réforme fiscale. Les apports des réformes et aménagements fiscaux des années 2000 sont indéniables : simplification de la gestion du système fiscal, garanties accordées aux contribuables, réduction des taux d'imposition, révision à la baisse des exonérations fiscales, élargissement progressif de l'assiette, prises de mesures incitatives en faveur de l'investissement et à caractère social, amélioration des recettes fiscales, allégement de la charge fiscale … Pourtant, le système fiscal marocain demeure perfectible. En dépit des avancées accomplies, il présente encore des limites et requiert par conséquent la poursuite et l'approfondissement de la réforme fiscale. Un approfondissement de la réforme fiscale s'impose. Il y a lieu notamment de s'atteler à l'élargissement de l'assiette fiscale, la lutte systématique contre la fraude et l'évasion fiscales, la modernisation de l'administration fiscale, le développement de l'adhésion spontanée des contribuables à l'impôt, l'élargissement de l'utilisation des techniques évoluées d'imposition, la simplification continue des procédures fiscales, la numérisation de la gestion du système fiscal...

MOTS-CLEFS: système fiscal marocain, réformes et aménagements fiscaux des années 2000, approfondissement de la réforme fiscale, assiette fiscale, fraude et l'évasion fiscales, administration fiscale, gestion du système fiscal marocain.

Corresponding Author: Hafid Barka

1 INTRODUCTION

Globalement, les dates charnières de l'évolution du système fiscale marocain actuel sont l'indépendance, la réforme fiscale des années 80, les assises fiscales de 1999 et les assises fiscales de l'année 2013. Dans les trois décennies qui ont suivi l'indépendance du Maroc en 1956, la structure du système fiscal légué par l'administration coloniale française n'a guère fondamentalement changé. Il a gardé sa structure, se perpétuant au prix d'aménagements et de relèvements des taux d'imposition [1]. Une réforme fiscale profonde va être entreprise alors à partir du milieu des années 80. La mise en œuvre de cette réforme s'est suivie d'une série d'aménagements qui ont débouché notamment sur la réduction des taux d'imposition, l'élargissement de l'assiette fiscale, la réduction de la charge fiscale et la simplification de la gestion fiscale.

La tenue des premières assises nationales en 1999 a marqué un nouveau tournant important dans l'évolution du système fiscal marocain. Au cours des années 2000, et en application des recommandations de ces assises, la fiscalité nationale a subi une série de réaménagements et réformes en vue de la simplification de la législation fiscale; l'élargissement de la base d'imposition et la réduction des taux d'imposition. En avril 2013, le gouvernement a organisé les secondes assises nationales sur la fiscalité pour débattre du système fiscal marocain et formuler des propositions en vue de sa réforme. Ces assises se sont tenues dans un contexte économique particulier marqué par l'aggravation des déficits publics et la dégradation des comptes extérieurs.

Le présent travail a pour objectif d'analyser l'évolution du système fiscal marocain depuis les années 2000 afin d'en tirer les enseignements et pouvoir se prononcer sur ses évolutions futures. Nous concluons que le système fiscal marocain demeure perfectible et requiert par conséquent la poursuite et l'approfondissement de la réforme fiscale.

2 L'APRES REFORME FISCALE DES ANNEES 80 : AMENAGEMENTS EN SERIE

La réforme fiscale des années initiée depuis 1984 s'est concrétisée par le passage d'un système cédulaire complexe et caractérisé par des déséquilibres et des incohérences à un système d'imposition moderne et synthétique. A l'issue de cette réforme, trois grands impôts synthétiques ont été mis en place : T.V.A, I.S et I.G.R. La réforme a concerné aussi la fiscalité des collectivités locales.

La réforme fiscale des années 80 s'est suivie d'une série de mesures et aménagements en vue de l'incitation à l'investissement, la promotion des secteurs jugés prioritaires, l'élargissement de l'assiette fiscale et la simplification de la gestion du système fiscal. Ces mesures s'inscrivent dans le cadre des grandes orientations de la politique économique et sociale du gouvernement. En effet, au cours de la décennie 90 et notamment depuis la fin du programme d'ajustement structurel (PAS) en 1993, le gouvernement a lancé une série de réformes pour la promotion de l'investissement privé, la modernisation de l'environnement juridique et économique de l'entreprise et l'affermissement de l'ouverture de l'économie marocaine. C'est ainsi qu'ont été adoptées la loi sur les sociétés ; le code de commerce ; la loi sur les établissements de crédit ; la loi sur les obligations comptables des commerçants, etc.

2.1 BAISSE DES TAUX D'IMPOSITION

La réforme fiscale des années 80 s'est accompagnée d'une baisse des taux d'imposition. En matière d'IS, le taux initialement en vigueur, qui était de 45%, a été ramené à 40% en 1988, puis à 38% en 1993, à 36% en 1994 et à 35% en 1996. En matière de T.V.A, l'éventail des taux d'imposition a été sensiblement réduit, passant de 5 taux en 1986 (30%, 19%, 14%, 12% et 7%) à 4 taux en 1992 (suppression du taux de 12% en 1992), puis à 3 taux en 1994 (le taux majoré de 30% a été supprimé en 1993). Un taux réduit de 10% a été introduit par la loi de finances 1996/1967. Mais le taux normal de la T.V.A a été porté de 19% à 20% par la loi de Finances 1996/1997. Le barème de l'IGR a subi deux sortes d'aménagements : relèvement progressif du seuil imposable et réduction des taux marginaux d'imposition. Le seuil imposable est passé de 12.000 DH en 1990 à 15.000 en 1993, 18.000 en 1994 et 20.000 DH en 1999. Le taux marginal d'imposition est passé de 52% en 1990 à 48% en 1993, à 46% en 1994 et à 44% en 1996.

Tableau 1. Evolution des taux d'imposition en matière d'IS et d'IR

Désignation	1986	1988	1990	1993	1994	1996	1999	2008	2009	2010
Taux de l'IS	45%	40%	40 %	38 %	36 %	35 %	35%	30 %	30 %	30 %
Taux marginal de l'IR	-	-	52 %	48 %	46 %	44 %	44%	42 %	40 %	38 %
Seuil passible de l'IR en MDH	-	-	12	15	18	18	20	24	28	30

Source : Lois de Finances

En plus de la baisse des taux d'imposition, la réforme fiscale des années 80 s'est accompagnée d'autres mesures pour l'allégement de la charge fiscale des contribuables. Il s'agit de mesures variées intégrant relèvement de l'abattement en matière de revenus locatifs de 25% à 40%, institution de l'amortissement dégressif, mise à niveau des bilans, contribution libératoire, réductions d'impôt au profit des sociétés procédant à des augmentations de capital, exonération de la T.V.A des biens d'investissement à inscrire dans un compte d'immobilisation, exonération de la TVA des prestations fournies par les médecins ; dentistes et laboratoires d'analyse de biologie médicale, exonération de l'IS des plus-values sur les valeurs mobilières réalisées par les sociétés étrangères, prolongement de l'exonération du secteur agricole jusqu'en 2020, déductibilité au titre de l'I.G.R des primes d'assurances-retraite dans la limite de 6% du revenu global et des intérêts sur les prêts pour l'acquisition ou la construction de logements à usage d'habitation principale, exonération de l'IS des personnes physiques où morales exécutant des marchés financés par des dons de l'Union Européenne au titre desdits marchés…

2.2 MESURES D'ELARGISSEMENT DE L'ASSIETTE FISCALE

Sans vouloir être exhaustif, parmi les mesures prises pour élargir l'assiette, il y a lieu de citer la révision des avantages accordés par les codes des investissements à partir de 1988. Ainsi les exonérations totales en matière d'IS et d'I.G.R ont été ramenées à une période de 5 ans au lieu de 10 ans ou 15 ans auparavant, suivie dans certains cas d'une exonération partielle de 50% pour les cinq années qui suivent. La loi cadre n° 15-95 formant charte des investissements est allée dans le même sens. Elle a réduit des avantages accordés par les codes des investissements. D'autres dispositions ont été prises en vue d'élargir l'assiette comme la suppression en matière de T.V.A de l'exonération du riz ; du savon ; de l'alcool ; des tabacs ; des biens d'équipement acquis par certaines associations à but non lucratif ; des opérations de transport international ; des aliments pour bétail , limitation de l'exonération des prestations fournies par les associations à but non lucratif reconnues d'utilité publique ; les sociétés mutualistes ainsi que les institutions sociales des salariés, assujettissement à la T.V.A de certains produits réglementés commercialisés par les redevables qui réalisent un chiffre d'affaires supérieur ou égal à deux millions de dirhams, taxation à la T.V.A des opérations de crédit foncier ; de crédit à la construction et de crédit à l'hôtellerie effectuées par le Crédit Hôtelier et Immobilier (CIH), élargissement du champ d'application de la T.V.A aux commerçants dont le chiffre d'affaire réalisé au cours de l'année précédente est égal ou supérieur à 2.000.000 DH …

En matière d'impôts directs, il importe de noter les mesures suivantes prises pour élargir l'assiette :institution de la contribution sur les revenus exonérés de l'I.G.R en 1992, institution de la cotisation minimale en matière de taxe sur les profits immobilières (T.P.I) en 1992, déplafonnement de la cotisation minimale en matière d'I.S, institution de la cotisation minimale en matière d'I.G.R en 1992, fiscalisation des bons du trésor et autres obligations et titres d'emprunt émis par l'Etat ou garantis par lui, augmentation des éléments fixes du bénéfice minimum pour les forfaitaires soumis à l'I.G.R, abrogation au titre de la loi de finances transitoire 1996 en matière d'IS et d'I.G.R/ revenus professionnels des intérêts et majorations pour paiement tardif des impôts déductibles …

2.3 MESURES DE SIMPLIFICATION DE LA GESTION DU SYSTEME FISCAL

L'après réforme fiscale lancée depuis 1984 a connu aussi la prise d'une série de mesures en vue de simplifier la gestion du système fiscal marocain : restructuration de l'administration fiscale, création des sous-directions régionales et renforcement de leurs prérogatives et leurs ressources, formation et polyvalence des inspecteurs des impôts, institution de l'identifiant fiscal unique, paiement spontané de l'IS par quatre acomptes provisionnels au lieu de 2, limitation à 6 mois de la durée du contrôle fiscal, accélération de la procédure devant la Commission Nationale de Recours Fiscal (C.N.R.F) par la réduction de différents délais, prise de décision par les commissions locales de taxation (C.L.T) au cours d'une seconde réunion, limitation à 12 mois du délai assigné a la C.N.R.F pour statuer sur les litiges qui lui sont soumis, affectation à ladite commission et à titre permanent d'au moins deux juges nommés en position de détachement auprès des services du Premier Ministre, adoption au titre de la loi de finances 1996/97 de mesures instituant la pénalisation de la fraude fiscale, simplification du mode de détermination du régime forfaitaire, adoption de la loi n°15-97 formant nouveau code de recouvrement de créances publiques, programmation de l'institution du paiement spontané en matière d'I.G.R/ revenus professionnels soumis au régime de résultat net réel…

3 REFORMES ET AMENAGEMENTS FISCAUX DES ANNEES 2000

Le point de départ de la réforme fiscale et des aménagements fiscaux des années 2000 a été le discours royal du Jorf Lasfar prononcé le 26 Septembre 2000. À travers ce discours, le chef de l'Etat a appelé à une réforme fiscale basée sur la transparence, la simplification et la rationalité. Ces réformes et aménagements sont venus aussi en application des travaux et recommandations des premières assises nationales sur la fiscalité tenues à Rabat les 26 et 27 Novembre 1999[2]. Elles sont

allées dans plusieurs sens : simplification de la législation fiscale, élargissement de la base d'imposition et réduction des taux d'imposition.

Les mesures prises dans ce sens ne différent pas profondément des séries de réaménagements qu'a connus le système fiscal marocain après la réforme des années 80. Elles se sont concrétisées par des mesures de simplification et d'harmonisation du système fiscal, de l'élargissement de l'assiette, de promotion des secteurs prioritaires et de l'investissement et de réalisation d'objectifs sociaux.

3.1 SIMPLIFICATION DE LA LEGISLATION FISCALE

Parmi les mesures prises pour la simplification, transparence et modernisation du système fiscal, il y a lieu de citer la suppression du paiement de 25% au titre de la Participation à la Solidarité Nationale (PSN) sur les revenus professionnels exonérés de l'IGR et l'institution d'un barème d'évaluation des livraisons à soi-même en matière de la TVA sur les constructions en 2001, le recouvrement progressif des impôts et taxes par la Direction Générale des Impôts au lieu de la Trésorerie Générale du Royaume (TGR), l'insertion du dispositif de la télé-déclaration et du télépaiement de l'IS et de la TVA par l'Administration fiscale, le relèvement de la cotisation minimale au titre de l'IR correspondant à 3% du prix de cession des biens immobiliers même en l'absence de profit en 2006 , l'instauration du droit de constatation inopiné par l'Administration fiscale de la facturation et de la comptabilité tenue par les contribuables à tout moment et sans préavis, la simplification des procédures fiscales (sanctions, procédures de contrôle, de contentieux, de recours judiciaire), la réduction du délai de remboursement de la TVA par l'Administration fiscale de 4 à 3 mois, le relèvement en 2009 du seuil d'assujettissement à la TVA pour les petits fabricants et les petits prestataires de services de 180.000 à 500.000 dirhams, la mise en place en 2011 d'une charte des contribuables dans le but de renforcer les garanties des contribuables lors d'un contrôle fiscal …

Les années 2000 ont connu notamment l'adoption du «Code Général des Impôts». Il s'agit de la codification dans un seul texte de l'ensemble des dispositions relatives à l'assiette, au recouvrement et aux procédures fiscales en matière d'IS, d'IR, de TVA et de droits d'enregistrement. Ce code est présenté en deux livres. Le premier est relatif aux règles d'Assiette et de Recouvrement. Le deuxième traite des procédures fiscales comprenant les règles de contrôle et de contentieux des impôts susvisés. Le Code Général des Impôts, institué par l'article 5 de la loi de finances n°43-06 pour l'année budgétaire 2007, a été l'aboutissement des travaux de simplification et d'harmonisation entamés depuis 1999. L'élaboration du Code Général des Impôts a été réalisée sur plusieurs étapes [3]:

- De 1999 à 2003, des mesures ont été introduites pour l'harmonisation de la législation fiscale avec l'environnement juridique, la simplification des textes fiscaux et le recentrage de la fiscalité sur les impôts synthétiques par la suppression de certains impôts. A ce titre , il y a lieu de noter l' intégration au titre de la loi de finances du 1er Juillet au 31 décembre 2000 à droit constant des dispositions régissant la taxe sur les produits de placements à revenu fixe (TPPRF) et de la taxe sur les produits des actions, parts sociales et revenus assimilés (TPA) dans les textes relatifs à l'IS et à l'IGR, l'intégration au titre de la loi de finances 2001 des dispositions régissant la taxe sur les profits immobilières (T.P.I) et la taxe sur les produits de cession de valeurs mobilières et autres titres de capital et de créance dans le texte de loi relatif à l'I.G.R ,
- En 2004, la refonte des droits d'enregistrement,
- En 2005, élaboration du livre des procédures fiscales qui a regroupé l'ensemble des règles de procédure, de contrôle et de contentieux, prévues par les textes régissant l'IS, l'IR, la TVA et les droits d'Enregistrement,
- En 2006, l'élaboration du livre d'assiette et de recouvrement qui a consisté en le regroupement de l'ensemble des règles d'assiette et de recouvrement relatives à l'IS; à l'IR; à la TVA et aux droits d'enregistrement, la restructuration du texte; l'harmonisation avec le droit des sociétés et la loi comptable ; l'introduction de nouvelles dispositions visant notamment la prise en charge du recouvrement de l'IR par la Direction Générale des Impôts (DGI) et l'extension à l'IR de la télédéclaration et du télépaiement prévus en matière d'IS et de TVA . L'I.G.R – l'Impôt Général sur le Revenu -est devenu l'IR – l'Impôt sur le Revenu - depuis la loi de finances 2006.
- En 2007, édition du Code Général des Impôts.

3.2 ELARGISSEMENT CONTINU DE LA BASE D'IMPOSITION

Les mesures prises pour l'élargissement de l'assiette et le renforcement du rendement de la fiscalité, ont consisté en particulier en la soumission à l'IS et à la TVA des coopératives qui réalisent un chiffre d'affaires égal ou supérieur à 5.000.000 de dirhams et qui exercent des activités commerciales et industrielles à partir de 2005, la taxation des opérations immobilières au taux normal de TVA de 20% au lieu du taux de 14% à compter de 2008, application en 2010 du taux de TVA de 10% avec

droit à déduction au lieu du taux de 7% aux produits pétroliers, l'introduction de mesures visant à encourager l'intégration du secteur informel dans le secteur organisé en 2011 …

En parallèle avec l'élargissement de l'assiette fiscale, les années 2000 ont enregistré de nouvelles baisses des taux d'imposition comme le montre le tableau n°1 du présent article. Ainsi, le taux normal de l'IS est passé de 35% en 1996 à 30% en 2008. Le barème de l'IR a été réaménagé à son tour. Ainsi, le taux marginal est passé de 44% en 1996 à 42% en 2008, à 40% en 2009 et à 38% en 2010. Quant au seuil d'imposition, il a été relevé de 18.000DH en 1996 à 20.000 DH en 1999, 24.000 DH en 2008, 28.000 DH en 2009 et 30.000 DH en 2010.

3.3 REFONTE DES DROITS D'ENREGISTREMENT ET DE LA FISCALITE LOCALE

Les années 2000 ont été marquées par une autre réforme importante : la refonte des droits d'enregistrement qui n'avaient pas été concernés par la réforme fiscale de 1984. C'est l'article 13 de la loi de finances pour l'année 2004 qui a institué les nouvelles dispositions régissant ces droits et a abrogé les dispositions des textes applicables jusqu'au 31 décembre 2003. Cette refonte s'inscrit dans le cadre de la mise en application des assises nationales sur la fiscalité et vise à adapter le texte régissant les droits d'enregistrement et de timbre aux réformes qu'a connus le droit des affaires au Maroc. La refonte des droits d'enregistrement s'est faite à droit constant et s'est traduite par une simplification du texte au niveau conceptuel et technique, une réduction du nombre de taux applicables ramené de 11 à 5 et une harmonisation avec les autres impôts et taxes au niveau de la structure, dans la perspective de l'élaboration d'un code général des impôts. Elle s'est traduite aussi par le renforcement des garanties accordées aux contribuables, notamment l'institution d'une procédure préalable à la taxation d'office en remplacement du droit qu'avait l'administration fiscale de fixer unilatéralement le montant des droits exigibles [4].

Par ailleurs, l'année 2008 a connu l'entrée en vigueur d'une nouvelle réforme de la fiscalité locale. Suite à cette réforme, un nouveau système fiscal local a été mis en place. Ainsi, a été adoptée la loi n° 47-06 relative à la fiscalité des collectivités locales. Cette loi a abrogé et remplacé la loi n° 30-89 relative à la fiscalité des collectivités locales et de leurs groupements, le dahir du 30 décembre 1961 portant règlement de l'impôt des patentes , la loi n° 37-89 relative à la taxe urbaine et la loi n° 22-97 instituant au profit des chambres de commerce ; d'industrie et de services ; des chambres d'artisanat et des chambres des pêches maritimes et leurs fédérations un décime additionnel à l'impôt des patentes. Le nouveau régime de la fiscalité locale, distinguant taxes et redevances, a été complété par la loi n° 39-07 édictant des dispositions transitoires en ce qui concerne certains taxes, droits, contributions et redevances dus aux collectivités locales [5].

Le nouveau système fiscal local s'articule autour de 17 taxes et 13 droits et redevances. Les taxes sont classées en taxes au profit des communes urbaines et rurales, taxes au profit des préfectures et provinces et taxes au profit des régions. La loi n°39-07 a maintenu en vigueur les dispositions de la loi 30-89 relatives aux droits, contributions et redevances dus aux collectivités locales. La nouvelle réforme de la fiscalité locale s'est assignée les trois objectifs principaux suivants [6]: amélioration du rendement de la fiscalité locale, adaptation de la fiscalité locale au contexte de la décentralisation et harmonisation entre la fiscalité de l'Etat et la fiscalité des collectivités locales. Pour ce faire, la nouvelle réforme, en plus de la distinction taxes-redevances, a introduit un ensemble de nouveautés:

- intégration de la taxe urbaine et de l'impôt des patentes dans le nouveau texte de la fiscalité locale,
- suppression des taxes au faible rendement et celles constituant un double emploi avec la fiscalité d'Etat et fusion d'autres taxes. Au total, huit impositions prévues par la loi 30-89 ont été supprimées,
- réaménagement des impôts et taxes locaux gérés par la Direction Générale des Impôts (patente, taxe urbaine, taxe d'édilité),
- élargissement de l'assiette et maîtrise des taux d'imposition,
- harmonisation de la fiscalité locale avec la fiscalité de l'Etat notamment en matière de sanctions, recouvrement, contrôle, contentieux, d'obligations des redevables,
- introduction du système déclaratif, du paiement spontané et de la fréquence trimestrielle en matière de paiement des taxes,
- révision de la répartition des produits de certaines taxes.

Les impôts locaux gérés par la Direction Générale des Impôts (Patente, Taxe urbaine, taxe d'édilité) ont été respectivement remplacés par la taxe professionnelle, la taxe d'habitation et la taxe des services communaux. Les nouvelles taxe professionnelle et taxe sur les services communaux ont intégré respectivement la composante professionnelle de l'impôt des patentes et la taxe additionnelle à la taxe d'édilité.

4 AVANCEES ET LIMITES DU SYSTEME FISCAL MAROCAIN

Les apports de la grande réforme fiscale des années 80 ainsi que les aménagements qui l'ont suivie sont certains : institution d'impôts synthétiques, simplification de la gestion du système fiscal, garanties accordées aux contribuables, réduction des taux d'imposition, révision à la baisse des exonérations fiscales, élargissement progressif de l'assiette, prises de mesures incitatives en faveur de l'investissement et des mesures à caractère social, amélioration des recettes fiscales, allégement de la charge fiscale…Pourtant, le système fiscal marocain demeure perfectible. En dépit des avancées accomplies, il présente encore des limites et requiert par conséquent la poursuite et l'approfondissement de la réforme fiscale.

4.1 LIMITES LIEES A L'ASSIETTE FISCALE

Tout d'abord, le système fiscal marocain appréhende insuffisamment le secteur informel notamment au vu de son poids dans l'économie nationale. Selon les résultats de l'enquête nationale sur le secteur informel 2007 du Haut-Commissariat au Plan (HCP), l'économie informelle représente 14,3% du PIB contre 16,3% en 1999. Quant au nombre des unités de production informelles (UPI), il est passé de 1,23 millions en 1999 à 1,55 millions en 2007 soit une augmentation de 40.000 unités par an en moyenne. Ces unités ont réalisé un chiffre d'affaires de 280 milliards de DH en 2007 contre 166,34 milliards de DH en 1999, soit une augmentation de 68,3%. Mais la part des unités de production informelles disposant d'une patente a baissé passant de 23,3% à 18,6% entre 1999 et 2007. Un manque à gagner important en termes de recettes fiscales est alors à regagner.

Le système fiscal marocain est marqué aussi par l'ampleur de la fraude et de l'évasion fiscales. En 2011, plus de 115 000 entités soumises à l'IS ont déclaré un déficit de manière répétitive, soit 65% de la population totale d'assujettis et 2% seulement des entreprises paient 80% de l'IS [7].

Par ailleurs, malgré les mesures continues pour l'élargissement de l'assiette, le système fiscal marocain se caractérise encore par la multiplicité des exonérations accordées par le droit commun notamment en matière de T.V.A ce qui se traduit par un manque à gagner pour le trésor. Viennent s'ajouter à ces exonérations, celles accordées par la charte des investissements et insérées dans le droit commun. Les conclusions des rapports sur les dépenses fiscales élaborés par la Direction Générale des Impôts depuis la loi de finances 2005 confirment le coût budgétaire important de ces exonérations. D'après ces rapports, le montant des dépenses fiscales évaluées a plus que doublé passant de 15.457 MDHS en 2005 à 36.310 MDHS en 2012. Le tableau suivant présente une synthèse l'évolution des dépenses fiscales au Maroc en termes de nombre de mesures dérogatoires, de coût budgétaire et de part dans les recettes fiscales et dans le PIB. Ces mesures dérogatoires prennent la forme d'exonérations, réductions, abattements ou taux préférentiels. Elles concernent les impôts et taxes suivants : IR, IS, TVA y compris la TVA à l'importation, droits de douane, TIC, droits d'enregistrements et de timbre.

Tableau 2. Evolution des Dépenses fiscales au Maroc de 2006 à 2012

Désignation	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
Nombre de mesures recensées	405	410	392	393	384	399	402
Nombre de mesures évaluées	159	178	192	202	225	271	284
Montant évalué en MDHS	21 456	23 612	26 944	28734	29801	32722	36310
Part dans les recettes fiscales en %	19	17,4	15,8	17,2	17,9	17,9	19
Part dans le PIB en %	4,3	4,1	4	3,9	3,8	4,1	4,3

Source : Rapports sur les Dépenses fiscales, Direction Générale des Impôts, Rabat

A la multiplicité des exonérations s'ajoute le recours intermittent à l'amnistie fiscale pour faire face à l'aggravation ponctuelle des déficits budgétaires. Ce fut le cas en 1998 avec l'institution de la contribution libératoire instituée par la loi de finances 1998/1999 pour éviter aux contribuables tout contrôle fiscal ou toute révision des impositions concernées, et avec l'annulation des majorations ou pénalités, amendes et frais de poursuites se rapportant aux créances d'impôts, droits et taxes contre le paiement du montant total des droits simples et le cas échéant des pénalités d'assiette. Ce fut le cas également en 2013 avec l'article 10 de la loi de finances pour l'année 2013 qui a accordé une annulation totale ou partielle des pénalités, majorations de retard et frais de recouvrement, aux contribuables qui s'acquittent de leurs dettes fiscales. Aussi, l'article 4ter de la loi de finances 2014 a institué une contribution libératoire au titre des avoirs et des liquidités détenus à l'étranger par des ressortissants marocains domiciliés au Maroc sans se conformer à la réglementation des changes ainsi qu'aux dispositions du Code Général des Impôts. Le paiement de cette contribution libère les contribuables concernés du paiement de l'IR ou de l'IS ainsi que des sanctions y afférentes.

4.2 LIMITES TENANT A LA GESTION DU SYSTEME FISCAL MAROCAIN

L'ampleur de la fraude et de l'évasion fiscale constatées s'expliquent en partie par l'insuffisance des moyens de contrôle de l'administration fiscale. Le nombre d'inspecteurs vérificateurs qui est de près de 5000 en France n'est que de 280 en 2013 au Maroc contre 312 en 2012, 280 en 2011, 265 en 2009 et 220 en 2006. L'Administration fiscale ambitionne certes de renforcer les effectifs des inspecteurs chargés du contrôle fiscal pour le porter à 1500 vérificateurs et réaliser 8000 opérations de contrôle fiscal par an. En 2014, 106 nouveaux vérificateurs ont été commissionnés.

Les limites tenant à la gestion du système fiscal marocain s'expliquent aussi par la lenteur et la complexité des procédures fiscales (assiette, contrôle, contentieux, recouvrement), l'imprécision de certains textes fiscaux faisant planer des risques d'interprétation et l'instabilité et complexité accrues de la législation fiscale suite aux modifications incessantes introduites par les lois de finances successives.

D'autre part, l'administration fiscale fait face à un contentieux fiscal croissant grevant ses ressources : 78.919 réclamations ont été reçues par l'administration fiscale en 2011 contre 89.231 en 2012 et 81.172 réclamations en 2013. Il s'ensuit des délais trop longs dans le traitement de ces réclamations. En ce qui concerne les recours judicaires, il a été enregistré 2163 recours en 2011, 2621 en 2012 et 2477 en 2013. L'action de la C.N.R.F suscite également plusieurs critiques : incohérence des décisions, autonomie insuffisante, manque de moyens humains et matériels et décisions non publiées.

Enfin, malgré l'entrée en vigueur de la réforme fiscale et l'institution de l'I.G.R, la cédularité n'a pas disparu et de nouvelles cédules ont été créées : la taxe sur les cessions des valeurs mobilières (T.P.C.V.M), la contribution sur les revenus professionnels et fonciers exonérés (C.R.P.F.E). Mais, à partir de 1998, une évolution dans le sens inverse a été observée. Lesdites cédules ont été soit abrogées soit intégrées dans le texte de l'IS et/ou de l'IR.

4.3 UNE STRUCTURE DESEQUILIBREE DES RECETTES FISCALES

Malgré les allégements fiscaux importants qui ont accompagné la réforme fiscale (exonérations, réduction des taux d'imposition, suppression d'impôts et taxes …), les recettes fiscales se sont améliorées. Le rapport recettes fiscales/PIB est passé de 20,1% en 1982 à 20,4% en 1988, 21,9% en 1990 et 23,8% en 1992. Il a été de 19,4% en moyenne sur la période 1980-1989, 21,1% sur la période 1990-1995 et 19,4% sur la période 1996-2003. Mais la hausse annuelle moyenne des recettes fiscales qui a été de 12,9% sur la période 1980-1989 a baissé depuis la fin du P.A.S pour se situer à 7,1% sur la période 1996-2003. Ce ralentissement s'explique par la baisse des droits de douane suite au démantèlement tarifaire. Leur variation annuelle a été de 10,3% sur la période 1980-1989, 5,7% seulement sur la période 1990-1995 et négative sur la période 1996-2003 soit : -1,3%. Le rythme de croissance des recettes des impôts directs et des impôts indirects s'est ralenti aussi. Pour les impôts directs, il a été de 13,8% sur la période 1980-1989, 7,7% sur la période 1990-1995, et 9,4% sur la période 1996-2003. Pour les impôts indirects, sur les mêmes périodes, il a été respectivement de 11,3%, de 12,7% et de 4,5%.

De même, le rôle prééminent dans le financement du budget de l'Etat est dévolu certes aux recettes fiscales. Mais l'importance des recettes non fiscales s'est accrue aussi. Alors que la pression fiscale s'est relativement stabilisée (19,4% devant la période 1980-1989, 22,1% durant les périodes 1990-1995 et 1996-2003), le rapport recettes non fiscales/ PIB a progressé passant de 2% durant la période 80-89, à 2,8% durant la période 1990-1995 et à 3,9% durant la période 1996-2003. Cette progression est due à la croissance des recettes de la privatisation. Le rapport recettes privatisations/PIB a été de 0,9% en 1993, 1% durant le premier semestre 1996, 1,5% durant l'année budgétaire 1996-1997, négligeable jusqu'en 2001 où il a atteint 6,1%, 0,2% durant la période 1990-1995 et 1,3% durant la période 1996-2003. Mais les recettes de la privatisation ont nettement baissé depuis l'année 2003. Elles ont été nulles en 2008, 2009, 2010,2013 et 2015. Le rapport recettes de la privatisation/PIB est passé de 1.2% durant la période 2000-2007 à 0.1% seulement durant la période 2008-2016.

L'amélioration des recettes fiscales ne s'est pas accompagnée d'une évolution de la leur structure. Ainsi, la part des impôts indirects (TVA , TIC, et autres) dans les recettes fiscales totales a baissé légèrement passant de 42.4 % au titre de la période 1990-1997 à 41.2 % au titre de la période 1998-2002 et à 38.5 % au titre de la période 2003-2008. A contrario, la part des impôts directs s'est accrue progressivement. Elle est passée de 30.3 % au titre de la période 1990-1997 à 36.2 % au titre de la période 1998-2002 et à 44.4 % au titre de la période 2003-2008. A l'intérieur des impôts directs, l'essentiel des recettes est rapporté par l'IS et l'IGR : 96.62% durant la période 2003-2008 et 77% durant la période 1996-2003 contre 76% pour l'IBP et le P.T.S en 1985. Mais il y a lieu de préciser que c'est grâce en partie à l'intégration dans l'IGR de la Taxe sur le Produit des Placements à Revenu Fixe (TPPRF), de la T.P.I et de la taxe sur les Profits sur Cession des Valeurs Mobilières (TPCVM) que les recettes de ce grand impôt synthétique se sont accrues. La part de l'IGR et de l'IS dans les recettes provenant des impôts directs s'en est trouvée relevée par conséquent. Au niveau des impôts indirects, l'essentiel des recettes fiscales est rapporté par la TVA et les taxes intérieures de consommation(TIC). La T.V.A (à l'intérieur et à l'importation) a rapporté 46.69 % des recettes

provenant d'impôts indirects - au sens strict - au titre de la période 1990-1997, 49.27% au titre de la période 1998-2002 et 62.85 % au titre de la période 2003-2008 contre 75% pour la taxe sur les produits et services (T.P.S) en 1985. Au titre de ces mêmes périodes, les TIC ont rapporté respectivement 53.3%, 50.7% et 37.14 % au titre des recettes provenant d'impôts indirects. Les droits à l'importation et le prélèvement fiscal à l'importation rapportent la quasi-totalité des recettes douanières : 85.98 % au titre de la période 2003-2008, 59.76 % au titre de la période 1998-2002, 99% durant la période 1990-1995 et 95% durant la période 1980-1989 contre 93% en 1985 pour la taxe spéciale à l'importation et les droits à l'importation.

Les inégalités induites par le système fiscal marocain se manifestent aussi par la fiscalisation importante du facteur travail. Le taux marginal de l'IR a été toujours plus élevé que le taux de l'IS comme le montre le tableau n° 1 de cet article. Les entreprises soumises à l'IS « bénéficient » en outre des largesses du système déclaratif. Tandis que 73% des recettes de l'IR proviennent des salariés et un nombre élevé de contribuables demeure soumis en matière d'I.R au régime du forfait. Dans le même sens, le système fiscal marocain est loin de faire une place à un impôt sur la fortune pour réduire les écarts entre riches et pauvres. L'institutionnalisation de la Zakat se fait attendre encore pour réduire les inégalités et renforcer la solidarité entre les membres de la société. La Zakat étant le troisième pilier de l'Islam. Elle consiste en une contribution obligatoire des musulmans riches au profit des personnes pauvres.

Enfin, en matière de fiscalité locale, malgré la mise en application de la nouvelle réforme de la fiscalité locale de 2008, le système fiscal local reste encore marqué par la complexité et la pluralité des taxes et redevances. Aussi, la structure des ressources globales des collectivités locales n'a guère changé. Les transferts de l'Etat, constituées pour l'essentiel par la part de la TVA, ont représenté 54 % de l'ensemble des recettes des collectivités territoriales au titre de la période 2009-2013, contre 21 % pour les ressources gérées directement par les communes et 18 % pour les ressources gérées par la Direction générale des Impôts (taxe professionnelle, taxe d'habitation, taxe sur les services communaux) [8]. De même, le système fiscal local reste marqué par son faible rendement. Les ressources des collectivités locales ne couvrent que partiellement leurs dépenses. Au titre de la période 2009-2013, les ressources fiscales propres des communes ont couvert à peine 54 % de leurs dépenses de fonctionnement [9]. Au titre de la même période, les recettes fiscales des communes urbaines et rurales n'ont couvert leurs dépenses d'investissement que dans des proportions faibles : 20 % et de 5 % respectivement [9].

5 PERSPECTIVES DE REFORME DU SYSTEME FISCAL MAROCAIN

Les réaménagements successifs et réformes des années 2000 n'ont pas éliminé toutes les défaillances de la fiscalité marocaine. Confronté au contexte de crise économique et aux déséquilibres macroéconomiques importants, le système fiscal marocain devient sujet d'une nouvelle réforme.

5.1 RECOMMANDATIONS ASSISES FISCALES DE 2013

Dans ce sens, le gouvernement a organisé les secondes assises nationales sur la fiscalité en avril 2013. Il s'agit des secondes assises nationales après celle organisées en 1999. La deuxième édition des assises sur la fiscalité s'est tenue dans un contexte économique particulier marqué par l'aggravation des déficits publics et la dégradation des comptes extérieurs. Le déficit budgétaire a atteint le record de 6,8 % du PIB en 2012 contre un excédent de 0,8 % en 2008. L'encours de la dette totale du Trésor, en hausse continue, est passé de 45,4% du PIB en 2008 à 61,8% en 2012 et à 64,8% en 2016. Le solde du compte courant de la balance des paiements est passé de - 0,1% en 2007 à -9,5% en 2012. Les réserves en devises sont passées de 7,9 mois d'importation en 2007 à 4 mois en 2012. Cette dégradation des indicateurs économiques et financiers est due à une série de facteurs : impact de la crise économique et financière de 2008, répercussions du printemps arabe, renchérissement de la facture énergétique, hausse continue des charges de compensation, maintien de la dynamique des investissements publics…

Privilégiant la démarche participative, les assises nationales de l'année 2013 ont connu la participation de l'institution parlementaire, des instances constitutionnelles et consultatives, des organisations syndicales, des professionnels et des experts, de la société civile, des universitaires. L'objectif de ces assises fiscales était d'organiser un débat sur le système fiscal marocain et de recueillir et formuler des propositions en vue de sa réforme. A l'issue des travaux de ces assises, ont été présentées les différentes propositions de réforme formulées par les participants. Ces propositions ont concerné la législation fiscale, la lutte contre la fraude fiscale et l'informel, la fiscalité et la compétitivité économique, l'Administration fiscale et la fiscalité locale et régionale [10].

En matière de législation fiscale, les participants aux assises ont proposé de rééquilibrer les recettes fiscales entre les impôts directs et indirects en vue d'assurer la justice fiscale souhaitée, la réduction progressive des distorsions concurrentielles induites par la multiplicité des dépenses et exonérations fiscales dont bénéficient certains secteurs, la fiscalisation progressive du secteur agricole, la réforme de l'impôt sur le revenu dans le sens de plus de justice fiscale entre les personnes physiques

soumises à cet impôt, la mise en place d'un impôt frappant les investissements non productifs tels les terrains au lieu d'un impôt sur la fortune…

Pour la lutte contre la fraude fiscale et appréhension de l'informel, il a été proposé de mettre en place une politique globale et concertée pour appréhender le secteur informel, de mettre en place un dispositif fiscal incitatif et approprié aux PME, mettre en place un dispositif efficace de lutte contre la fraude fiscale visant le renforcement des moyens de l'Administration fiscale, d'améliorer les travaux des commissions fiscales, d'assurer le recouvrement efficace des créances fiscales…

En matière de rapports fiscalité-compétitivité, les participants aux assises ont appelé à l'instauration d'un pacte de stabilité fiscale, la baisse de la pression fiscale et la rationalisation des règles d'assiette, la minimisation de l'impact de la fiscalité sur la restructuration des entreprises (fusion, transmission) et la réforme globale de la TVA. Cette réforme de la TVA devrait se concrétiser par la généralisation du droit de déduction, la réduction des situations de butoir, l'amélioration des conditions de remboursement, la réduction du nombre de taux, l'élargissement de l'assiette et la réduction des exonérations injustifiées.

Pour l'amélioration des rapports administration fiscale-usagers, il a été recommandé la valorisation et la poursuite des efforts déployés par l'administration pour améliorer la qualité des services offerts au contribuable (amélioration de l'accueil, amélioration des délais de traitement des demandes, simplification et dématérialisation des procédures), l'encadrement du pouvoir d'appréciation de l'administration et la clarification des textes fiscaux, l'amélioration des conditions de contrôle fiscal et la gestion du contentieux, l'amélioration de la communication de l'administration fiscale, l'adaptation du régime de sanctions, la promotion de l'éthique et des principes de la bonne gouvernance…

Au sujet de la fiscalité locale et régionale, les assises fiscales ont proposé notamment la dotation des collectivités locales de structures adaptées de recouvrement et la révision des critères de répartition du produit de la TVA entre les différentes collectivités locales.

5.2 MISE EN ŒUVRE DES RECOMMANDATIONS DES ASSISES FISCALES DE L'ANNEE 2013

Le gouvernement a entamé la mise en œuvre des recommandations des assises fiscales de l'année 2013 à partir de la loi de finances 2014 entreprenant ainsi par étapes, une nouvelle réforme profonde du système fiscal national, dans le sens de l'amélioration de son efficience. Les mesures prises à cet effet concernent les différents impôts et taxes : l'impôt sur les sociétés (IS), la taxe sur la valeur ajoutée (TVA), l'impôt sur le revenu (IR) et les droits d'enregistrement et de timbre. Elles visent principalement les objectifs suivants :

- l'amélioration de la compétitivité de l'entreprise,
- la réduction des inégalités sociales,
- l'élargissement de l'assiette,
- la poursuite de l'amélioration des relations avec les contribuables,
- le renforcement des recettes fiscales,
- le renforcement de l'équité fiscale.

En matière de TVA et suite aux recommandations des assises nationales sur la fiscalité de 2013, s'est poursuivie la réforme de cette taxe par la réduction du nombre de taux d'imposition. Deux taux d'imposition sont institués : le taux normal de 20% et le taux réduit de 10%. Ainsi à partir de la loi de finances 2014 , deux mesures fiscales ont été reconduites à cet effet : l'application du taux de 10% à certains produits ou services exonérés ou soumis au taux de 7% et l'application du taux de 20% à certains produits exonérés ou soumis au taux de 14%. Aussi , dans le cadre de la réforme de la TVA et la mise en œuvre des recommandations des assises nationales sur la fiscalité , le remboursement de la TVA a été étendu pour couvrir les biens d'investissement à l'exception du matériel, mobilier de bureau et des véhicules de transport de personnes autres que ceux utilisés pour les besoins de transport public ou de transport collectif du personnel.

En matière d'IS, et en vue d'alléger la pression fiscale des entreprises, les personnes morales assujetties à l'IS bénéficient à partir de l'année 2016 d'un nouveau barème progressif et allégé. La loi de finances pour l'année 2016 a, en effet, institué des taux proportionnels selon les bénéfices fiscaux allant de 10% à 31% au lieu du taux unique en vigueur de 30 %. La loi de finances 2018 a institué un nouveau barème progressif de l'IS au lieu du barème proportionnel de 2016. Le nouveau barème prévoit un taux d'imposition pour chaque tranche du bénéfice : le taux de 10 % pour le montant du bénéfice Inférieur ou égal à 300.000 dirhams; le taux de 20% pour le montant du bénéfice de 300 001 à 1.000.000 dirhams et le taux de 31% pour le montant du bénéfice supérieur à 1.000.000 dirhams.

Dans le même sens, la loi de finances de 2017 a institué une exonération totale de l'IS des sociétés industrielles nouvellement créées pendant cinq ans à compter de la date du début de leur exploitation et une réduction permanente de l'IS

pour les sociétés qui s'introduisent en bourse. D'autres mesures incitatives ont été introduites par la loi de finances 2017 : institution d'un régime d'incitation fiscale aux opérations de restructuration des groupes de sociétés et institution d'un régime fiscal particulier permanent au profit des opérations de fusion et de scission de sociétés. Ces mesures ont été prises également dans le cadre de la mise en œuvre des recommandations des assises fiscales de l'année 2013.

En matière d'IR , et en vue de lutter contre le chômage et les activités informelles , une imposition forfaitaire a été instituée en faveur des personnes physiques exerçant leur activité professionnelle dans le cadre du régime de l'auto-entrepreneur. Ces personnes sont soumises à l'IR, en appliquant au chiffre d'affaires encaissé le taux de 1% sur le montant qui ne dépasse pas 500 000 DH pour les activités commerciales, industrielles et artisanales ou le taux de 2% sur le montant qui ne dépasse pas 200 000 DH pour les prestations de service. Une autre mesure commune importante à l'IR et l'IS a été prise par la loi de finances 2014 dans le cadre de la mise en œuvre des recommandations issues des assises nationales sur la fiscalité de 2013: la fiscalisation progressive du secteur agricole exonéré depuis l'année 1984. Depuis ; seuls les exploitations agricoles réalisant un chiffre d'affaires annuel inférieur à 5 millions de dirhams continueront de bénéficier de l'exonération, au titre de leurs revenus agricoles.

D'autre part , pour promouvoir les exportations , la loi de finances 2017 a étendu aux exportateurs indirects l'avantage fiscal des exportateurs à savoir l'exonération totale de l'IS ou de l'IR pendant les cinq premières années d'exportation et de l'imposition au taux réduit de 17,5% en matière d'IS ou de 20% en matière d'IR au-delà de cette période. D'autres mesures fiscales ont été prises pour clarifier certaines dispositions fiscales , instituer des régimes fiscaux spéciaux pour certaines activités et produits , instituer des mesures incitatives pour améliorer la compétitivité des entreprises , harmoniser des dispositions fiscales entre les différents impôts et taxes (cas des sanctions) ,dématérialiser les procédures fiscales notamment en généralisant la télédéclaration et le télépaiement; supprimer ou plafonner certaines exonérations ou déductions , simplifier la gestion du système fiscal …

5.3 UN PREMIER BILAN

La réforme fiscale actuelle n'est pas encore achevée. Les recommandations des assises nationales de fiscalité de l'année 2013 sont encore en cours de mise en œuvre. Un premier bilan s'impose néanmoins pour appréhender l'impact des mesures déjà adoptées. En premier lieu, il est constaté la persistance du déséquilibre de la structure du système fiscal marocain. La part des impôts indirects reste encore élevée atteignant 41,8 % en 2016 contre 43,4 % en 2013. En matière de lutte contre la fraude fiscale ; la tendance à la déclaration des résultats fiscaux déficitaires s'accentue. Seulement 31% des 239.031 entreprises soumises à l'IS ont déclaré des bénéfices à fin 2014. En hausse significative, la part des entreprises ayant déclaré un résultat négatif ou nul a atteint 58% du tissu productif national contre pas plus de 52% en 2012. Mais face à ces déclarations récurrentes de résultats déficitaires; le nombre de vérifications générales de comptabilité ne s'est accru que de 1,3 % entre 2015 et 2016 pour s'établir à 1411 vérifications. Le nombre limité de vérifications de comptabilité est lié à l'effectif réduit du personnel de l'administration fiscale qui a baissé de 2012 à 2014 pour ne retrouver son niveau de 2012 qu'à partir de l'année 2016. Il faut noter aussi la proportion faible du personnel de l'administration fiscale affecté au métier du contrôle fiscal : 11 % seulement en 2016 contre 41 % pour l'assiette et 13 % pour le recouvrement.

Les difficultés de gestion du système fiscal marocain se manifestent aussi à travers la situation du contentieux fiscal. Les décisions rendues par la CNRF représentent en 2016 à peine 62% des recours formulés contre 97 % pour l'année 2015 et 100% pour 2014. Le nombre de recours judiciaires est en croissance continue : + 16 en 2014, +15 % en 2015 et + 9 % en 2016. En croissance également, le stock du contentieux administratif liquidé est passé de 75.508 en 2014 à 90.843 en 2016.

En matière de dépenses fiscales , il y a lieu de noter la reprise de la croissance aussi bien du montant des dépenses fiscales que du nombre de mesures dérogatoires recensées en 2016 après la baisse constatée en 2015. Le montant des dépenses fiscales est ainsi passé de 32.423 millions de Dirhams en 2016 contre 31.749 millions de Dirhams en 2015. Le nombre de mesures dérogatoires recensées est passé à 408 en 2016 contre 399 en 2015. La réforme fiscale en cours a confirmé également le caractère instable du système fiscal marocain. Ainsi à elles seules, les lois de finances 2016 et 2017 ont prévu respectivement 42 et 45 nouvelles mesures fiscales modifiant le Code Général des Impôts.

Sur le plan du rendement, l'amélioration des recettes fiscales reste modérée depuis 2014. La pression fiscale poursuit sa tendance baissière se situant à 21,5 % en 2014 ; 20,9 % en 2015 et 20,8 % en 2016 contre 25,9 % en 2008. Le taux de croissance des recettes fiscales - y compris la TVA des collectivités locales - évolue également à un rythme faible. Il a été de 3,7 % en 2016 et 3,25 % en 2015 contre 23,6 % en 2008 ; 19,8 % en 2007 et 13,5 % en 2006. Par conséquent, les recettes fiscales n'arrivent pas à équilibrer les finances publiques. Le déficit budgétaire en % du PIB a été de -5% ; - 4,7 % et - 3,5 % respectivement en 2014 ; 2015 et 2016 contre - 2,6 % au titre de la période 2000-2007. De même, le taux de croissance des recettes de l'IS des

sociétés côtées en bourse des valeurs de Casablanca-grandes entreprises essentiellement- a nettement baissé au cours de la période 2008-2013, se limitant à 4 % contre 16,8% pour la période 2000-2007.

6 CONCLUSION

Au vu des insuffisances précitées et de la tendance vers le resserrement des contraintes budgétaires avec le tarissement des recettes douanières et des autres recettes du budget général de l'Etat -recettes de la privatisation en particulier-, la croissance continue des dépenses publiques et la hausse de l'endettement, un approfondissement de la réforme fiscale s'impose. En effet, le déficit budgétaire en % du PIB est passé de 0.4 % en 2008 à 6.8% en 2012 et à 4.3 % en 2015. L'encours du total de la dette du Trésor est passé de 46.9% du PIB en 2009 à 63.4% en 2014. Aussi, les recettes de la privatisation ont nettement baissé. Elles ont été nulles en 2008, 2009, 2010, 2013 et 2015. Et le rapport recettes de privatisation / PIB a été d'à peine 0.6 % en 2011, 0.4 % en 2012, 0.1 % en 2014, 0.1% en 2016 et 0.1 % pour toute la période 2008-2016 contre 1.2 % pour toute la période 2000-2007.

Il y a lieu notamment de s'atteler à l'élargissement de l'assiette par la révision du système d'exonérations, l'élargissement de la base imposable, la lutte systématique contre la fraude et l'évasion fiscales, la modernisation ainsi que le renforcement des moyens humains et matériels de l'administration fiscale, le développement de l'adhésion spontanée des contribuables à l'impôt, l'élargissement de l'utilisation des techniques évoluées d'imposition (paiement spontané, paiement par acomptes, régime déclaratif …), la lutte contre la corruption, la simplification continue des procédures fiscales, la numérisation de la gestion du système fiscal...Ceci étant, le desserrement des contraintes budgétaires requiert également des efforts au niveau des dépenses publiques pour freiner leur tendance continue à la croissance.

REFERENCES

[1] AKESBI N, La réforme fiscale de l'ajustement structurel au Maroc : portée et limites, in Bilan décennal du programme d'ajustement structurel et perspectives de l'économie marocaine, Actes du colloque international de l'Association des Economistes Marocains des 1er, 2 et 3 octobre 1993, in Annales Marocaines d'Economie, n° spécial (hors série), Rabat, Janvier 1994, p. 234.

[2] Direction des Impôts, Note circulaire n°709 relative aux dispositions fiscales de la loi de finances pour l'année 2001, Rabat, 2001, p.2.

[3] Direction Générale des Impôts, Rapport d'activité 2006, Rabat, pp 6-7.

[4] Direction Générale des Impôts, Instruction générale n° 714 relative aux droits d'enregistrement, 2004, Rabat, pp 2-3.

[5] Bulletin Officiel n° 5591 bis du 31 décembre 2007.

[6] Ministère de l'Intérieur, Direction Générale des Collectivités Locales, Direction des Finances Locales, Guide de la fiscalité locale, Décembre 2008, Rabat, pp.4-5.

[7] Conseil Economique et Social, Le système fiscal marocain, développement économique et cohésion sociale, Rabat, 2012, p.140.

[8] Cour des comptes, Rapport sur la fiscalité locale (Synthèse), Mai 2015, Rabat, p.10.

[9] Cour des comptes, Rapport sur la fiscalité locale (Synthèse), Mai 2015, Rabat, p.12.

[10] Ministère de l'Economie et des Finances, Recueil des travaux des Assises Nationales sur la Fiscalité, 29 et 30 avril 2013, Rabat, AZ Editions, 2013, pp.70-79.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 2 Sep. 2018, pp. 845-858
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Validation du procédé lit bactérien comme Meilleure Technique Disponible (MTD)

[Validation of the bacterial bed process as Best Available Technique (BAT)]

Samir Baroud, Mouad Sadi, Khadija El Kharrim, and Driss Belghyti

Laboratoire d'Agro-physiologie, Biotechnologies, Environnement et Qualité, Département de Biologie, Faculte des Sciences, Universite Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

Copyright © 2018 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: Today, Moroccan WWTPs must comply with the IPPC Directive (2008/1 / EC) (Integrated Pollution Prevention and Control) through their international regulations, justifying the use of the best available techniques. The "Bacterial Bed" process set up for wastewater treatment in the city of Khenifra, showed a strong robustness of the purification system, which can ensure a significant elimination of the organic load and wait for very encouraging purification yields. These results have led us to ask the following question: can our process be considered as the best available technique? The comparison of the bacterial bed process has therefore been performed with other methods available in Morocco. To do this and given the lack of evaluation methods, we propose the "Focus L-BAT" method based on a thorough analysis of the 12 IPPC Directive considerations. The method is structured according to a tree structure with 3 levels (BAT performance evaluation objectives, criteria and indicators). The evaluation mode is qualitative and based on a five-level scoring system. Although weaker on criteria such as energy consumption, maintenance, maintenance or ease of implementation, the bacterial bed process has its strong points on criteria such as - control of consumption and recycling, regulatory compliance, prevention of risks related to chemicals. The results show that, for the bacterial bed process, 42% of the criteria are rated as having good or very good performance compared to activated sludge and aerated lagoon processes. The bacterial bed process is therefore more efficient than the activated sludge and aerated lagoon processes in terms of BAT criteria. It can therefore be candidate for BAT of BREF urban wastewater treatment as a performance technique.

KEYWORDS: BAT, Environmental Assessment, Focus L-BAT, WWTP, technique performent.

RÉSUMÉ: Les STEP du Maroc doivent aujourd'hui se conformer à la directive IPPC (n°2008/1/CE) (Integrated Pollution Prevention and Control) via leur réglementation internationale en justifiant l'utilisation des meilleures techniques disponibles. Le procédé « Lit Bactérien » mis en place pour le traitement des eaux usées de la ville Khenifra, a montré une forte robustesse du système d'épuration, qui peut assurer une élimination importante de la charge organique et attendre des rendements épuratoires très encourageants. Ces résultats obtenus nous ont menés à nous poser la question suivante : notre procédé peut-il être considéré comme meilleure technique disponible ? La comparaison du procédé des lits bactériens a donc été effectuée avec d'autres procédés disponibles au Maroc. Pour ce faire et étant donné l'inexistence de méthodes d'évaluation, nous proposons la méthode « Focus L-BAT » qui repose sur une analyse approfondie des 12 considérations de la directive IPPC. La méthode est structurée suivant une arborescence à 3 niveaux (objectifs, critères et indicateurs d'évaluation des performances des MTD). Le mode d'évaluation est qualitatif et basé sur un système de notation en cinq niveaux. Bien que plus faible sur des critères du type consommation d'énergie, maintenance, entretien ou encore facilité de mise en œuvre, le procédé lits bactériens voit ses points forts sur des critères tels que – maîtrise des consommations et recyclage, conformité réglementaire, prévention des risques liés aux produits chimiques. Les résultats montrent que, pour le procédé lits bactériens, 42% des critères sont notés comme ayant une bonne voire une très bonne performance par rapport aux procédés les boues activés et lagunage aéré. Le procédé lits bactériens est donc plus performant que les procédés : boues activés et lagunage aéré au regard des critères MTD. Il peut donc être candidat aux MTD du BREF traitement des eaux usées urbaine comme technique performent.

MOTS-CLEFS: MTD, évaluation environnementale, Focus L-BAT, STEP, technique performent.

Corresponding Author: Samir Baroud

1 INTRODUCTION

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés [1]. De nos jours, la maitrise des impacts environnementaux est devenue un enjeu majeur. En effet, la règlementation est de plus en plus exigeante et les couts de non-conformité peuvent être plus difficiles à supporter que la mise en place d'options environnementales adaptées au contexte de l'industriel. De plus, le coût élevé des techniques des stations d'épuration [2]. Néanmoins, malgré les efforts accomplis par l'administration et les organisations de gestions de l'assainissement au Maroc, auraient besoin de plus de guides méthodologiques pratiques et simples d'utilisation qui répondent aux obligations règlementaires en matière de prévention et de protection de l'environnement.

Pour parvenir à cet objectif, la directive européenne dite IPPC (n°2008/1/CE) (Integrated Pollution Prevention and Control) impose aux industries à fort potentiel de pollution d'utiliser des meilleures techniques disponibles (MTD) afin d'atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement dans l'Union Européenne. A ce titre, la réglementation française ne prescrit pas l'utilisation d'une ou plusieurs MTD mais insiste sur l'évaluation des performances au regard des MTD. Afin d'aider les industriels, les MTD de référence sont regroupées, de façon non exhaustive, par secteurs d'activité dans des guides techniques élaborés au niveau européen, les BREFs. De plus, la directive IPPC présente dans son annexe IV douze considérations à prendre en compte pour la sélection d'une technique comme MTD [3].

Le procédé lis bactérien, mis en place pour l'épuration des eaux usées domestiques de la ville Khenifra, consiste à alimenter en eau usée, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution. Par ailleurs, le procédé proposé est simple d'utilisation. Les résultats obtenus nous ont menés à nous poser la question suivante : Notre procédé peut-il être considéré comme meilleure technique disponible ? L'approche utilisée pour étudier le procédé lit bactérien de la STEP de Khenifra, comprend en premier temps, une description sommaire des procédés d'épuration des eaux usées disponibles au Maroc, il aborde ensuite une analyse et comparaison de ces procédés par la méthodologie Focus L-BAT et enfin, la validation de la technologie lits bactériens comme MTD.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La station d'épuration des eaux usées de Khenifra, est située à environ 500 mètre du périmètre urbaine au sud-ouest de la ville de Khenifra sur la rive gauche de l'oued Oum Errabia. L'accès actuel au site de la STEP se fait par une piste depuis la route national N°8. La filière d'épuration, de type lits bactériens, composée de deux filières (Figure 1)

1- La filière eau : comprend les ouvrages suivants

- Un prétraitement : dégrillage, dessablage, canal de mesure venturi
- Un ensemble de dispositifs de traitement et d'évacuations des déchets de prétraitement (refus de dégrillage, sables)
- Une décantation primaire
- Un traitement biologique par lit bactériens
- Une décantation secondaire

2- Filière boues : les boues sont extraites par pompage au niveau des décanteurs primaires ainsi qu'au niveau des décanteurs primaires ainsi qu'au niveau des clarificateurs. La filière est constituée des ouvrages suivants :

- L'extraction des boues depuis les décanteurs secondaires
- La digestion anaérobie de boues primaires et secondaires dans les Fosses Imhoff.
- Le pompage des boues digérées vers les lits de séchage
- La déshydratation des boues dans les lits de séchage
- Une aire de stockage des boues sèches

La STEP a une capacité de 153 200 Equivalents Habitants (Horizon 2025, 35 g DBO/hab/j) un débit moyen de 11 494 m3/j et un débit de pointe journalière de 14 707 m3/j, avec une charge en DBO5 de 5 363 Kg/j, avec une charge de 5 863 Kg/j en MES et 10 726 Kg/j en DCO.

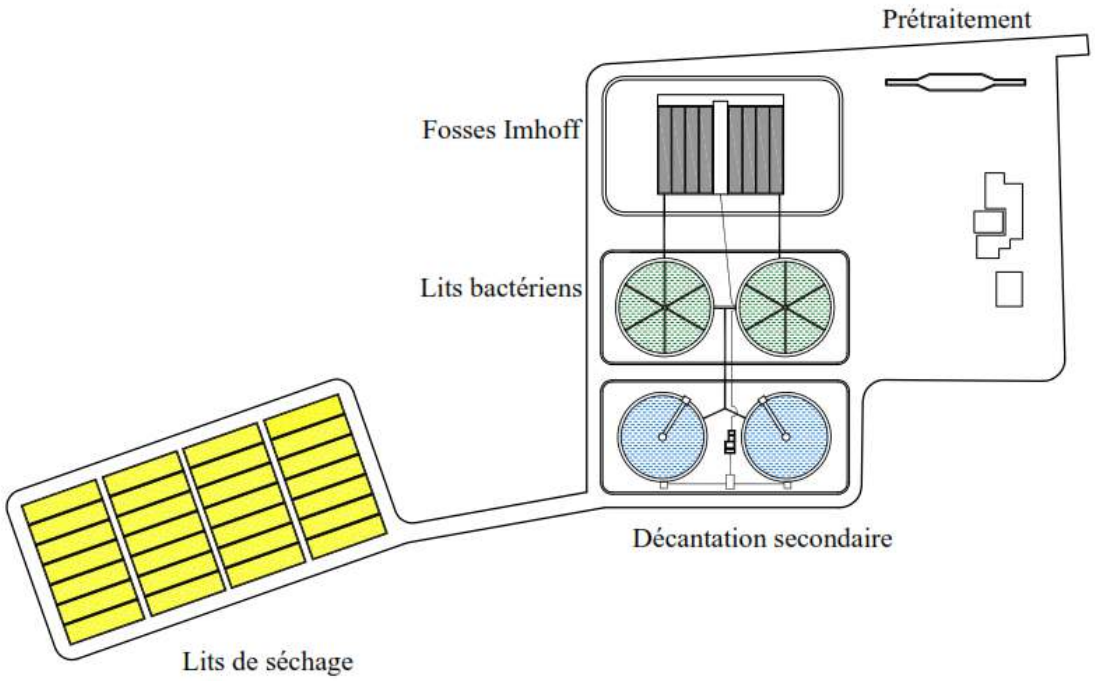


Fig. 1. Schéma général des filières de la STEP de la ville de Khenifra

2.2 CONCEPT DE MEILLEURE TECHNIQUE DISPONIBLE

Le concept de Meilleure Technique Disponible (Best Available Techniques en anglais (BAT)) est apparu en 1996 avec la directive européenne IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) sur la prévention et le contrôle intégré de la pollution n°96/61/EC. Il a récemment été repris dans la version codifiée de cette directive [4].

La directive IPPC n° 2008/01/EC s'applique dans une logique de prévention et de réduction intégrées des pollutions industrielles et a pour objet d'imposer une approche globale de l'environnement. L'objectif de cette approche intégrée est d'améliorer la gestion et le contrôle des processus industriels afin de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble dans l'Union Européenne, en évitant ou en minimisant les émissions polluantes dans l'eau, l'atmosphère et les sols ainsi que les déchets.

La définition donnée par l'article 2-12 de la directive n°2008/01/EC est la suivante : une MTD est « le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. »

Les MTD sont considérées comme les « meilleures » techniques, au sens où elles sont les plus efficaces pour atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble. Ces techniques sont « disponibles », ce qui signifie qu'elles sont testées à une échelle leur permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages. Il n'est pas nécessaire que ces techniques soient utilisées ou produites sur le territoire de l'Etat membre intéressé. Enfin, la notion de « techniques » recouvre aussi bien les technologies employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt.

Pour être considérée MTD, l'évaluation doit prendre en considération les caractéristiques techniques de l'installation concernée, sa localisation géographique et les conditions locales de l'environnement. Une MTD dans un contexte donné peut ne pas l'être si les conditions locales et environnementales venaient à être changées. De plus, la directive IPPC propose dans son annexe IV, 12 considérations pour déterminer des MTD (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des 12 considérations de la directive IPPC (annexe IV)

Considérations (C)	Libelles
C1	Utilisation de techniques produisant peu de déchets
C2	Utilisation de substances moins dangereuses
C3	Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisés dans le procédé et des déchets, le cas échéant
C4	Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle
C5	Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques
C6	Nature, effets et volume des émissions concernées
C7	Dates de mises en service des installations nouvelles ou existantes
C8	Durée nécessaire à la mise en place d'une meilleure technique disponible
C9	Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et l'efficacité énergétique
C10	Nécessité de prévenir ou de réduire à un minium l'impact global des émissions et des risques sur l'environnement
C11	Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement
C12	Informations publiées par la commission en vertu de l'article 16 paragraphe 2 ou par des organisations internationales.

2.3 ENJEUX ET OBJECTIF DES BREFS

En réponse à l'article 16 de l'IPPC, un échange d'informations est organisé par la Commission Européenne pour élaborer des guides de référence sur les meilleures techniques disponibles. Il se traduit par le "processus de Séville" qui synthétise et enregistre ces MTD dans des BREF (BatREFerence document) [5,6].Les BREF ou BatREF document sont des guides, rédiges par le bureau européen de l'IPPC (E-IPPC-B) de Séville sur la base des recommandations techniques des groupes de travail techniques sectoriels TWG (Technical Working Group), pour composes d'experts de tous les Etats Membres et des Etats candidats à l'Union, des industriels concernes et des ONG.

Les BREFs constituent des catalogues de procèdes existants en Europe, éprouves industriellement pour les activités industrielles définies dans l'annexe de la directive IPPC. Ils sont élabores dans l'objectif d'organiser et d'échanger les informations disponibles sur les MTD, d'aider à un équilibre technologique des pays de la Communauté Européenne et de favoriser la diffusion mondiale des valeurs limites et des techniques utilisées dans la Communauté. De plus, leur objectif est d'encourager les Etats Membres dans l'application efficace de cette Directive. Ce sont des outils d'aide à la décision pour l'inspecteur instruisant une demande d'autorisation à exploiter et pour les responsables d'une activité qui doivent définir leur politique environnementale en justifiant de l'utilisation de meilleures techniques disponibles.

Les BREFs regroupent des données qualitatives ou quantitatives pour définir les performances environnementales, énergétiques et économiques des techniques. Ils sont des documents imposants (certains font plus de 700 pages). La liste des BREFs disponibles figurent en annexe de la circulaire du 25 juillet 2006 avec leur état d'avancement. L'ensemble des 33 BREFs couvrant la globalité des activités IPPC a été adoptée en décembre 2006. Les BREF peuvent concerner un secteur en particulier (6 BREFs dits "vertical") ou concerner des dispositions communes de différentes activités industrielles (27 BREFs dits "horizontaux"). Ainsi, les industriels doivent dans la majorité des cas s'appuyer sur plusieurs BREFs [7].

L'objectif de ces BREFs est double :

- Un catalogue de procédés existants en Europe, éprouvés industriellement pour les activités industrielles définies dans l'annexe I de la directive IPPC.
- Un outil d'aide à la décision d'une part, pour l'inspecteur étudiant une demande d'autorisation à exploiter et d'autre part, pour les responsables d'une activité qui doivent définir leur politique environnementale en justifiant de l'utilisation de meilleures techniques disponibles.

2.4 MÉTHODOLOGIES EXISTANTES

Quatre travaux ont inspiré la méthode que nous avons développée pour l'évaluation du procédé lits bactériennes au regard des performances des MTD :

- Les travaux réalisés sur les 12 considérations de l'IPPC [8,9].Ce travail a permis de montrer l'hétérogénéité des considérations et qu'une restructuration et reformulation étaient nécessaires. Ce fut notamment les travaux de Laforest (2007) et Cikankowitz (2008) ;
- La méthodologie d'évaluation des performances environnementales des techniques en vue de les valider comme meilleures techniques disponibles intitulée L-BAT (Local-Best Available Technique). Deux approches ont été développées dans le cadre de ce travail de recherche : une approche théorique basée sur l'étude des 12 considérations (Annexe IV de l'IPPC) et une approche expérimentale. L'approche expérimentale a été validée dans le cadre de la thèse de Cikankowitz (2008). L'approche théorique a servi de base à la méthodologie Zéro Plus ;
- La méthode Zéro Plus développée dans le cadre du projet ZéroPlus (projet LIFE Environnement LIFE05 ENV/E/000256 repose sur un outil d'évaluation de techniques par rapport aux performances d'une technique de référence qui peut être une MTD. Elle renforce L-BAT en complétant les critères de performance économique et en explicitant les considérations par des indicateurs de comparaison de techniques [10] ;
- La méthode Focus L-BAT développée grâce aux trois outils d'évaluation précédents. Cette méthodologie permet d'évaluer précisément mais de façon qualitative les performances d'un procédé à celles d'un procédé de référence. Il permet de se focaliser sur le procédé plutôt que sur l'ensemble de l'outil de production comme la méthodologie L-BAT le propose actuellement. Elle est donc un complément et un renforcement de cette dernière. C'est pour cette raison qu'elle s'appelle Focus L-BAT.

2.5 MÉTHODOLOGIE PROPOSÉE : LA MÉTHODOLOGIE FOCUS L-BAT

La méthodologie d'évaluation utilisée s'appuie donc sur la base de référence à l'évaluation des performances environnementales développée par Cikankowitz (2008) et sur la méthodologie ZéroPlus (2009). L'objectif étant l'évaluation du procédé intensif les lits bactériens (traitement biologique aérobie à culture fixée des eaux usées de la ville Khenifra) comme Meilleure Technique Disponible (MTD). La structure de l'arborescence utilisée pour notre méthodologie d'évaluation est alors divisée en 4 rubriques :

- les **objectifs** MTD définis par la méthodologie L-BAT : environnement, risques / sécurité, performance technique et faisabilité économique.
- l'identification des **sous-objectifs et des critères** répondant plus précisément à ces objectifs
- l'association des **12 considérations** de l'IPPC pour chaque critère identifié et,
- l'identification des **indicateurs** permettant d'évaluer précisément le procédé.

Afin de pouvoir comparer des procédés ayant des fonctionnements différents, il n'est pas possible de présenter une évaluation quantitative sur la base de paramètres ou de variables de fonctionnement. Ainsi, l'évaluation se fera via le renseignement des critères et sera de type qualitatif. Les 12 considérations n'étant pas toutes pertinentes pour notre étude, nous en avons sélectionné huit : C1, C2, C3, C4, C5, C6, C8, C9.

Les considérations C7 (dates de mises en service des installations nouvelles ou existantes) et 12 (informations publiées par la commission en vertu de l'article 16 paragraphe 2 ou par des organisations internationales) ne peuvent être prise en compte étant donné que le procédé lits bactériens avec des Fosse Imhoff en amont est un procédé innovant qui n'a pas encore approuver pour les grands villes et qu'aucune information à son sujet est publiée. Les considérations C10 (nécessité de prévenir ou de réduire à un minium l'impact global des émissions et des risques sur l'environnement) et C11 (nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement) concernent les conséquences du procédé sur l'environnement en termes de risques et d'accidents ce qui ne peut être étudié car le procédé n'a pas encore été exploité à l'échelle industrielle.

Pour compléter la définition des MTD, quatre nouvelles considérations issues des travaux du projet ZéroPlus ont été ajoutées [10] :

- C13. Retour sur investissement
- C14. Réduction des coûts (MP, traitement des déchets, etc.),
- C15. Réduction des coûts de maintenance et d'entretien et,
- C16. Réduction des coûts de non-conformité.

Le tableau 1 présente l'arborescence utilisée pour l'objectif 'prévenir et limiter les impacts environnementaux'. Les 3 autres objectifs étant décrits et structurés sur le même schéma. Ce cadre de référence facilite la comparaison et l'évaluation des procédés en MTD. Le mode d'évaluation se base sur l'échelle à 5 niveaux suivante :

- une note positive « ++ » indiquant une très bonne performance par rapport au procédé de référence
- une note positive « + » indiquant une bonne performance par rapport au procédé de référence
- une note neutre « 0 » indiquant aucun changement dans le niveau de performance par rapport au procédé de référence
- une note négative « - » indiquant une baisse de performance significative par rapport au procédé de référence

- une note négative « -- » indiquant une baisse de performance très significative par rapport au procédé de référence qui présente une charge polluante en matière de DBO_5, DCO et MES très élevée.

Tableau 2. Extrait de l'arborescence d'évaluation des performances des techniques

Objectifs MTD	Sous-objectifs – critères		Identification des considérations de l'IPPC	Indicateurs
Prévenir et limiter les impacts environnementaux	Maîtrise des consommations + valorisation	Eau	C3 : Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant	% de l'eau réutilisée ou recyclée par rapport au procédé actuel (taux de recyclage)
		Energie	C9 : Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique	% de réduction de la consommation d'eau comparé au procédé actuel
		Produits chimiques	C9 : Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique	% de variation de la quantité d'énergie utilisée comparé au procédé actuel
		Réduction des pertes de produits chimiques par entrainement	C9 : Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique	% de réduction de la consommation de produits chimiques comparé au procédé actuel
	Traitement des rejets (VLE)	effluents liquides	C6 : Nature, effets et volume des émissions concernées	% des émissions dans l'eau par rapport au procédé actuel
		Déchets solides (DND, DD,etc.)	C1 : Utilisation de techniques produisant peu de déchets	% de réduction (écart) des déchets solides produits comparé au procédé usuel (ou par rapport à une référence ou un objectif défini en interne)
				% de variation (écart) des déchets contenant dessubstances dangereuses comparé au procédé usuel (oupar rapport à une référence ou un objectif défini eninterne)
	Traitement des rejets (valorisation interne et valorisation externe)		C3 : Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant	% de valorisation des sous-produits (taux de valorisation externe)
				% de récupération/réutilisation sur place (taux de valorisation interne)
	Surveillance des rejets		C6 : Nature, effets et volume des émissions concernées	Existe-t-il des modes de surveillance de rejets comme prévu par la réglementation ?
Performance technique (mise en œuvre)	Maintenir, améliorer la productivité			y-a-t-il une amélioration en terme de rendement de l'installation + amélioration de la qualité du produit ?
	Facilité de mise en œuvre		C8 : Durée nécessaire à la mise en place d'une meilleure technique disponible	Y-a-t-il des améliorations notables en termes de facilité de mise en œuvre comparé au procédé actuel ?
	Simplicité de fonctionnement			Y-a-t-il des améliorations notables en termes de simplicité de fonctionnement ?
	Simplicité de maintenance			Y-a-t-il des améliorations notables en termes de simplicité de maintenance ?
	Fiabilité		C4 : Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle	Est-ce que la technique est plus fiable ou aussi fiable que le procédé actuel ? Y-a-t-il des améliorations enterme de fiabilité ?
	Anticipation face à l'évolution des contraintes réglementaires			Est-ce que la technique prend en compte les possibles évolutions de la réglementation ?
	Expérience et savoir-faire industriel		C5 : Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques	Est-ce que la technique choisie prend en compte les progrès technologiques et les évolutions des connaissances scientifiques ?

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

3.1.1 LIT BACTÉRIEN

Le plus ancien procédé à biomasse fixée est le lit bactérien (Figure 2). La biomasse est fixée sur un matériau de grosse granulométrie (3 à 8 cm) sur lequel percole l'effluent à traiter. L'air est transféré par diffusion à travers le film d'eau ruisselant à la surface du matériau. Une vitesse hydraulique suffisante, assurée par un recyclage d'eau traitée, permet l'évacuation des boues en excès qui sont séparées de l'effluent traité dans un ouvrage de décantation situé en aval [11].

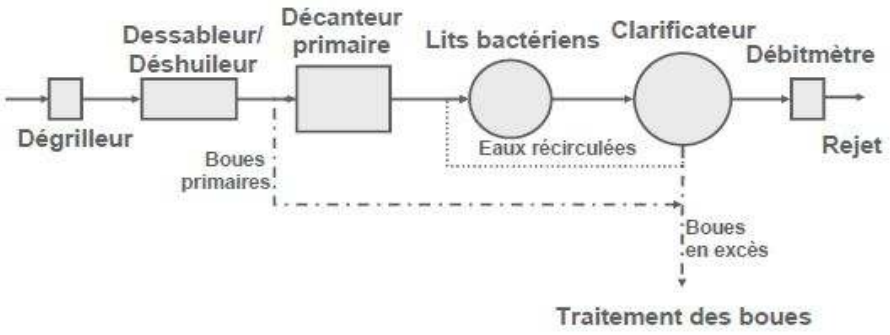


Fig. 2. Schéma d'une STEP a procédé lit bactérien

3.1.2 CULTURES LIBRES (BOUES ACTIVÉES)

Le terme « cultures libres » regroupe les procédés où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocs au sein du liquide à traiter.

Pour cela, on utilise un bassin brassé, pour conserver en suspension la culture, dans lequel est maintenue :

- soit une concentration d'oxygène, pour les procédés aérobies ;
- soit une absence d'oxygène, pour les procédés anaérobies.

Le procédé par « boues activées » est le plus commun des procédés par « cultures libres ».

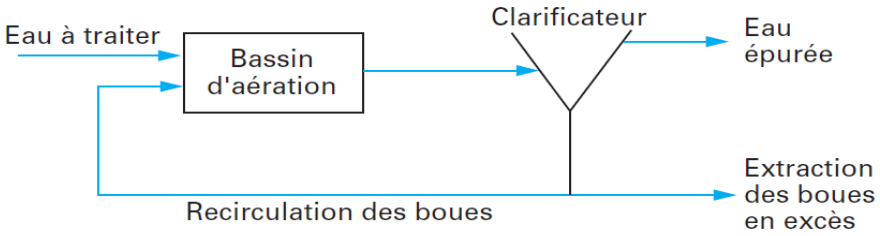


Fig. 3. Schéma minimal d'un traitement par boues activées

La figure 3 présente le schéma de circulation de fluide (eaux usées) au niveau du procédé d'épuration par boues activées.

3.1.3 LAGUNAGE AÉRÉ

Le procédé d'épuration par lagunage aéré est très similaire au procédé du lagunage naturel. Néanmoins, la surface nécessaire peut être réduite grâce à un système d'aération artificielle. Son rôle essentiel est une dégradation forcée de la DOB5, moyennant un apport exogène d'oxygène.

L'aération des bassins diffère selon le mode d'introduction de l'oxygène et du schéma de circulation. Selon le type d'aérateur utilisé, la puissance spécifique nécessaire se situe entre 1 et 2 W/m3 à 8W/m3. Le lagunage aéré est un système performant et économiquement très favorable pour l'épuration biomécanique des eaux usées. Ce procédé s'intègre facilement dans le site environnant et les frais d'exploitation sont réduits. Le temps de séjour prolongé des eaux résiduaires en lagunage aéré permet d'obtenir une qualité constante de l'effluent traité, même en cas de pointes de pollution ou de charge hydraulique momentanée. La figure 4 montre le principe de fonctionnement du lagunage aéré [12].

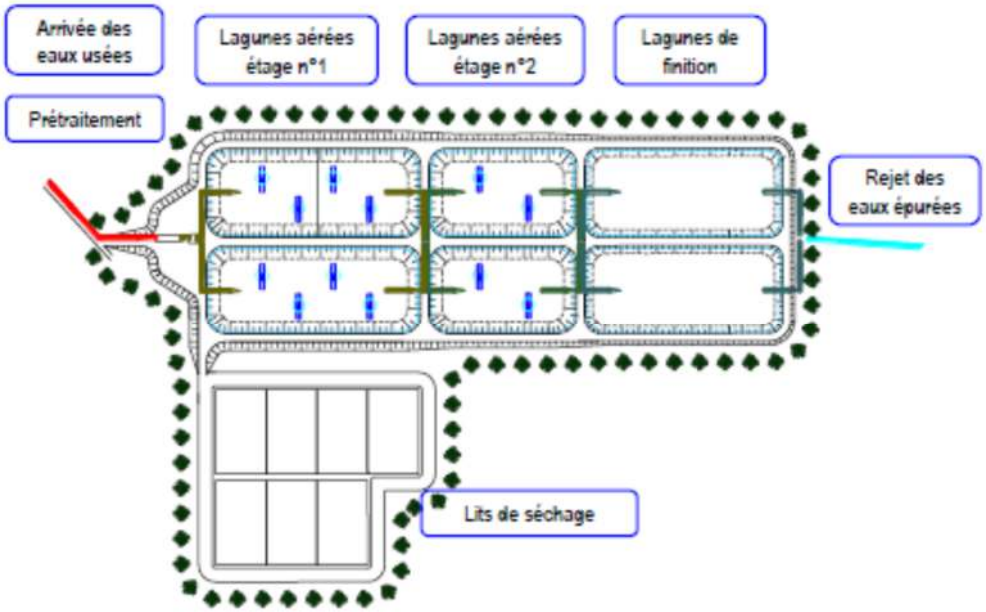


Fig. 4. Schéma de principe du procédé lagunage aéré

3.2 OUTILS D'AIDES À L'ÉVALUATION DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES DES MTD

Afin de pouvoir évaluer les performances des procèdes au regard des meilleures techniques disponibles, peu d'outils sont disponibles. En effet, la plupart des outils d'évaluation environnementale existants concernent aussi bien les produits que les projets ou les organisations. Ils s'intéressent essentiellement à la performance globale d'un système mais sont moins adaptes a une application spécifique au niveau d'un procède ou d'une technologie. Ainsi, ils ne permettent pas de faire une évaluation au regard des performances des meilleures techniques disponibles. Néanmoins, plusieurs outils existent. Nous en avons retenu quatre :

- Les travaux réalisés sur les 12 considérations de l'IPPC
- La méthode L-BAT
- La methode ZeroPlus
- La methode Focus L-BAT

Seule la méthode Focus L-Bat sera développée dans cet article du fait que c'est cette dernière, inspirée des précédentes, que nous avons adaptées pour notre étude

3.3 ADAPTATION DE LA MÉTHODE FOCUS L-BAT À NOTRE CAS

Notre objectif est l'évaluation du procède d'épuration des eaux usées de Khenifra comme Meilleure Technique Disponible par référence à des techniques d'épuration connues et éprouvées, l'approche méthodologique d'évaluation adoptée consiste à :

- Identifier les sous-objectifs et les critères répondant plus précisément aux objectifs MTD définis par la méthodologie L-BAT : environnement, risques / sécurité, performance technique et faisabilité économique ;
- Analyser la pertinence des spécifications de l'IPPC par rapport au projet et proposer, le cas échéant, des considérations supplémentaires spécifiques au secteur de l'épuration des eaux usées ;
- Associer les considérations de l'IPPC pour chaque critère identifie ;

- Identifier les indicateurs permettant d'évaluer d'une manière spécifique le procède
- Comparer et évaluer qualitativement les performances des procèdes ;
- Comparer et évaluer quantitativement les performances des procèdes.

En se basant sur le raisonnement ci-dessus et l'approche Focus L-BAT, nous adapterons la méthode comme suit :

L'analyse des 12 considérations de l'IPPC tenant compte des spécificités du projet laisse voir que ces dernières ne sont pas toutes pertinentes pour notre étude et que certains aspects ne sont pas couverts.

C'est ainsi que la considération C12 (informations publiées par la commission en vertu de l'article 16 paragraphe 2 ou par des organisations internationales) n'est pas applicable étant donné que le procède n'existe pas en Europe et qu'aucune information à son sujet n'a été publiée. De plus, la dénomination des indicateurs a été modifiée afin de pouvoir effectuer une analyse des procèdes pris individuellement. Les résultats seront présentes sous la forme d'un pourcentage de note positive par rapport aux procèdes. De plus, nous avons choisi de représenter les résultats sous la forme de profil d'indicateurs de type radar. Cette représentation permet de comparer rapidement les profils de chaque procède entre eux et d'identifier les points forts et faibles de chacun.

3.4 EVALUATION DES PROCÉDÉS PAR LA MÉTHODE FOCUS L-BAT

L'évaluation qualitative que nous proposons compare les caractéristiques des procédés à boues activées, lits bactériens et lagunage aéré qui sont des procédés mondialement connus et maitrisés sur le plan performances, avantages et inconvénients au procédé d'épuration. Il est important de rappeler que l'évaluation du procédé lit bactérien se fait tenant compte de l'objectif de conception, à savoir , la mise en place d'une station d'épuration permettra d'évacuer vers le milieu récepteur une eau épurée respectant les normes de rejets, ce qui participera non seulement à la préservation de l'environnement mais aussi à l'amélioration de la qualité de vie de la population et de l'image de la zone d'étude. La comparaison des procèdes est faite suivant ces objectifs en passant en revue les critères et les indicateurs d'évaluation de ces objectifs.

Les résultats sont reportés sur les profils des différents procédés sur les figures 5,6 et 7.

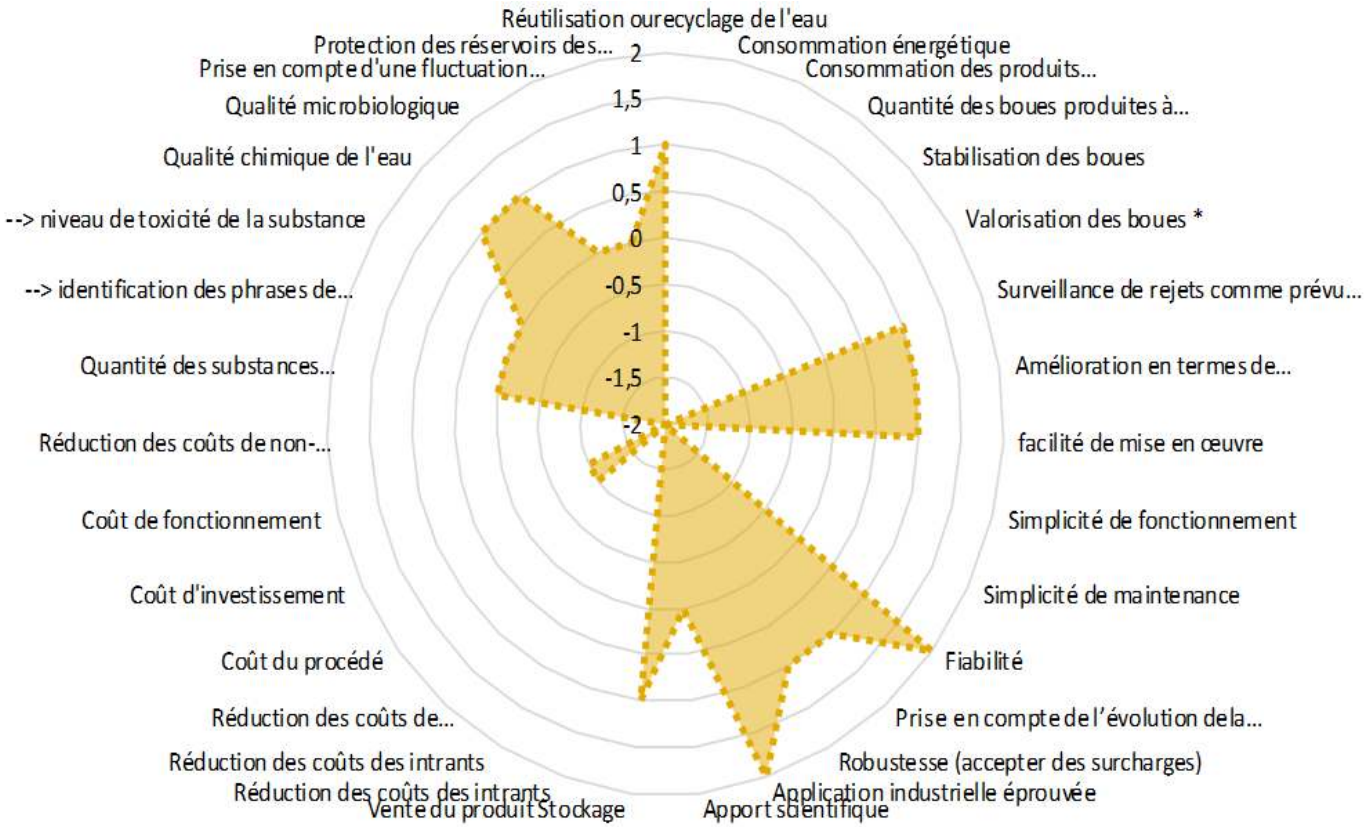


Fig. 5. Profil du procédé boues activée suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

L'analyse du profil du procédé boues activée (Figure 5) montre qu'il nécessite de l'énergie et de la consommation des produits chimiques. Les quantités des boues produites par le procède sont plus importantes que les boues issues du mode de traitement extensif. Pour l'objectif de performance technique, les boues activées en matière de Maintenir sont améliorés. La Productivité de ce procédé nécessite une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, le fonctionnement de la STEP n'est pas simple il demande une maintenance poussée et compliquée.

Le procède "boues activées" fait sa preuve d'épuration des eaux usées, il est connu par ca fiabilité de performances en matière d'éliminations de la DBO, de la DCO, MES et des agents pathogènes. Parmi les inconvénients des boues activées le coût du procédé élevé ; le coût d'exploitation (énergétique) élevé, nous considérons que le coût d'investissement est aussi élevé et sensible aux variations de charges : hydraulique et organique.

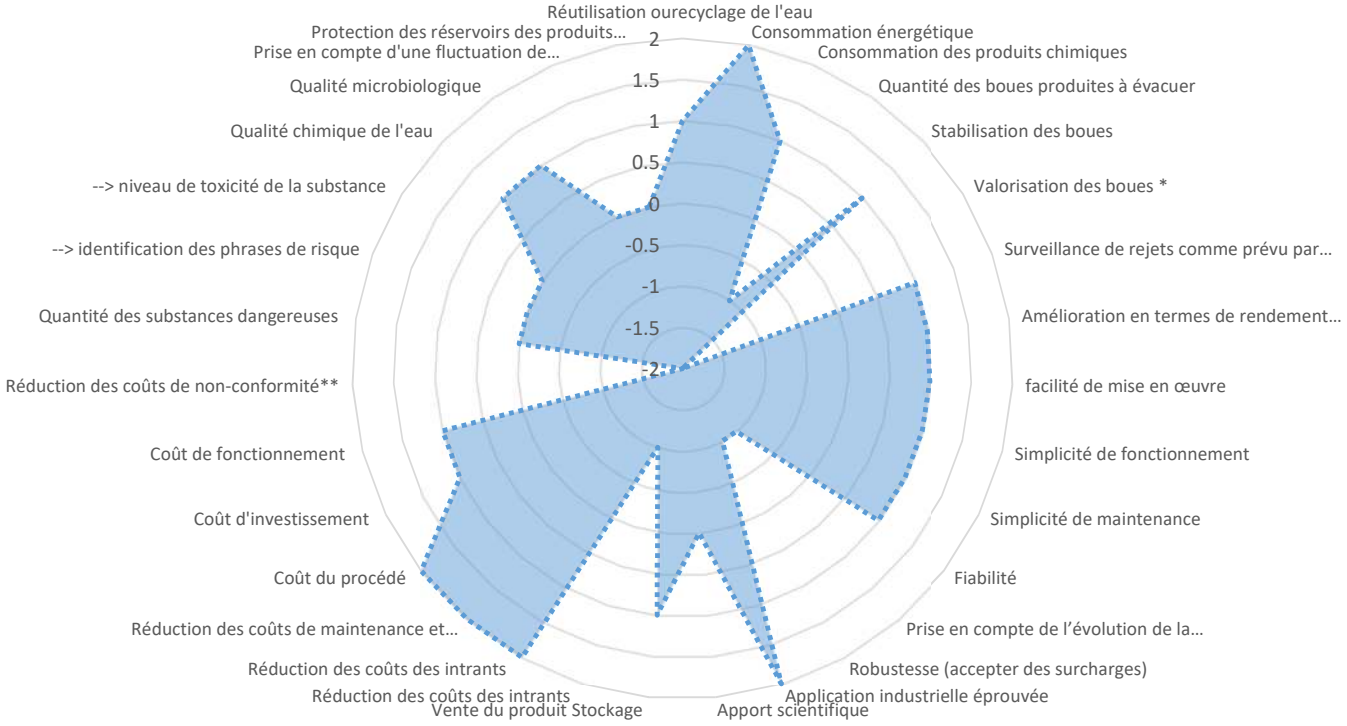


Fig. 6. Profil du procédé lit bactérien suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

Le profil du procédé lit bactérien (Figure 6) montre des plages des avantages positifs plus larges par apport au profil du procédé des boues activées. Le grand avantage que représente le procède des lits bactériens par rapport aux boues activées tient surtout à la faible consommation d'énergie, celle-ci n'étant nécessaire que pour le fonctionnement des pompes pour le remplissage des lits bactériens. Ce procédé déjà approuvé par ces bonnes performances en terme de réduction de la DBO, de la DCO et des MES.

Contrairement au procédé boues activées le traitement requiert une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, les lits bactériens sont faciles à opérer. Le fonctionnement du procédé est très sensible aux variations de charges et aux problèmes de contamination.

De par l'excellente qualité de l'eau à la sortie des lits, ceux-ci peuvent répondre à des exigences de plus en plus poussées par augmentation de la température et constituent une grande innovation dans la simplicité pour les pays arides. Le faible coût du procède par apport aux boues activées et lagunage aère, Nous considérons que le coût d'investissement est moins élevé que dans le cas des techniques à boues activées et lagunage aère et Faible cout de fonctionnement. Aucune substance dangereuse ni utilisée dans le procède lits bactériens.

Les boues issues du procède lits bactériens, sont connues pour être mieux stabilisées dans les fosses Imhoff et plus accessibles pour la réutilisation. L'expérience de notre recherche a montré que ces boues peuvent être utilisées dans des matériaux de construction. Le procède supporte les variations de débit et de concentration des effluents et permettent une très bonne qualité de l'eau sans éliminer sa valeur fertilisante.

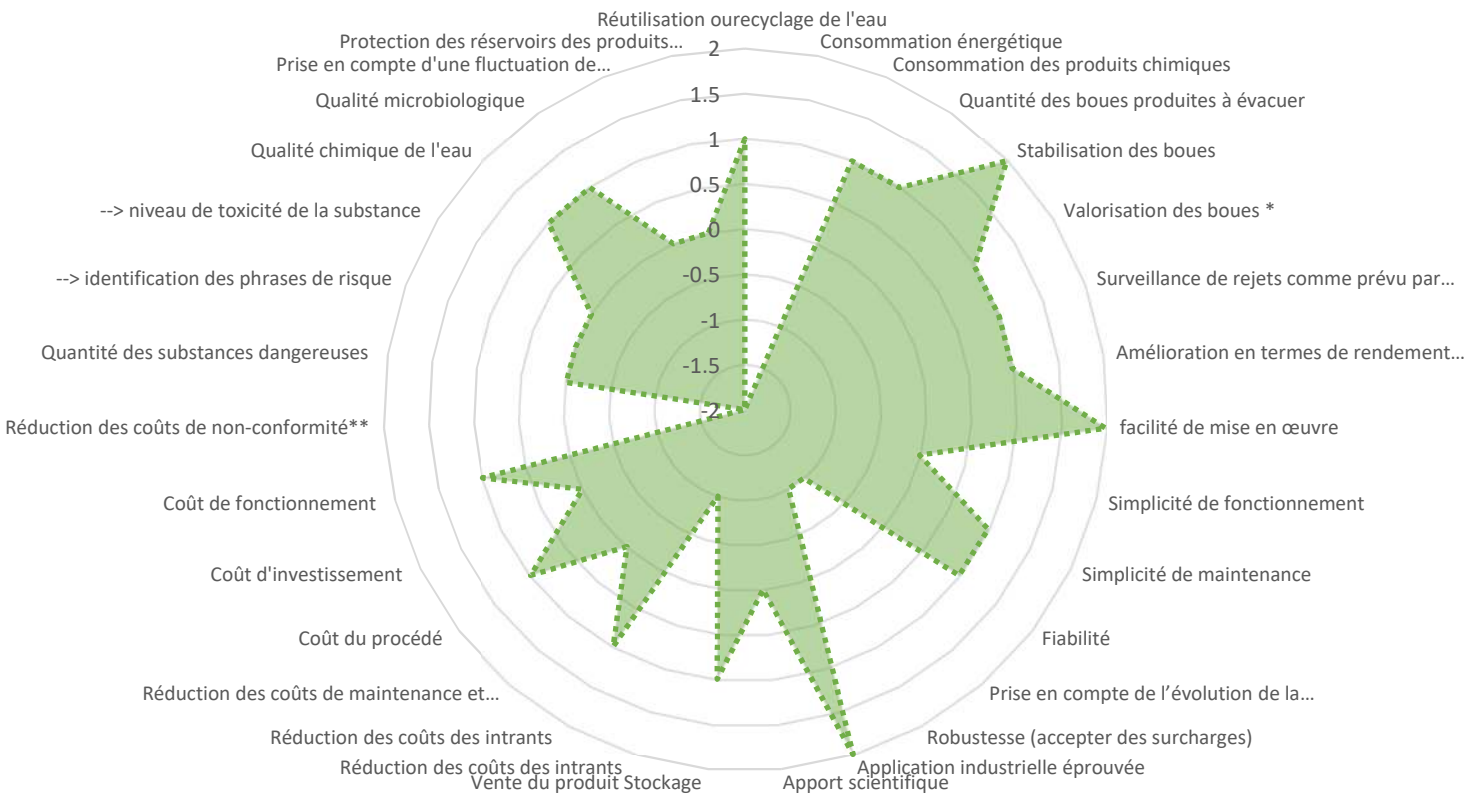


Fig. 7. Profil du procédé lagunage aéré suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

L'analyse du profil du procédé du lagunage aéré suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD (Figure 7) a montré une consommation d'énergie et les boues issues du mode de traitement semi extensif, sont connues pour être mieux stabilisées que celles en provenance des systèmes intensifs. Contrairement au mode intensif de traitement qui requiert une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, le lagunage aéré est facile à opérer par apport aux boues activées. Les équipements d'aération dans les bassins aérés et les lagunes ne requièrent pas de maintenance poussée ni compliquée. Le fonctionnement du procédé est très sensible aux variations de charges et aux problèmes de contamination.

De par l'excellente qualité de l'eau à la sortie des lagunes, celle-ci peuvent répondre à des exigences de plus en plus poussées par augmentation du temps de séjour, le procédé donne des bonnes performances épuratoires notamment en matière de pathogènes semblable au lagunage naturel ; mais il est très sensible aux variations de charges et aux problèmes de contamination.

La comparaison du procédé du lagunage aéré permet de construire un profil moins large au profil du procédé des lits bactériens. La tendance du profil montre que le procédé à prévenir et limiter les impacts environnementaux, ainsi que présente des très bonnes performances techniques.

Par ailleurs, Le temps de traitement relativement long par rapport aux procèdes intensif et L'occupation au sol reste importante comparée aux procédés intensifs. En effet les coûts d'investissement et de fonctionnement sont plus élevés par rapport au procédé lits bactériens. Par contre au niveau du procédé lagunage aéré aucune substances dangereuses utilisées.

3.5 SYNTHÈSE DES PERFORMANCES DU PROCÉDÉ DE LA STEP DE KHENIFRA

La comparaison des procédés est faite suivant ces objectifs en passant en revue les critères et les indicateurs d'évaluation de ces objectifs. La comparaison des procédés montre des différences notables d'évaluation pour chaque procédé. Les résultats sont reportés sur le tableau3.

Tableau 3. Evaluation qualitative du procédé de la STEP de Khenifra

Notation du critère	Boues activées	Lit bactérien	Lagunage aéré
-2	11	1	1
-1	2	4	3
0	6	6	9
1	9	14	14
2	2	5	3
Total	30	30	30
	13	25	20
Avantage par type de traitement	22%	43%	34%
Avantage par rapport au lit bactérien	**-21%**	**0%**	**-9%**

Le tableau 2 résume les performances du procédé de la STEP de Khenifra par rapport aux procédés de référence et conformément à la méthode Focus L-BAT. Il montre que l'évaluation qualitative de celui-ci laisse voir que le procédé de Khenifra propose 21 % d'avantages en plus que les boues activées et 9% d'avantages en plus du lagunage aéré.

La validation de la technique se fait par le calcul du taux de chaque note obtenue par rapport au nombre de la note totale. La somme des notes du procédé est 70% points (supérieure à 50%) alors la technique peut être supposée comme la meilleure technique disponible pour la situation étudiée. Le profil des différents procédés est reporté sur la figure 8.

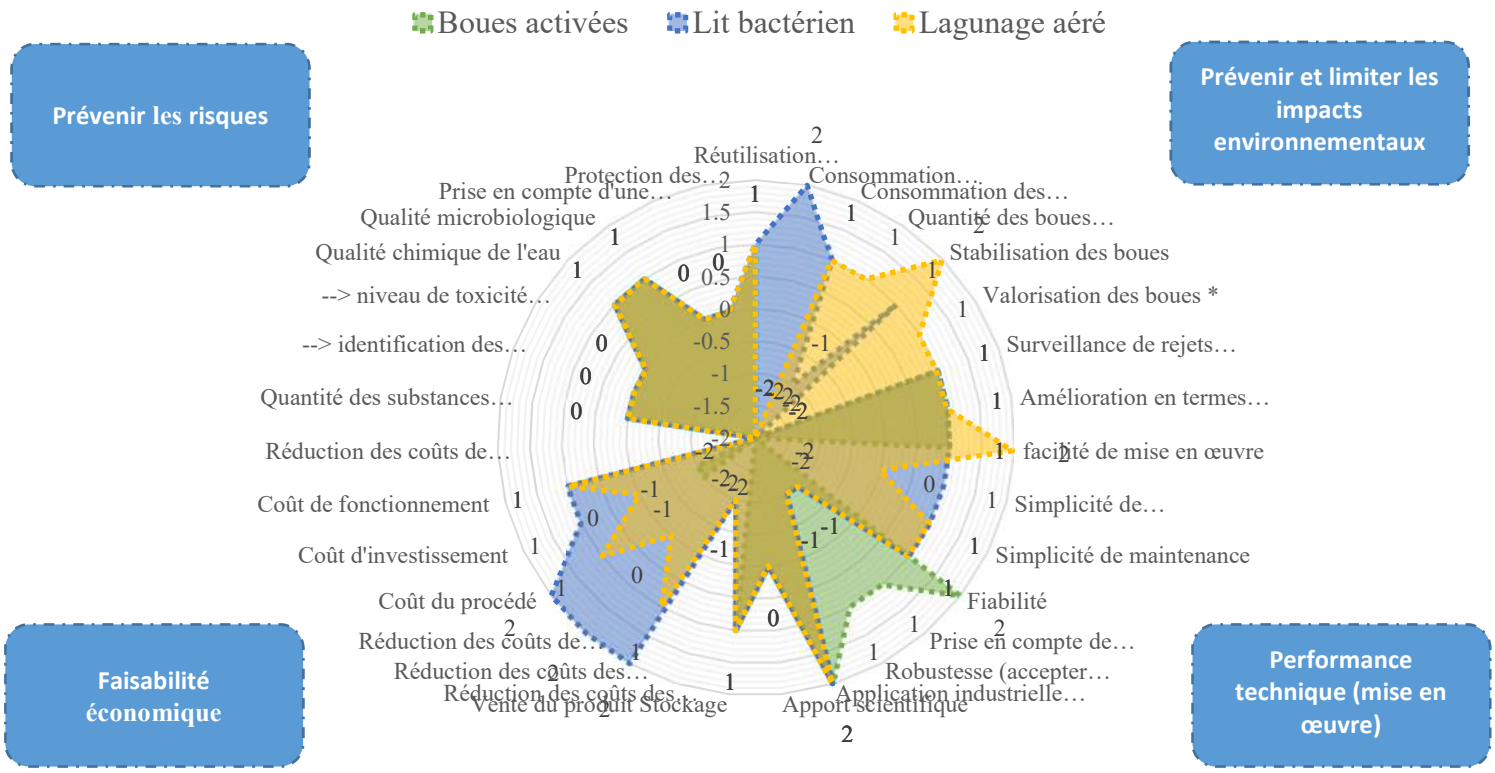


Fig. 8. Couplage des profils des procédés suivant l'évaluation des indicateurs de performance d'une MTD

La figure 8 synthétise la comparaison des procédés sur les quatre objectifs d'évaluation de la performance des techniques au regard des performances des MTD. La performance de la STEP de Khenifra est alors évaluée à travers les quatre objectifs :

1. Prévention et limitation des impacts environnementaux ;
2. Prévention des risques ;
3. Performance technique (mise en œuvre) ;
4. Faisabilité économique.

Les objectifs 1 et 2 s'inscrivent dans le cadre de la performance environnementale, l'objectif 3 rend compte de la notion de performance technique et l'objectif 4 traite la performance économique. Finalement, les performances technique, environnementale et économique doivent être combinées pour garantir un niveau de performance globale conforme à celui des MTD. Les plages des avantages sont de plus en plus larges au fur et à mesure que l'on s'oriente vers un traitement intensif des eaux usées avec le procédé des lits bactériens (Figure 77).

Le procédé du lit bactérien, qui est un procédé qui a fait ses preuves dans de nombreux pays se caractérise par :

- Excellents abattements pour l'élimination de la charge organique, pouvant répondre à des exigences poussées ;
- Bonne résistance aux surcharges hydrauliques organiques passagères ;
- Très faible consommation en énergie ;
- Aucune consommation de produits chimiques ;
- Production de boues stabilisées permettant de simplifier la filière de traitement des boues.

Contrairement les systèmes extensifs et semi extensifs restent relativement modérés sur les plans investissements et fiabilités comparés aux technologies intensives. Les coûts d'exploitation sont également très faibles et les marges qui peuvent être laissées par la commercialisation de l'eau permettent à long terme l'amortissement des installations, mais le terrain est un facteur limitant. Pour le mode intensif (les boues activées) le traitement requiert une main d'œuvre et un savoir-faire spécialisé, les lits bactériens sont faciles à mettre en œuvre, à maintenir, à entretenir et ils ne nécessitent pas des grandes surfaces et sur le plan investissements ils sont modérés. La station d'épuration de Khenifra peut être donc considérée comme une MTD. Toutefois, Les conditions climatiques et la caractérisation de l'eau à l'entrée de la station étant décisives pour la qualité de l'eau à la sortie de la STEP, il est important de souligner que cette évaluation ne peut être valable que dans un contexte de milieu physique et humain similaires.

4 CONCLUSION

La méthodologie Focus L-BAT développée permet de faire une évaluation qualitative de procédés en vue de les valider comme une meilleure technique disponible. Elle se base sur une arborescence à 4 niveaux auxquels doivent répondre une évaluation de performances techniques au regard de la directive IPPC. La racine de cette arborescence constitue les 4 objectifs d'évaluation suivants :

- Prévention et limitation des impacts environnementaux ;
- Prévention des risques ;
- Performance technique (mise en œuvre) ;
- Faisabilité économique

L'évaluation des objectifs montre que les plages des avantages sont de plus en plus larges au fur et à mesure que l'on s'oriente vers un traitement intensif des eaux usées avec le procédé des lits bactériens. Les performances du procédé montrent que les lits bactériens proposent 21 % d'avantages en plus que les boues activées et 9% d'avantages en plus que le lagunage aéré.

L'étude comparative des performances à l'aide de la méthodologie Focus L-BAT du procédé du lit bactérien, avec les procédés des boues activés et du lagunage aéré, montre que notre procédé est meilleur pour 70% des points. La STEP de Khenifra traitant les eaux usées via le procédé du lit bactérien peut être donc considérée comme une MTD.

REFERENCES

[1] Attab. 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAOUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre a sable local, Algérie 2011.

[2] Laforest V., Cikankowitz A., 2006 Report on legal framework on integrated pollution prevention and control. DL6001_1. Life 05/ENV/E/000256 (projet ZeroPlus), 2006, 114p.

[3] Loic Perrin, Anne Cikankowitz, Jacques Bourgois, Valérie Laforest. Validation du procède Val-Boue comme meilleure technique disponible. Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, Mar 2010, Alexandrie, Egypte. pp.223-229, 2010. <emse-00477071>

[4] Directive 2008/CE du Conseil du 15 janvier 2008 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, JOUE n°L24 du 29/01/2008.

[5] Lucas. P., Gislev M., Litten D. 2000, French expectations concerning IPPC Directive and Reference Documents on Best Available Technologies (BREF). European Conference, The Sevilla Process: a driver for environmental performance in industry, 6-7 April 2000, Stuttgart. pp. 33-38 ; pp. 77-87 ; pp. 91-95

[6] Litten.D 2002 Best Available Techniques (BAT) and BAT Reference Documents. International IPPC Conference, 25-26 April 2002, Seville.
[7] MEDEF ,2006. Guide « Prévention et réduction intégrées de la pollution : le bon usage des BREFs ». décembre 2006
[8] Laforest, V., Berthéas, R., Integrated environmental regulation – How to define best available techniques? 9th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production Bilbao 12-14 mai 2004
[9] Cikankowitz, A., méthodologie d'évaluation des performances environnementales en vue de les comparer puis de les valider « meilleures techniques disponibles ». Thèse sci. Saint Etienne : ENSM-SE, le 10 décembre 2008, 376p., p.53
[10] ZéroPlus, 2009, European Project report, DL5002 Multicriterial assessment of feasibility performance BAT's candidate industrial applications, 26p
[11] Gaid, A.E. 1993. Traitement des eaux usées urbaines .Paris. Techniques de l'ingénieur. 28p
[12] Hakima EL HAITE., traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation. These sci. Saint Etienne : ENSM-SE, le 12 Avril 2010, 204 p., p.53.