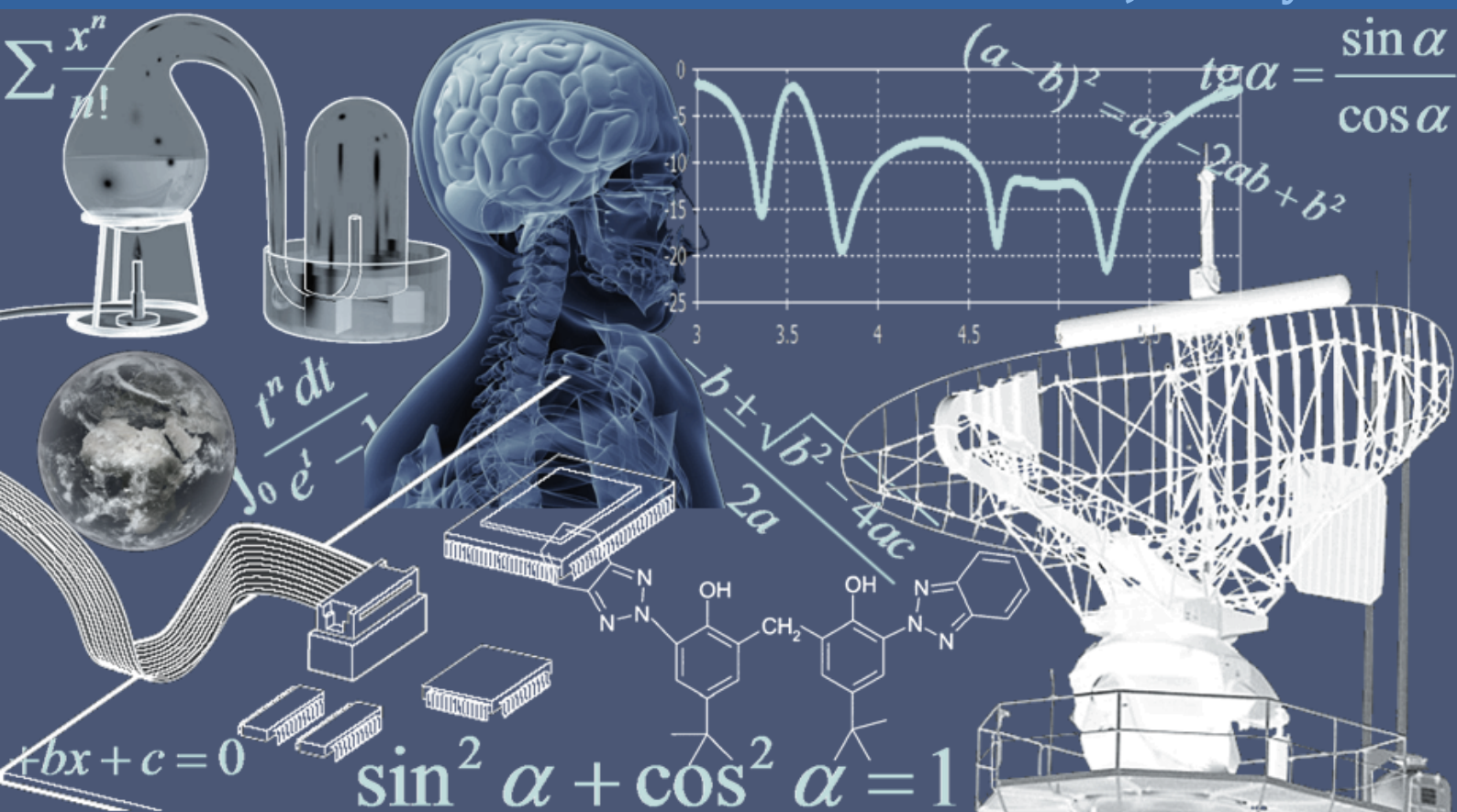


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 25 N. 2 January 2019



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Islamic Azad University, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
Fabio De Felice, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Giovanni Leonardi, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy
Siham El Gouzi, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain
Mohamed KOSSAÏ, European Business School EBS Paris, France
Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara University, Turkey
Andrzej Klimczuk, Warsaw School of Economics, Poland
Corinthias P. M. Sianipar, Tokyo University of Science, Japan
Irfan Jamil, Sinohydro Engineering, China
Sukumar Senthilkumar, Chonbuk National University, South Korea
Bratu (Simionescu) Mihaela, Bucharest University of Economic Studies, Romania
Mirela Maria Codescu, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania
Milen Zamfirov, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria
Svetoslava Saeva, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria
Dimitris Kavroudakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin Julia, 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

Modélisation de la chimie du clinker et de l'ingénierie du processus de fabrication du ciment : Etat de l'art <i>Baby-Jean Robert MUNGYEKO BISULANDU and Frederic MARIAS</i>	528-551
ETUDE D'INVENTAIRE DES UTILISATEURS D'EAU DU DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE DU BASSIN DU LAOU : APPORT DU SIG A LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU <i>Wissal BAITE, Ahmed Boukdir, Abdelhamid Zitouni, and Salah Ddine DAHBI</i>	552-564
Analyse des facteurs explicatifs de l'intention d'achat des produits nouveaux : Cas de l'eau en bouteille <i>Gouanlong Kamgang Nadège Ingrid</i>	565-576
Contamination à l'arsenic des eaux et des sédiments des zones continentale et maritime de la partie ouest de la Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) <i>Safiatou COULIBALY, Mariame COULIBALY, and Boua Célestin ATSE</i>	577-585
Caractérisation des accidents d'exposition au sang (AES) et leurs déterminants psycho-environnementaux et professionnels au Centre Hospitalier Régional de Kolda (Sud du Sénégal) <i>BOCAR BAILA DIEDHIOU, EL HADJI MAKHTAR BA, MAME CHEIKH SECK, and JEAN AUGUSTIN DIÉGANE TINE</i>	586-593
Faible appropriation des projets par les communautés partenaires de l'ONG Plan International Togo (PIT), Unité de programme de Sokodé au Togo <i>Abasse Tchagbèlè</i>	594-604
Adaptation endogène des agroécosystèmes et de la sécurité alimentaire aux perturbations et changement climatiques au Sud-Kivu (RD Congo) <i>Mutuga Bienfait BYENDA, Kanyenga Lubobo Antoine, Jean Pierre Baluku Bajope, MUNYULI Mushambanyi Theodore, and Baboy Longanza Louis</i>	605-622
Diagnostic de l'état d'exploitation du stock de Pellonula leonensis Boulenger, 1916 (Piscès; Clupeidae) au lac de barrage de Taabo par l'application de la méthode des indicateurs biologiques <i>Konan Eric Ahoutou, Kouassi Sebastino Da Costa, Yéhé Mathieu Dietoa, and KOUAMELAN Essetchi Paul</i>	623-637
Common hippopotamus-human conflicts in Ouémé River area in central Benin Republic <i>Etienne M. DOSSOU, Laurent G. HOUSSOU, Toussaint Olu LOUGBEGNON, and Jean Timothée Claude CODJIA</i>	638-644
ANALYSE DES DETERMINANTS D'OCTROI DE CREDIT BANCAIRE AUX COMMERCANTS DE KISANGANI PAR LA FIRST BANK OF NIGERIA (FBNBANK) - AGENCE DE KISANGANI <i>KIAYIMA KITENGIE JULES and MUKALALIRYA KAMBALE Bernard</i>	645-659
La microfinance : Une profonde mutation (Cas du Maroc) <i>Amina Samat</i>	660-665
Agadir : Sur les traces d'un tourisme lointain <i>Amina Samat</i>	666-669
Internet mobile et son influence sur le chiffre d'affaire des cybercafés en ville de Beni (RD Congo) <i>Don Mbiya Muvyele, Kasereka Mulimaposi Sero-Man, Muhindo Muhasa Faustin, and Ngendo Kwabene Pascal</i>	670-679
Analyse de l'efficacité des unités de transformation de l'arachide dans la Commune de Covè : Une approche par la méthode Data Envelopment Analysis <i>Jean Adanguidi</i>	680-689
Enseignement-Apprentissage de la notion de chaleur par l'approche par compétence <i>Alphonse Djesse MAMBU TUFUKAMA</i>	690-699
Formulation et caractérisation physicochimique de la farine infantile composée : Attiéké déshydraté - Amande de cajou <i>Salimata KONE, Doudjo SORO, and Ernest Kouadio KOFFI</i>	700-708
Etude didactique des fragments praxéologiques de l'enseignement des problèmes iatromathématiques afférant au taux d'intérêt <i>WANE MUNDONI BONGUON</i>	709-717
Contribution de l'usage des systèmes d'information à la résilience de la chaîne logistique globale : Élaboration d'un modèle théorique	718-732

Abdelilah ELKHARRAZ and Kamar MOUKADEM

A rare case of myeloma light chains: Data and discussion 733-737

Imane Tlamçani, Soukaina Oudrhiri Benaaddach, Kawthar Armani, Fatima El Boukhrissi, Mohamed El BAAJ, Kamal Doghmi, Mohamed Mikdame, Mohamed Moudden Karim, Moncef Amrani Hassani, Lhoussine Balouch, and Youssef Bamou

Sélection des variétés de riz pluvial (*Oryza sativa*) adaptées aux conditions agroécologiques du Secteur de Bundi (Territoire de Seke-Banza en République Démocratique du Congo) 738-746

Masiala Muanda Gabriel

Sélection des clones performants de manioc (*Manihot esculenta*) à Gimbi (Secteur de Bundi, Territoire de Seke-Banza) en République Démocratique du Congo 747-759

Masiala Muanda Gabriel

INVENTAIRE DES PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX AU MAYUMBE : CAS DU SECTEUR PATU (PROVINCE DU KONGO CENTRAL / RDC) 760-773

PHAMBU Sandrine and Masiala Muanda Gabriel

Evaluation des potentialités en eau souterraine de la portion Ivoirienne du bassin versant du Niger 774-784

W. F. Kouassi, K. A. Kouassi, M. J. Mangoua, Y. M. Kamenan, and Z. A. Kouadio

ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DE L'EXTRAIT METHANOLIQUE DES ECORCES DE MANILKARA MABOKEENSIS 785-791

WOROWOUNGA Xavier, LANGO-YAYA Ernest, NAMKONA Armel-Frédéric, BOULALA Patrice Firmin, SARAVOLIA Marinette, SYSSA-MAGALÉ Jean-Laurent, and KOFFI Boniface

La politique de distribution des moustiquaires : Attitudes et pratiques de la femme en République Démocratique du Congo 792-799

KALAM KAMB

Evaluation des indicateurs de surveillance par analyse vibratoire : Application aux engrenages et roulements 800-808

Abdelhakim Boukar and Nacer Hamzaoui

Modélisation de la chimie du clinker et de l'ingénierie du processus de fabrication du ciment : Etat de l'art

[Modeling of cement clinker chemistry and engineering of cement manufacturing process : State of the art]

Baby-Jean Robert MUNGYEKO BISULANDU^{1,2} and Frederic MARIAS¹

¹Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, Laboratoire de Thermique, Energétique et procédés - IPRA, EA1932, 64000, Pau, France

²Optimisation Energétique des Fours de Cimenterie, Génie Mécanique-Energétique, Faculté Polytechnique, Université Kongo, B.P. 202 Mbanza-Ngungu, Kongo Central, RD Congo

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

ABSTRACT: The purpose of this article is to review the aspects related to cement chemistry, more particularly to the process of clinkerization in the cement rotary kiln. The article also discusses the process engineering of cement manufacturing. Despite the increasing tendency to use substitute materials (fly ash, and blast furnace slags, pozzolans or volcanic ash, etc.), clinker is still today the most used material for producing cement. In this work, we discussed the mechanisms and parameters controlling the reactivity of the clinker phases, whether it was major or minor phases. Alite ((CaO)₃.SiO₂) or C₃S) remains the most important phase in the mineralogical structure of clinker. We have also addressed the question of the partial melting of the charge, which the literature attributes to the presence of two oxides considered as the most melting (Al₂O₃ and Fe₂O₃), which are found in the form of aluminate phases ((CaO)₃.Al₂O₃ or C₃A) and Ferrite ((CaO)₄.Al₂O₃.Fe₂O₃ or C₄AF). The kinetic parameters of different clinkerization reactions are also discussed. The limitation of the CaO_{free} and MgO_{free} contents in the clinker is appropriate for a good reactivity of the clinker. The process evolution is also commented and discussed.

KEYWORDS: Clinkerization Reactions, Clinker, Cement, Kinetic Constants, Alite, Belite, Aluminate, Ferrite, Free Lime, Periclase.

RÉSUMÉ: Le présent article a pour objectif de passer en revue les aspects liés à la chimie du ciment, plus particulièrement au processus de clinkérisation au sein du four tournant. L'article présente également l'ingénierie de procédé de fabrication de ciment. Malgré la tendance accrue d'utilisation de matériaux de substitution (cendres volantes, et laitiers de hauts fourneaux, pouzzolanes ou cendres volcaniques,...), le clinker est encore aujourd'hui le matériau le plus utilisé pour produire du ciment. Dans ce travail, nous avons discuté des mécanismes et les paramètres contrôlant la réactivité des phases du clinker, que ça soit les phases majeures que mineures. L'alite ((CaO)₃.SiO₂) ou C₃S) reste la phase la plus important dans structure minéralogique du clinker. Nous avons également abordé aussi la question sur la fusion partielle de la charge, que la littérature l'attribue à la présence de deux oxydes considérés comme les plus fondants (Al₂O₃ et Fe₂O₃), qui se retrouvent sous formes de phases aluminate ((CaO)₃.Al₂O₃ ou C₃A) et Ferrite ((CaO)₄.Al₂O₃.Fe₂O₃ ou C₄AF). Les paramètres cinétiques de différentes réactions de clinkérisation sont également discutés. La limitation des teneurs en CaO_{free} et en MgO_{free} dans le clinker est de mise pour une bonne réactivité du clinker. L'évolution de procédé est également commentée et discutée.

MOTS-CLEFS: Réactions de clinkérisation, Clinker, Ciment, Constantes cinétiques, Alite, Bélite, Aluminate, Ferrite, Chaux libre, Periclase.

1 INTRODUCTION

Cement production is at the heart of the construction industry. It is an economic indicator, linked on the one hand to the number of inhabitants, and on the other hand to the growth of each country on a specific period [1]. Demand for cement has increased significantly as a result of rapid development in the construction sector worldwide, especially as a result of the construction boom in emerging countries. Global cement production has increased in recent decades. It went from 2.6 billion tons in 2006 [2] to 4.2 billion tons in 2016 [3]. The large share of production is in Asia, with China remaining by far the largest cement producing country, with production estimated at about 57.5% of world production. In Europe, Turkey is in first place, with a production of 70 million tons in 2013, or 1.75% of world production, and in Africa it is Egypt which is in the lead, with production of 46 million tons, or 1.15% of world production (source USGS¹). The main goal of the cement industry is to produce cement on a large scale while consuming the least amount of energy. Measurements of energy consumption in a cement plant, and in the cement industry as a whole, are generally expressed in energy/weight of clinker, which is the cornerstone of the process [4]. The production of the clinker requires very high temperatures, of the order of 1450 °C, to initiate the clinkerization and phase-change reactions required to form clinker mineral compounds, which give the cement its unique properties [5,6]. Energy requirements in the dry process are on the order of 3200 kJ / kg clinker (of which 86 % for clinker production) [1]. This last value corresponds to a plant with a daily capacity of 3270 tons of clinker [7], having an average fuel flow of 540 t/day of coal. The overall emissions of the process (in terms of CO₂) amount to 0.8 t_{CO2}/t of clinker [8], resulting for one part in the combustion of fossil fuels and another for the decarbonation of limestone (CaCO₃, CaCO₃.MgCO₃ or CaMg(CO₃)₂), the main raw material [9–11]. The cement industry is responsible for 5 % of global CO₂ emissions, and faces some challenges including the introduction of the European Emissions Trading Scheme (called the quota system) [12]. The cement manufacturing process is based on the production of clinker, which is an artificial rock, produced after cooking in the rotary kiln, serving as raw material for the manufacture of Portland cement (and/or specific cement). It is therefore a mixture of hard or soft calcareous rocks and finely ground clays, dried and then cooked in the rotary kiln. The clinker thus comprises two phases: the major phases ((CaO)₃.SiO₂, (CaO)₂.SiO₂, (CaO)₃.Al₂O₃, and (CaO)₄.Al₂O₃.Fe₂O₃) and the minor phases (CaO_{free}, MgO_{free}, Na₂SO₄, K₂SO₄ and CaSO₄). These phases are formed following the process of clinkering, which involves different chemical reactions, taking place in very precise times along the rotary kiln. Studies are currently being conducted on the kinetics of these reactions, in order to be able to control the clinkering process that several authors describe as complex [12–17]. In this work, we will begin by describing the cement manufacturing process, where the different steps are briefly described. Then we talk about the raw materials used in the manufacture of cement, where we discuss the composition and dosage of raw materials. Then, we address the issues related to cement chemistry (clinkerization reactions). During clinker formation in the rotary kiln, reactions such as decarbonation of CaCO₃ and MgCO₃, clinkerization reactions and formation of a liquid phase take place in the kiln. These reactions may be endothermic or exothermic. The combustion of fossil fuel and/or alternative fuels (in the case of waste substitution) which provides the energy required for the various reactions taking place in the kiln is also presented. Finally, we deal with aspects related to the process (process engineering). A description of the existing processes is given. We also present in detail the dry process, giving the key characteristics of different types of kilns encountered in this process. The inputs and outputs of the kiln system are also presented.

2 CEMENT MANUFACTURING PROCESS

There are five main steps constituting the cement manufacturing process:

- Extraction and pre-homogenization of raw materials;
- Preparation of raw materials to form raw meal (or paste for wet process);
- Cooking of the flour leading to the creation of the clinker;
- Grinding clinker and additions to make cement, and;
- Storage and shipment of cement.

The schematic diagram of cement manufacturing is given in Figure 1.

¹ United States Geological Survey (USGS) is an American government agency dedicated to earth sciences.

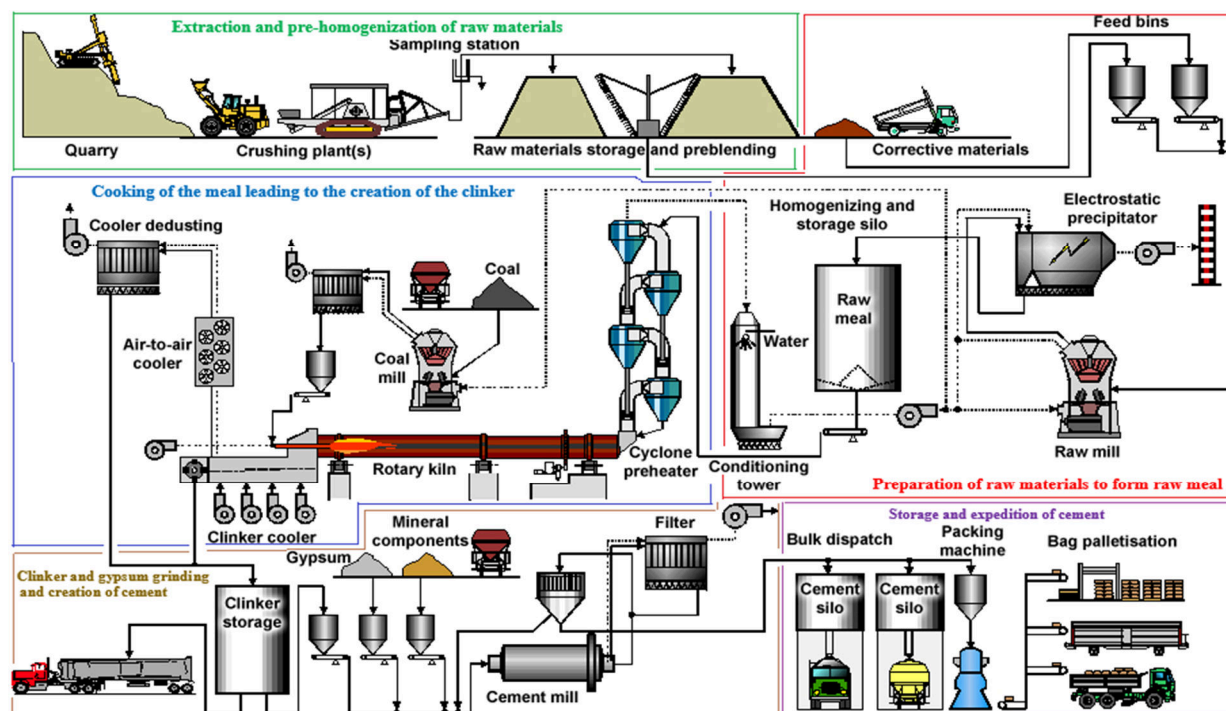


Fig. 1. Cement manufacturing - schematic diagram [18]

2.1 EXTRACTION AND PRE-HOMOGENIZATION OF RAW MATERIALS

Cement factories usually have one or more quarries, from which raw materials are extracted. Limestone and clay are the main materials used in the manufacture of cement. The limestone ore may be Calcium Carbonate (CaCO_3), Dolomite ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ or $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), or Calcium and Magnesium Dioxide ($\text{CaO} \cdot \text{MgO}$). As for clay, it can be in the following forms:

- Kaolinite: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot (\text{OH})_4$;
- Halloysite: $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5) \cdot (\text{OH})_4$;
- Montmorillonite : $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3} (\text{Al}, \text{Mg})_2 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$;
- Illite or Phyllosilicates : $\text{K}_{0,65} \text{Al}_2 (\text{Al}_{0,65} \text{Si}_{3,35} \text{O}_{10}) \text{OH}$;
- Chlorite : $\text{Mg}_5 (\text{Al}, \text{Fe}) (\text{OH})_8 (\text{Al}, \text{Si})_4 \text{O}_{10}$;
- Sepiolite : $\text{Mg}_4 \text{Si}_6 \text{O}_{15} (\text{OH})_{22} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- ...

The extraction of these two materials can be done in the same career or in different careers. Limestones are extracted from rock walls by blasting and /or mechanical shovels. Transport to the crushing halls is provided by conveyor belts, or by skips of different tonnages. After crushing, the limestones are stored in the storage hall of raw materials (limestone), whose capacity can go up to several thousand tons. For clay, extraction is most often done by direct excavation (on the surface). The pre-homogenization of the clay is done on the same site of excavation. This operation determines the nature of the clinker that is desired.

2.2 PREPARATION OF RAW MATERIALS

The material is extracted from the stock by means of a lateral recovery scraper, which moves on rails on one of the longitudinal sides of the stock. The capacity of the recovery scraper is about 150 tons per hour (Source CINAT). The extracted products are conveyed by conveyor belts to the limestone and clay dosers to adjust the proportions of limestone and clay. The average composition used is 80 % limestone and 20 % clay.

The mixture obtained is then sent to the mill, in order to obtain a homogeneous mixture called raw or "flour" in the form of very fine powder (diameter less than 200 microns [9,19]) having a fixed composition. The composition of the raw usually stays in the following proportions [20] :

- Calcium carbonate (CaCO_3): from 77 to 83 %
- Silica (SiO_2): from 13 to 14%
- Alumina (Al_2O_3): from 2 to 4%
- Iron oxide (Fe_2O_3): 1.5 to 3%. (These are the oxides that give Portland cement its gray color).

In modern installations, the grinder allows both the drying and grinding of raw materials. This is made possible by the hot gas circuit from the rotary kiln. The grinding of raw materials has been in the focus of better energy utilization [21]. Several types of grinders are used (grinders with pebbles, grinders with balls ...), in which are arranged loads to grind (pebbles, balls ...).

These grinders (or mills) are often equipped at their output with a system (screen) to separate the sufficiently crushed fractions, those insufficiently crushed. The flour obtained at this stage is called "raw meal" and is conveyed by pneumatic transport to the storage and homogenization silos. Homogenized flour is often referred to in the cement language as "kiln flour".

2.3 COOKING THE FLOUR AND CREATING THE CLINKER

From homogenizing silos, the flour is extracted by means of air boosters, and is conveyed by screw conveyors, then by bucket elevators to the dosers (which regulate the flow of flour to be sent to the kiln). From the dosers, the flour is sent by pneumatic transport to the preheater tower, where the first transformations of the flour begin.

The flour inlet temperature in the preheat tower can vary from 60 to 80 °C. It is brought to 900 °C in the cyclone exchangers before being brought to the entrance of the rotary kiln. Inside the kiln, several physicochemical transformations are observed, especially the collapse of the crystalline structure of the clay, the decarbonation, and the clinkering.

As an order of magnitude of energy consumption, Charron [1] gives an average value of 3200 kJ/kg of clinker. At the outlet of the kiln, the clinker is still at very high temperatures (1200 °C), hence the need to cool. The clinker is transported to the cooler, where it leaves a maximum temperature of 200 °C. Figure 8 shows the hot clinkers coming out of the kiln.

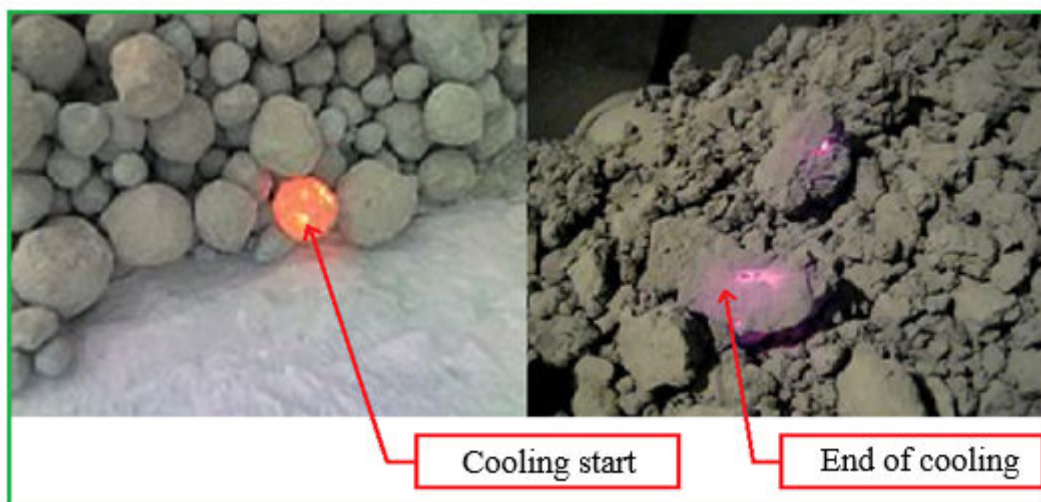


Fig. 2. Hot clinkers coming out of the rotary kiln [22,23]

2.4 GRINDING OF CLINKER AND MANUFACTURE OF CEMENT

At the outlet of the cooler, the clinker is transported to the clinker storage hall, whose capacity can be up to several thousand tons. From the storage hall, the clinker is extracted with a trench and transported to the cement mill using belt conveyors and then bucket elevators. Cement standards require that the grinding be made of 97% clinker and 3% gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Clinker and gypsum are fed in the mill using two feeders, which ensure the dosage between the clinker and the gypsum (from the gypsum storage hall).

2.5 STORAGE AND SHIPMENT OF CEMENT

From the cement mill, the cement thus produced is conveyed by pneumatic lines to the cement storage silos. The storage capacity in a cement plant can range from a few tons to several thousand tons. The cement is extracted from the silos by pneumatic extractors, which convey it to the bagging workshop, using screw conveyors, then by bucket elevators. The bagging of the cement is done by means of a bagger with flow whose capacity can go from a few tons to several hundreds of tons per hour. The cement is thus placed in valve bags, generally made of paper weighing 50 kilograms. The shipping of the cement is made possible by toboggans, and by conveyor belts to the place of loading of trucks and wagons of railway.

3 RAW MATERIALS

3.1 COMPOSITION OF RAW MATERIALS

The preparation of raw materials is an important step in the cement manufacturing process. Obtaining a good quality clinker depends heavily on it. In general, the flour introduced into the rotary kiln consists of 80 % of limestone (CaCO_3 , MgCO_3 , ...) and 20 % of clay (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O , ...). It should be noted that these compositions differ from one career to another. Nielsen [24] and Varas et al. [25] present raw meal as consisting of limestone, a source of calcium (CaCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), clay and/or sand, sources of silicon, aluminum and iron (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3). As for the proportions, they give 75 - 80 % in mass of limestone, 20 - 25 % in mass of clay. The cement industry may have to correct the contents above. The overall composition is sometimes adjusted to meet the requirements of the type of cement to be produced. The transformation of flour into clinker takes place through many chemical reactions that the various authors frequently group into 5 major reactions (see paragraph 4.2.5. below), involving the following compounds: CaCO_3 , CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , $(\text{CaO})_2\text{SiO}_2$, $(\text{CaO})_3\text{SiO}_2$, $(\text{CaO})_3\text{Al}_2\text{O}_3$, $(\text{CaO})_4\text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$. Some compounds are often neglected because they are considered as minor elements with low levels [26,27]. Witsel et al. [28] study the overall dynamic behavior of the rotary kiln system, the impact of different control variables, and the analysis of disturbances on the temperature profile. They model the furnace by considering that the solid phase consists of the following chemical species at the input (flour) CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO . Mastorakos et al. [15] consider that the feed consists of CaCO_3 , CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , C_2S , C_3S , C_3A and C_4AF , species linked by the five major chemical reactions described below. In the interest of developing a rotating furnace model capable of simulating the formation and production of clinker along the kiln, Darabi [29] consider the following species as part of the flour at the entrance of the kiln: CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Nørskov [30] in its model of solid fuel combustion in cement kilns considers that the raw materials consist of CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO , Na_2O and K_2O . He also considers that the major part of CaCO_3 is converted into the pre-calciner, with a pre-calcination rate of between 90 - 95 % before being admitted to the rotary kiln. Bhad et al. [13] in their work on the development of a mathematical model of a cement kiln with a multi-channel burner, present the cement manufacturing process as composed at the entrance of the following species: CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , and other oxidized metals. Hiromi Ariyaratne et al. [31] give the following composition (by weight) of the raw flour: 66 % CaO , 21 % SiO_2 , 5 % Al_2O_3 , 3 % Fe_2O_3 and 5 % other compounds. Hassaan [32] is studying the possibility of using basalt as a raw material to compensate for the lack of iron in the clay and silicate in the clinker mixture.

3.2 DOSAGE OF RAW MATERIALS

3.2.1 LIMITATION AND PROPORTION OF RAW MATERIALS

The production of quality cement is possible only if the composition of the mixture of raw materials is made optimally. Kohlhaas and Labahn [33] gave the limit values at which the limestone-clay mixture finely ground must satisfy.

Table 1. Limit values of chemical composition of cement raw materials [33,34]

Oxide	Limit Value [%]	Content [%]
CaO	60 - 69	65
SiO_2	18 - 24	21
Al_2O_3	4 - 8	6
Fe_2O_3	1 - 8	3
MgO	< 5	2
K_2O , Na_2O	< 2	1
SO_3	< 3	1

Wilson et al. [35,36] in their studies on the proportions of the various oxides within the limits given in the Table 1 above. The dosage (proportion) of the main constituents of the clinker is done by well-defined criteria, in the form of ratios, modules or chemical indices.

3.2.2 MODULES AND LIME SATURATION FACTOR

In the cement plant, it is customary to determine the quantity of different constituents of the flour and/or clinker in the form of ratios, modules or factors. These latter result from the many works on the mechanisms of formation, reaction, and production of Portland cement.

3.2.2.1 HYDRAULIC MODULE

Hydraulic Module (HM) allows to calculate the optimum amount of lime (CaO) contained in the mixture:

$$HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (1)$$

Limit values of HM are between 1,7 and 2,3 [37,38].

Table 2. Chemical criteria for the composition of clinker and/or flour [37]

Modules and Factors	Range	Consequences
Hydraulic Module	≥ 1.5	Initial weak resistances
	≤ 2.5	Volume stability, swelling
Silica Module	≥ 1.5	Decreased clinker temperature; Fast setting and hardening; Promotes crusting
	≤ 3.5	Difficult cooking due to lack of Substances; Curing plug Slow ; Reduction of crusting in the oven
Alumino-Ferric Module	≥ 1.5	Low heat of hydration; Cement without C ₃ A
	≤ 2.5	Quick Start Aluminous cement
Lime Saturation Factor	≥ 0.85	Low heat release
	≤ 0.95	High initial resistances High final resistances

3.2.2.2 SILICA MODULE

Silica Module (SM) is often between 1,5 and 5, and is calculated as follows [38]:

$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (2)$$

According to SCAEK [37], a high value of SM corresponds to a high value of silica (S) to the detriment of the fondants agents (A and F), whereas a small value causes excessive crusting in the clinkerization zone, thus being able to cause nuisances to the good oven running. For Sorrentino [39], the silica module controls the grindability.

3.2.2.3 ALUMINO-FERRIC MODULE OR IRON MODULUS

As its name suggests, this module (AF or IM) allows to estimate the ratio Al_2O_3 and Fe_2O_3 in the mixture. It is calculated by the following relation:

$$AF = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (3)$$

Alumino-Ferric Module is between 1,5 and 2,5 [37,38]. Currently, the Lime Saturation Factors are more used to judge the quality of the clinker[33,37,40].

3.2.2.4 LIME SATURATION FACTORS

Lime Saturation Factors (LSF) express the ratio between the lime present in the mixture and the amount of lime capable of combining with the silica to form C_3S and C_2S .

▪ Saturation Factor of Kuhl

$$LSF I = \frac{CaO}{2.8SiO_2 + 1.1Al_2O_3 + 0.7Fe_2O_3} \quad (4)$$

▪ Saturation Factor of Lea Parker [38,41]

$$LSF III = \frac{CaO + 0.75MgO}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3} ; \text{ with } MgO < 2\% \quad (5)$$

The saturation factor of Lea and Parker is between 0.85 and 1.0. It is also in the following form [37]:

$$LSF III = \frac{CaO + 1.5MgO}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3} ; \text{ with } MgO > 2\% \quad (6)$$

LSF « Lime Saturation Factor » represents the ratio of CaO present in the Clinker and the possibility of it to bind with the most basic compounds [42]. When the lime saturation factor is greater than 100 %, there is imbalance between the constituents. The HM provides the means to calculate the maximum proportion of CaO that can be combined with the oxides. It should be noted that all the lime cannot be saturated, hence the existence of a non-combined portion (CaO_{free}). Both LSF formulas provide a criterion for determining the optimal CaO content. They express the CaO content present in the flour (or in the clinker) as a percentage of maximum CaO content that can be combined with the acid oxides (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) in the clinker richer in lime, under the technical conditions of cooking or cooling [33]. According to Chatterjee [9] and Sorrentino [39], the Lime Saturation Factor (LSF), the Silica Module (SM) and the Alumina Module (AM) make it possible to follow the grinding process of the raw materials. C_3S is the main phase controlling the reactivity of cement and clinker [39].

4 CLINKERIZATION REACTIONS

4.1 COMPOSITION OF CLINKER

Clinker is the main component of the cement, which results from the baking at about 1450 °C of a mixture of clay and limestone, finely ground. It is composed of the following minerals: $(CaO)_3.SiO_2$, $(CaO)_2.SiO_2$, $(CaO)_3.Al_2O_3$, $(CaO)_4.Al_2O_3.Fe_2O_3$, and minor elements such as CaO_{free} , MgO, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , $CaSO_4$. The above clinker minerals are generally represented by the following respective specific notation C_3S , C_2S , C_3A and C_4AF , which are of use in a cement plant, where C = CaO, S = SiO_2 , A = Al_2O_3 , and F = Fe_2O_3 . The final composition of the clinker depends on a cement plant to another (function of raw materials), the type of cement that is desired. Some clinkers have minimal levels of minor compounds. Witsel et al. [28] in their studies give the following composition of clinker: C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF . Bhadr et al. [13], Mastorakos et al. [15], Mujumdar and Ranade [26], Hiromi Ariyaratne et al. [31], Sorrentino [39], Ghabezloo [43], Opoczky and Gavel [44], and Cyr et al. [45] consider also the same composition as [28]. Darabi [29] give the following composition and clinker mineral contents: 45 - 65% C_3S , 10-25% C_2S , 7-12% C_3A , and 5-11% C_4AF . As for Nørskov [30], it gives the following composition and contents: 65 % C_3S , 15 % C_2S , 10 % C_3A , 10 % C_4AF , 1 % CaO_{free} , 2 % MgO, 1 % K_2SO_4 , 0.5 % Na_2SO_4 . Hassaan [32] presents the clinker composition in two forms, oxide and mineral. The standard composition deduced from the formulas of Borgue [33] is as follows:

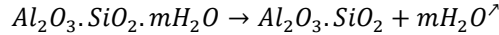
Table 3. Standard mineralogical composition of clinker [19]

Components	[% in wt.]
C_3S	≥ 55
C_2S	≤ 22
C_3A	≥ 8
C_4AF	≥ 8
$CaSO_4$	$\leq 2,5$

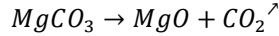
4.2 CLINKERIZATION REACTIONS

The physico-chemical reactions leading to the formation of clinker can be represented as follows (Source CINAT):

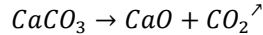
- 100 °C: Evaporation of free water
- 100 – 400 °C: Dehydration of crystalline water



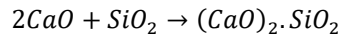
- 400°C: Dissociation of $MgCO_3$



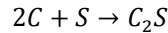
- 800°C: Dissociation of $CaCO_3$



- 800 – 900°C: Formation of $CaO \cdot SiO_2$ or CS
- 900 – 950°C: Formation of $(CaO)_5(Al_2O_3)_3$ or C_5A_3
- 950 – 1200°C: Formation of $(CaO)_2 SiO_2$:



Or



- 1200-1300°C: Formation of $(CaO)_3 Al_2O_3$ or C_3A and of $(CaO)_4 Al_2O_3 Fe_2O_3$ or C_4AF
- 1260-1450°C: Formation of C_3S with progressive and total disappearance (possibly) of the free lime.

4.2.1 DECARBONATION REACTION ($CaCO_3$ & $MgCO_3$)

4.2.1.1 DECOMPOSITION OF $CaCO_3$

Decarbonation (equation (7)) is a very important reaction (because it is very endothermic) in the cement manufacturing process. It allows the formation of the key species, lime (CaO). Calcium carbonate ($CaCO_3$) is in most cases about 79 % by weight of the raw meal. It decomposes around 800 °C. In practice, its decomposition begins between 550 °C and 600 °C [33].



At atmospheric pressure, the Gibbs free energy (in J/mol) at the equilibrium of the decarbonation reaction can be expressed as a function of temperature, following the relationship (8) below [46] :

$$\Delta G_r^0 = 182837 + 13,402 \ln T - 251,059T \quad (8)$$

Decarbonation (decomposition of $CaCO_3$) is therefore an endothermic reaction. Several values of the $CaCO_3$ reaction enthalpy are available in the literature. Kohlhaas and Labahn [33] give 1660 kJ/kg, while Boateng [46] gives 1768 kJ/kg.

4.2.1.2 DECOMPOSITION OF $MgCO_3$

Magnesium carbonate ($MgCO_3$) dissociates according to the following chemical reaction:



The reaction (9) starts at 250 °C, and can end around 410 °C, at atmospheric pressure [46]. As for $CaCO_3$, the decomposition of $MgCO_3$ is also an endothermic reaction, its enthalpy of reaction is evaluated at 1298 kJ/kg [46].

4.2.2 MAJOR PHASES OF THE CLINKER

4.2.2.1 ALITE (C_3S : CA_3SIO_5)

Alite or tricalcium silicate, of formula $3CaO \cdot SiO_2$ or C_3S in cement notation, is the principal anhydrous constituent of clinker [34]. This species gives it his hydraulic properties. Its proportions in the clinker are evaluated at more than 60 % of the total

mass, containing 71 – 75 % by weight of CaO, 24 – 28 % by weight of SiO₂, and 3 – 4 % by weight of substituted ions or impurities (MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, and others) [9,47]. The quantities of the oxides depend very particularly on the composition of the clinker, the temperature with which they were cooked, and finally the way in which they were cooled [33]. Alite mainly controls the initial and final strengths of the cement. The best cement would be that which consists only of C₃S. C₃S is formed at temperatures ranging from 1350 to 1450 °C, according to the reaction (10):



If the cooling is too slow, the formed C₃S can decompose into C₂S and CaO, depending on the reaction (11):



The retrogradation reaction ((11)) occurs only at temperatures below 1250 °C, and often in the presence of Fe₂O₃ or of the ion Fe²⁺ (in C₃S), which results from combustion under reducing conditions [33]. Because of the chemical reaction leading to the creation of C₃S takes place in the cooking zone (characterized in its entirety by the partial melting of solids), it should be affirmed that the C₃S is formed only in the presence of the liquid phase (see paragraph 4.2.4. below).

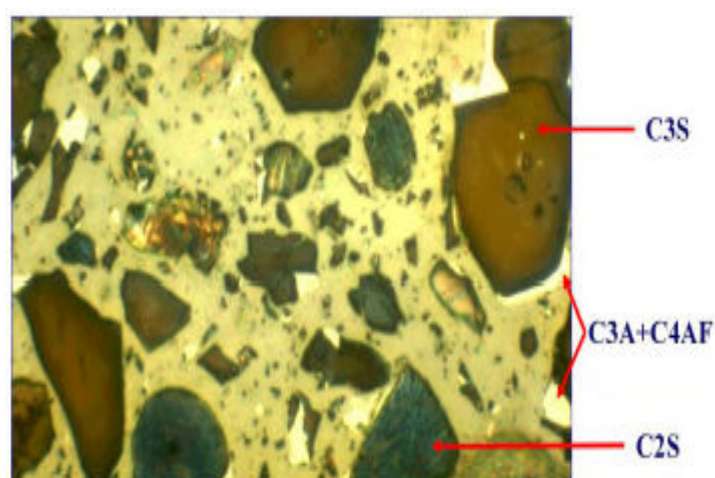


Fig. 3. Microscopic visualization of mineral compounds of clinker [1]

According to some studies Svinning et al. [48] and Aldridge [49], the influence of C₃S decreases with increasing age of curing while the influence of C₂S increases. Liu and Li [50], have studied the Effect of MgO on the composition and properties of alite-sulphoaluminate cement. They found that the addition of MgO at about 2–5 % can improve the burnability of raw meal, promote the absorption of free lime and the formation of C₃S.

4.2.2.2 BELITE (C₂S : CA₂SiO₄)

Belite or dicalcium silicate (2CaO.SiO₂) is considered to be the second most important species of clinker. It is formed mainly in solid form, at the clinkerization temperature, and is present in the clinker in proportions of 15 to 30 % by weight. Regarding the presence of oxides, C₂S consists of 60 – 65 % by weight of CaO, 29 – 35 % by weight of SiO₂ and 4 – 6 % by weight of substituted oxides or impurities (Al₂O₃ and Fe₂O₃, but also K₂O, Na₂O, MgO, SO₃ and P₂O₅). Its resistance after hydration in cement is almost similar to that of Alite, but its hydration speed is much slower than that of C₃S [33,47,51]. The belite is formed according to the chemical reaction (12):



4.2.2.3 TRICALCIUM ALUMINATE (C₃A : CA₃Al₂O₆)

Tricalcium aluminate (3CaO.Al₂O₃) is the phase of clinker with a high degree of reactivity, whose content in clinker is between 5 and 10 % by weight. Pure C₃A consists of 62 % by weight of CaO, and 38 % by weight of Al₂O₃ and does not have

polymorphs dependent of the temperature [33,47]. The tricalcium aluminate may also contain foreign ions or alkalis (Na_2O , K_2O) [9], each in amounts greater than 5% by weight [33]. Tricalcium aluminate is formed according to the reaction (13) below:



4.2.2.4 TETRACALCIUM ALUMINO-FERRITE ($\text{C}_4\text{AF} : 2(\text{CA}_2\text{ALFE}_5)$)

Tetracalcium alumino-ferrite ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) represents 5-15 % by weight of clinker. Pure C_4AF contains 46 % by weight of CaO , 21 % by weight of Al_2O_3 , 33 % by weight of Fe_2O_3 . However, it is possible to find a content of 10 % by weight of MgO , its often the case of industrial clinkers [47]. Kohlhaas and Labahn [33] consider that the ferrite phase does not have a constant chemical composition, but rather being part of a series of solid solutions theoretically extending from C_2A to C_2F (whether $\text{C}_2\text{A} \dots \text{C}_6\text{A}_2\text{F} \dots \text{C}_4\text{AF} \dots \text{C}_6\text{AF}_2 \dots \text{C}_2\text{F}$), whereas Rompaey [40] considers that the ferrite phase, in the majority of the cases, belongs to a series of solid solutions whose compositions are between $\text{C}_6\text{A}_2\text{F}$ and C_6AF_2 . He states that the $\text{C}_6\text{A}_2\text{F}$ is the brightest pole of the solid solution, since the C_2A pole is stable only at high pressures. Telschow [47] as for him, considers the ferrite phase as consisting of solid solutions of the form $\text{Ca}_2(\text{Al}_x\text{Fe}_{1-x})_2\text{O}_5$, with $0 < x < 0,7$. According to Tao et al [34], C_3A accounts for the early development of compressive strength of cement due to the highest rate of reactivity among four main clinker phases. Tetracalcium Alumino Ferrite is formed according to the reaction (14) below:



4.2.3 MINOR PHASES OF THE CLINKER

4.2.3.1 FREE LIME (CAO_{free})

Free lime (CaO_{free}) is considered as one of the minor phases of clinker. It is therefore the fraction of CaO not combined with the oxides (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3). Its content can reach values greater than 2 % by weight of the clinker [52]. The presence of CaO_{free} in the clinker is due to several factors (from the preparation of raw materials, to clinker cooling): the inadequate preparation of raw meal (inhomogeneity or grinding too coarse), insufficient combustion (so that was not combined with other oxides), the clinker cooling rate too low, leading to the partial decomposition of C_3S (C_3S retrogradation reaction), the lime content too high in the raw materials (if $\text{LSF III} > 100$, there is an imbalance between the constituents) [33]. These factors can be both exclusive and inclusive. In cement, it is likely to cause expansion phenomena in mortar and concrete (**expansion of lime**), by reacting with water to give slaked lime or Portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) [53], depending on the chemical reaction (15) below:



According to Kohlhaas and Labahn [33], free lime is undesirable in appreciable concentrations, often above about 2.5 % by weight of the clinker. In view of the above, free lime can therefore be considered as an essential parameter for judging the quality and the degree of cooking of the clinker produced. Clinkers well-cooked resulting from a well-balanced vintage and a good grain size have CaO_{free} contents less than 2 % [54].

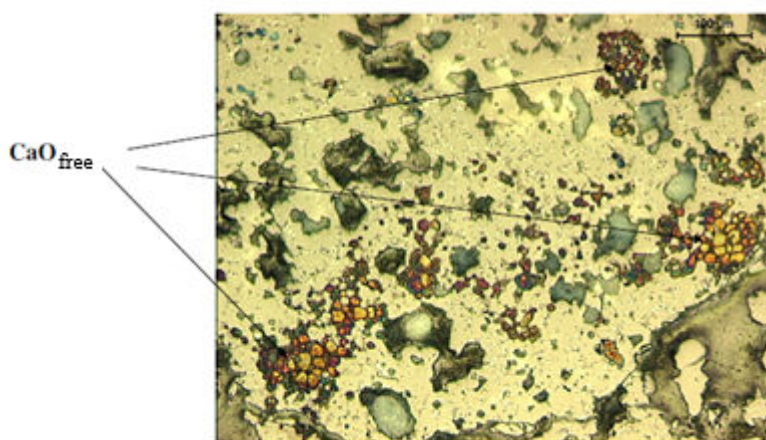


Fig. 4. Microscopic visualization of free lime [55]

4.2.3.2 PERICLASE (MGO_{LIBRE})

Periclase or magnesia (MgO_{free}) can come from various sources: raw materials, more precisely limestone, and in rare cases clays, or decomposition of CaCO₃.MgCO₃ or CaO.MgO, or even of MgCO₃ alone. Rompaey [40] affirms that periclase occurs in clinker when MgO concentrations exceed 2 % of clinker weight, and when maximum concentrations of MgO have been reached in the clinker phase. For Kohlhaas and Labahn [33], clinkers rich in MgO may contain MgO_{free}. They affirm that 2 to 2.5 % by weight of MgO combine in the form of solid solutions in the other clinker phases, and we can only talk about the MgO_{free} when the contents exceed 2.5 to 3% (values according to standard specifications for a compliant cement). As for free lime, periclase produces Brucite (Mg(OH)₂) when its hydrated. Brucite can also cause in long-term the problem of expansion in cement (**expansion of magnesia**), in some cases the damage it causes may remain unnoticed for years. The proportion of MgO that is combined in other phases will depend on the chemical composition of the clinker and his state of production [33].

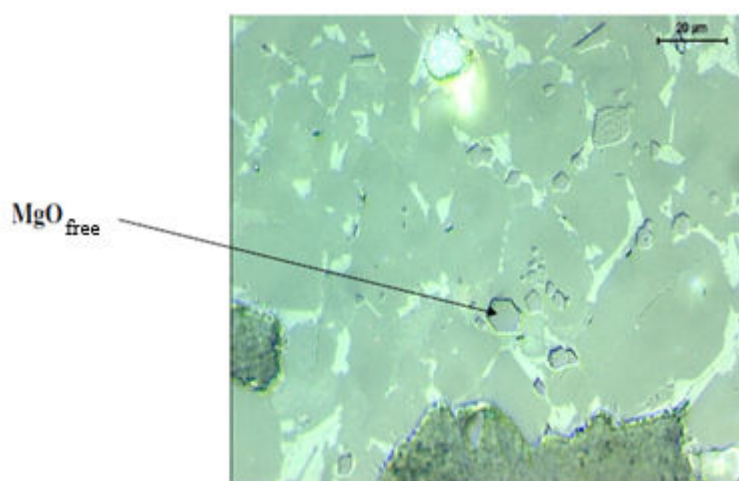
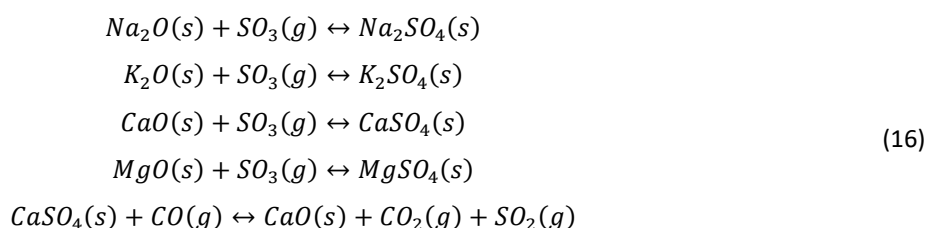


Fig. 5. Microscopic visualization of Periclase [55]

4.2.3.3 ALKALINE SULPHATES

The alkaline sulfates (Na₂SO₄, K₂SO₄ and CaSO₄) also originate from the raw materials. They are the fruits of the reactions of K₂O, Na₂O, SO₃ present in the flour in the form of impurities. The chemical reactions leading to the formation of alkaline sulfates are as follows ((16) below):



Rompaey [40] speaks of alkaline sulfates in the form of 3K₂SO₄.Na₂SO₄, and 2CaSO₄.K₂SO₄. The high concentration of alkaline sulfates in the rotary kiln can cause some anomalies: crystallization of anhydrite (CaSO₄) which is very unstable compared to other alkalis [56]. This crystallization causes clogging and / or plugging inside the kiln, reducing the diameter of the kiln [27,57].

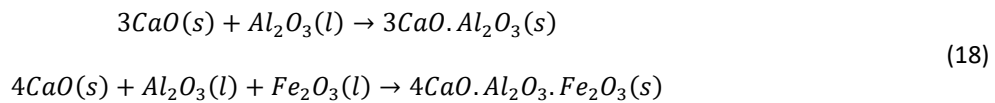
4.2.4 FORMATION OF THE LIQUID PHASE (SOLID FUSION)

The formation of clinker in cement rotary kilns takes place at very high temperatures and at residence times of about 30 minutes [58], which promote solid-solid and solid-liquid reactions, essential reactions for the formation of four mineralogical clinker compounds: C₂S, C₃A, C₄AF and C₃S. According to Mujumdar and Ranade [14], the liquid phase is mainly due to the formation of C₃S. Some authors attribute the formation of the liquid phase to the presence of aluminum and iron in the flour.

They also attribute the formation of the additional coating of the kiln (collage) to the liquid phase, which they consider to be an advantage for the protection against wear of the refractories. Mujumdar and Ranade [26] state that the formation of the liquid phase is highly dependent on the local temperature. They estimate the fraction of the liquid formed due to the melting of solids by the relation (17) below:

$$y_{fa}^{Liq} = \max \left[0, \frac{T - T_S}{T_L - T_S} \right] \quad (17)$$

Where T_L and T_S are respectively the temperature at which the whole mass is liquid ("LIQUIDUS") and the temperature at which the first drop of liquid is formed ("SOLIDUS"), and T the temperature of the mixture. These depend strongly on the composition of solids in the kiln, and are likely to vary inside the kiln. The values of liquidus and solidus retained are respectively 1927 °C and 1287 °C. Nielsen [24] and Hewlett [59] consider that alumina (Al_2O_3) and iron oxide III (Fe_2O_3) at temperatures above 1300 °C are at the base of the liquid phase. They affirm that, Alumina and Iron Oxide III although not being essential to the constitution of the final product (Portland cement), allow the formation of the liquid phase, and that they act like lowering flow of energy requirements at the clinkerization stage. They retain the chemical reactions (18) below as characteristic reactions of the liquid phase:



Aluminate and Ferrite crystallize from the liquid phase when the temperature drops to around 1230 °C (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). According to Nielsen [24], the liquid phase acts as a carrier for increasing diffusion transport, and thus accelerates the formation of belite (C_2S), Alite (C_3S) and free lime (CaO_{free}) crystals.

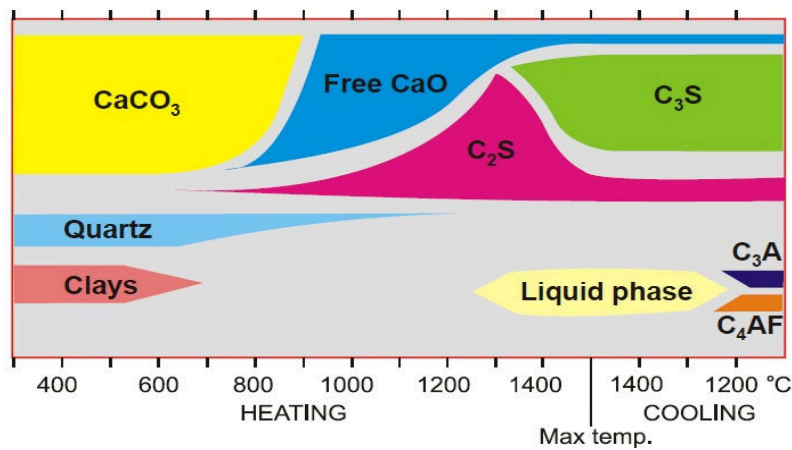


Fig. 6. Phase diagram of clinker production [24]

Mastorakos et al. [15] take into account the formation of the liquid phase in cement rotary kilns, establishing a model that assumes that the formation of the liquid phase varies linearly. They limit the fraction of the liquid in the bed to 30 %. This latter value is supposed to remain constant thereafter, in the combustion zone until the solids exit. The model considers the bed temperature to be greater than or equal to the melting temperature (1560 K). Nørskov [30] considers C_3A and C_4AF as the main catalysts of the liquid phase in the solids bed, at temperatures of 1330 °C. He states that the liquid phase accelerates the clinkerization reactions by forming alite, belite, and free lime, according to the figure 7 below.

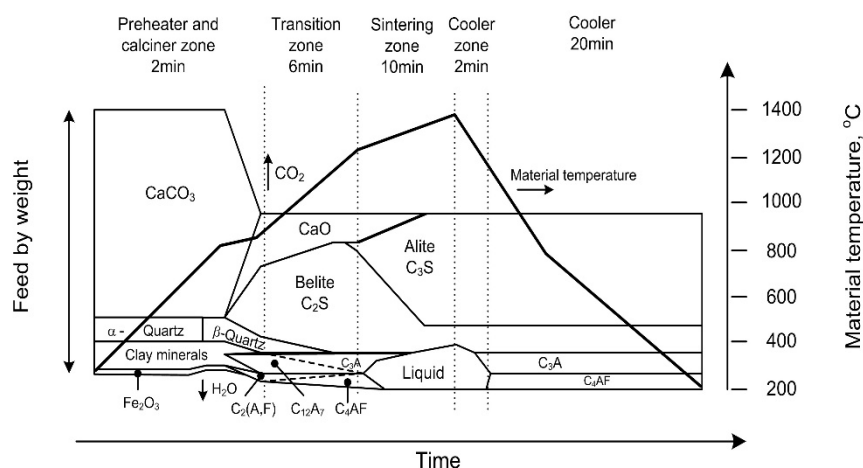
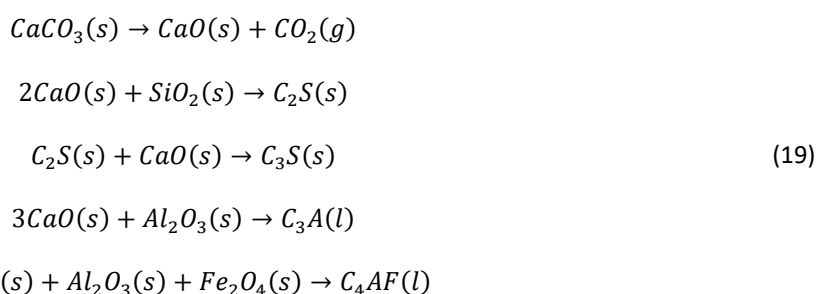


Fig. 7. Pyroprocessing with indications of reaction time [30]

Romero Valleöztzl [60] restart the model of the fraction of the liquid formed by the fusion of solids developed by Mujumdar and Ranade [26], retaining the temperatures of 2570 °C and 1390 °C respectively LIQUIDUS and SOLIDUS.

4.2.5 THE FIVE MODEL REACTIONS

The mechanism of transformation of flour into clinker is most often described in the literature by the following five reactions (equations (19) below):



Mujumdar and Ranade [26] develop a bed model that considers only five reactions for clinker formation. Hiromi Ariyaratne et al. [31] present a mathematical model that also takes into account five major chemical reactions of the solid inside the rotary furnace: calcination, endothermic melting and exothermic clinkerization. Bhad et al. [13], Mastorakos et al. [15], Darabi [29], and Spang [61] also model clinker formation reactions using the five reactions above.

4.2.6 KINETIC CONSTANTS AND ENTHALPIES OF CLINKERIZATION REACTIONS

4.2.6.1 INTRODUCTION

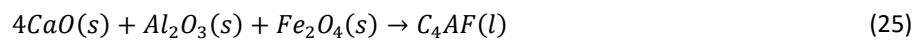
There is very little information in the literature concerning the kinetics of clinkerization reactions. Some researchers attribute this to complex physicochemical reactions, to multiple phases and especially to several simultaneous processes at very different time scales, which take place during clinker formation [13,14]. In view of the above, Mujumdar and Ranade [14] discuss the importance of identifying key issues and using appropriate methodology to develop mathematical models for rotary kilns dedicated to clinker production.

4.2.6.2 KINETIC CONSTANTS AND ENTHALPIES OF REACTIONS

In the literature, we find different values of enthalpies of clinkerization reactions (Table 4Erreur ! Source du renvoi introuvable.). To evaluate the net enthalpy of solid reactions, Hiromi Ariyaratne et al. [31] use the specific equations (20) below established by the German Cement Association (VDZ), given below:

$$\begin{aligned}
 \Delta h_{CaCO_3} &= r \dot{m}_{rm} w_{CaCO_3,rm} (1 - \eta_{cal}) \\
 \Delta h_{C_4AF} &= 3,043 s \dot{m}_{cl} w_{Fe_2O_3,cl} \\
 \Delta h_{C_3A} &= t \dot{m}_{cl} (2,65 w_{Al_2O_3,cl} - 1,692 w_{Fe_2O_3,cl}) \\
 \Delta h_{\beta-C_2S} &= u \dot{m}_{cl} (2,868 w_{SiO_2,cl} - 0,754 w_{C_3S,cl}) \\
 \Delta h_{C_3S} &= z \dot{m}_{cl} w_{C_3S,cl} \\
 h_R &= \Delta h_{CaCO_3} - \Delta h_{C_4AF} + \Delta h_{C_3A} - \Delta h_{\beta-C_2S} - \Delta h_{C_3S}
 \end{aligned} \tag{20}$$

Where Δh_{CaCO_3} and Δh_{C_3A} represent respectively the energy quantities absorbed for the dissociation of $CaCO_3$ and the formation of C_3A , whereas Δh_{C_4AF} , $\Delta h_{\beta-C_2S}$ and Δh_{C_3S} represent respectively the quantities of energy released by the formation of C_4AF , C_2S , and C_3S . In previous expressions $\dot{m}_i$ is the mass flow of the components (kg/s), η_{cal} the real degree of calcination, and $w_{i,j}$ the fraction by weight of the component i in j (i = species and j =clinker). This study led them to determine enthalpies of formation (Table 4), represented in the equations (20) above by letters r , s , t , u and z . Subscripts rm and cl refer to raw materials and clinker, respectively. The enthalpies of clinkerization reactions are given in Table 4 concern to the five model equations below:



Several chemical reactions take place during the cooking of the flour, involving different species, both solid and liquid. Several authors consider that clinkerization reactions follow the Arrhenius law, and are of the first order [15,26,29,46]. The kinetic constants given by [15], were chosen by trial and error, in order to obtain the desired composition (clinker) at the exit of the kiln. As for reaction rates, Mastorakos et al. [15], Mujumdar and Ranade [26], and Darabi [29] give the reaction rates in mass form. The kinetic values found in the literature are given in Table 4 below:

Table 4. Kinetics and enthalpies of clinkerization reaction

Equations	References	A	E [kJ/mol]	ΔH [kJ/mol]
(21)	[26]	$1,18.10^3$ (kmol/m ² /s)	185	179,4
	[15]	10^8 (s ⁻¹)	175,728	-
	[46]	$9,67.10^{24}$ (h ⁻¹)	1092, 947#	-
	[29]	$4,55.10^{31}$ (s ⁻¹)	781	+1,782.10 ⁶ @
	[13]	-	-	+1660 ¤
	[31]	-	-	1778 ¤
(22)	[26]	$1,0.10^7$ (m ³ /kg/s)	240	-127,6
	[15]	10^7 (s ⁻¹)	240,	-
	[46]	$1,41.10^{15}$ (h ⁻¹)	346,014#	-
	[29]	$4,11.10^5$ (s ⁻¹)	193	-1,124.10 ⁶ @
	[13]	-	-	-603 ¤
	[31]	-	-	700 ¤
(23)	[26]	$1,0.10^9$ (m ³ /kg/s)	420	16,0
	[15]	10^9 (s ⁻¹)	420	-
	[46]	$4,18.10^8$ (h ⁻¹)	461,352#	-
	[29]	$1,33.10^5$ (s ⁻¹)	256	+8,01.10 ⁴ @
	[13]	-	-	-448 ¤
	[31]	-	-	495 ¤
(24)	[26]	$1,0.10^8$ (m ³ /kg/s)	310	21,8
	[15]	10^8 (s ⁻¹)	310	-
	[46]	$1,81.10^9$ (h ⁻¹)	251,208#	-
	[29]	$8,33.10^6$ (s ⁻¹)	194	-4.34.10 ⁴ @
	[13]	-	-	-37 ¤
	[31]	-	-	74 ¤
(25)	[26]	$1,0.10^8$ (m ³ /kg/s)	330	-41,3
	[15]	10^8 (s ⁻¹)	330	-
	[46]	$5,59.10^{11}$ (h ⁻¹)	188,406#	-
	[29]	$8,33.10^8$ (s ⁻¹)	185	-2,278.10 ⁵ @
	[13]	-	-	-109 ¤
	[31]	-	-	67 ¤

: in [kJ/kg/mol] ; @ : in [J/kg de CaO] ; ¤ : in [kJ/kg]

5 ENGINEERING OF THE PROCESS

5.1 EXISTING PROCESSES

There are four cement manufacturing processes: wet, semi-wet, semi-dry, and dry. Each process corresponds to one or more types of kilns.

5.1.1 WET PROCESS

The wet process has been used for a long time. Currently, it is considered obsolete, and energy consumer (see Figure 8). The wet kilns are known to be very long, sometimes reaching 220 meters [1]. These kilns have three zones: drying, decarbonation, and clinkering. The raw material is fed in paste form, made of limestone and clay finely ground with water (28 to 42 % of water). For thermal reasons, the walls at the entrance of the kiln (about 20 % of the total length of the kiln) are coated with marine chains. The wet process kilns are characterized by daily production capacities of 250 to 3600 tons [62].

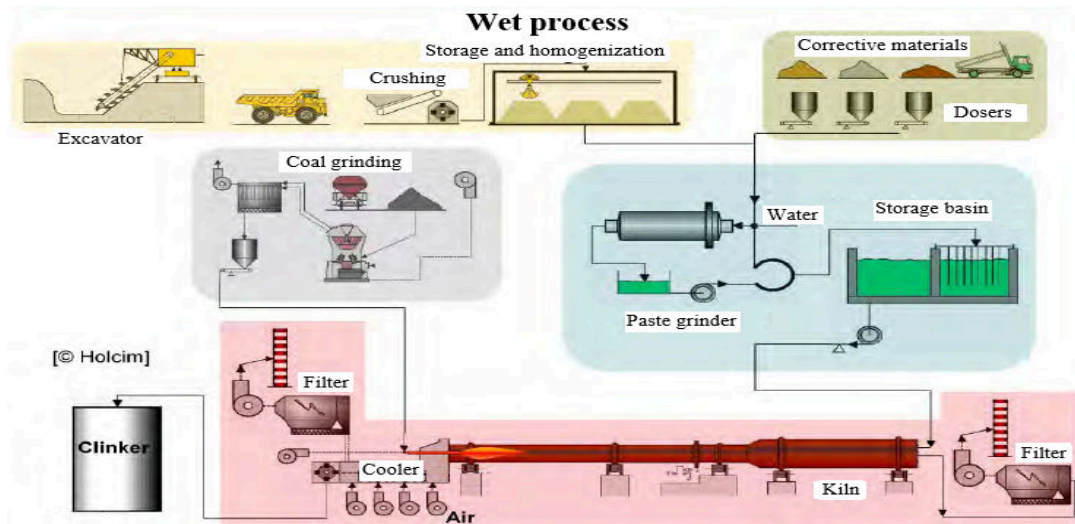


Fig. 8. Wet process [1]

5.1.2 SEMI-WET PROCESS

The semi-wet process is a derivative of the wet process, but with the particularity of the presence of a filter press, a preheater tower or a Lepol grate and a short rotary cylinder. And also the low water content in the paste, evaluated between 17 to 21 %. The filter press is used to filter the paste before its introduction into the preheating tower [1]. The material enters the preheating tower in form of the paste, and comes out as flour. The latter is then admitted to the rotary cylinder to give clinker. In the case of kilns with Lepol grate, the paste from the filter press is fed into a Lepol grate preheater. The paste falls on perforated grids through which pass the combustion gases from the kiln [1]. At the exit of the Lepol grate, the flour is admitted to the rotary kiln or rotary cylinder (see Figure 9).

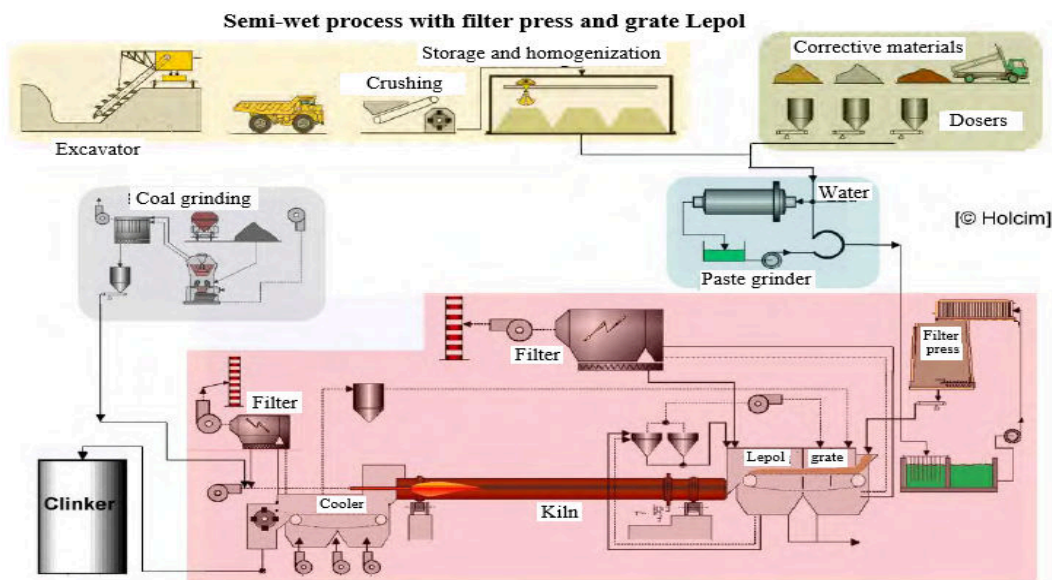


Fig. 9. Semi-Wet process with filter press and grate Lepol [1]

5.1.3 SEMI-DRY PROCESS

The semi-dry process is very similar to the semi-wet process. The difference between the two categories resides on the fact that in the case of the "semi-dry", we do not manipulate the material in the form of paste, but rather in the form of granules or flour. This process developed from the 1930s as an alternative to the wet process. There was then a big reduction

in the specific thermal consumption, of the order of 20 to 30 % [62]. After grinding and homogenization, the raw materials are introduced into a granulation sole (granulator), where they are mixed with water (10 to 12%) to give granules [1]. These latter are then sent to the Lepol grate, before their admission to the rotary kiln (see Figure 10).

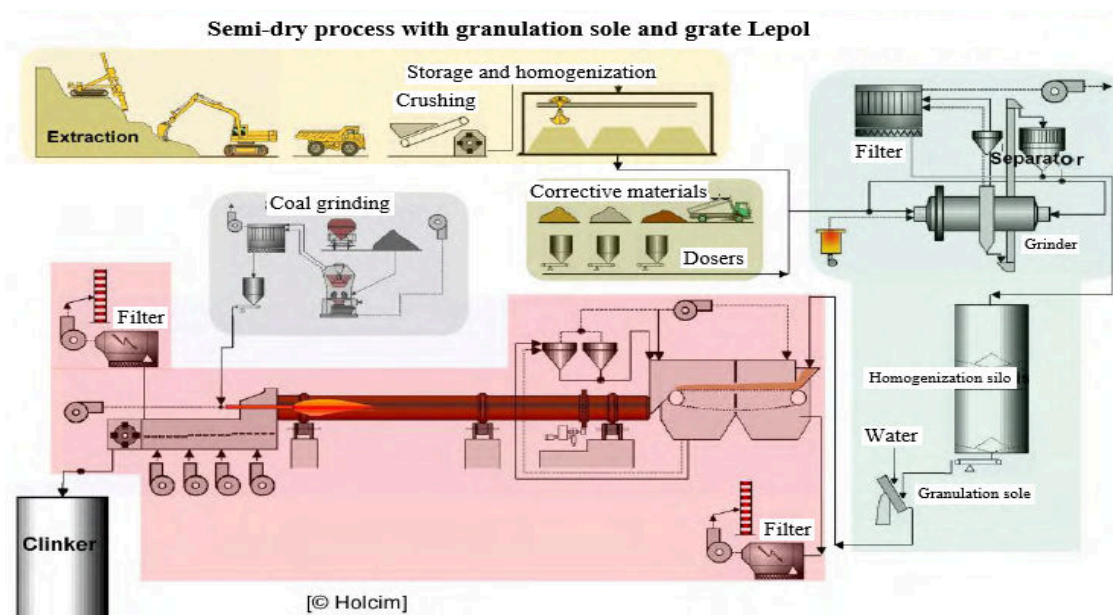


Fig. 10. Semi-dry process with granulation sole and grate Lepol [1]

5.1.4 DRY PROCESS

The dry process is the most widely used (see Figure 1). It has been developed in order to eliminate the step of drying the paste and/or granules. The material (raw meal) sent into the kiln contains no water. This is due to the presence of a grinder, able to grind and dry the raw materials at the same time. There has been a great evolution of these types of kilns, in so far as several technologies have emerged, with the aim of improving energy and production yields. We can cite for example preheater kilns without precalcination, preheater kilns with precalcination, without tertiary air, and preheater kilns, with precalcination and with tertiary air.

5.2 THE HEART OF THE DRY PROCESS: THE ROTARY KILN

The dry cement manufacturing process has developed significantly over the past three decades, particularly with regard to the baking kiln. Several types of rotary kilns have emerged: preheater kilns (the first since the advent of the process), preheater kilns with precalciner, without tertiary air, and preheater kilns with precalciner and tertiary air. These rotary kilns are equipped with different types of coolers: grates, balloons (or planetary), and rotary. In this paper, we present the schematic diagram of different types of rotary kilns in the dry process. We also give some information about the inputs, outputs, geometric characteristics and temperature levels of these kilns.

5.2.1 SCHEMATIC DIAGRAM OF ROTARY KILN BY DRY PROCESS

We present the schematic diagrams of three large families of rotary kilns encountered in the dry process, as well as the types of coolers used.

5.2.1.1 ROTARY KILNS WITH PREHEATERS WITHOUT PRECALCINER

Preheater rotary kilns without precalcination are the first kilns that have emerged since the advent of the dry process. So they are old, although they still work today. These kilns, equipped with preheating towers, whose stages can range from 4 to 6, were developed in order to overcome the energy problem. More the number of stages is high, more the rotary cylinder (rotary kiln) is of short length. The number of stages depends highly on the humidity of the raw materials. Preheater kilns thus

allow a balance between the heat available in the gases exiting the exchanger, at temperatures of 350 to 380 ° C, and the need for heat to evaporate moisture from raw materials, often 8 at 9 % [62]. Figure 11 illustrated 4-stage preheater kilns. For the industrial realization of preheating towers, we can find preheaters with 4 stages of cyclones, KHD-FLS exchanger, Polysius exchanger, and Prerov exchanger. Preheater rotary kilns without precalciner can be equipped with balloon (planetary) coolers, either grate coolers or rotary coolers.

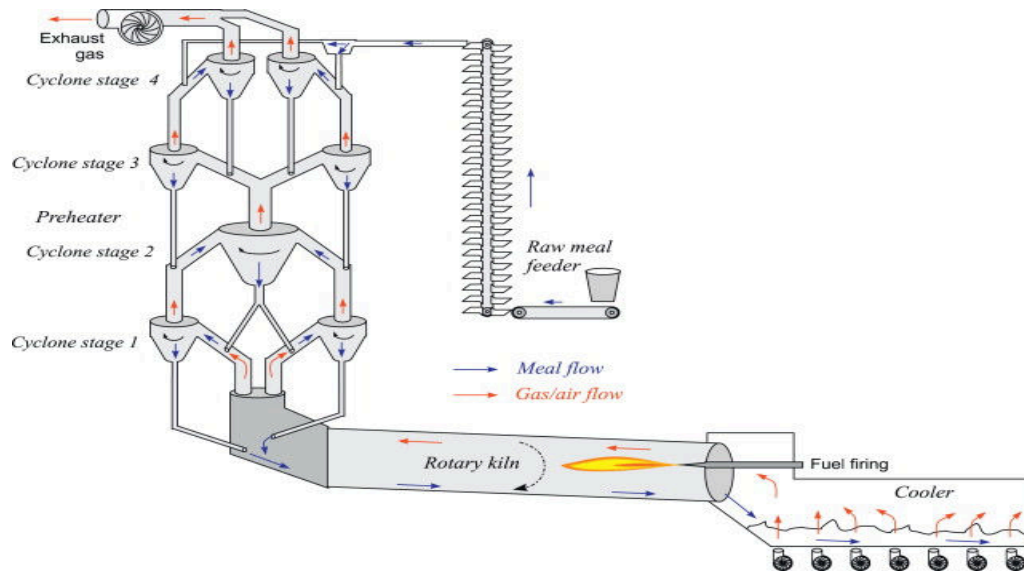


Fig. 11. Four-stage cyclone preheater kiln [63,64]

5.2.1.2 PREHEATER ROTARY KILNS WITH PRECALCINER, WITHOUT TERTIARY AIR

The concept was developed in 1970 by the Japanese cement industry, with the aim of improving the thermal performance and production of existing plants. Kilns equipped with precalciner have low specific consumptions, because of the quality of heat exchange, and have large production capacities. Bastier et al. [65] talk of increasing production by a factor of 2 to 2.3 compared to other types of kilns. The air used for the combustion of the coal (or heavy fuel oil) injected into the pre-calcination furnace comes from the excess air of the main burner of the rotary kiln. In this configuration, it is necessary to have a large excess of air at the main burner of the furnace, if we want to have better combustion yields in the precalciner. The precalcination rate is limited to 20 % [33,65], value not to be exceeded for fear of cooling the flame produced by the main burner of the kiln. Figure 12 illustrates rotary kilns with precalciner, without tertiary air.

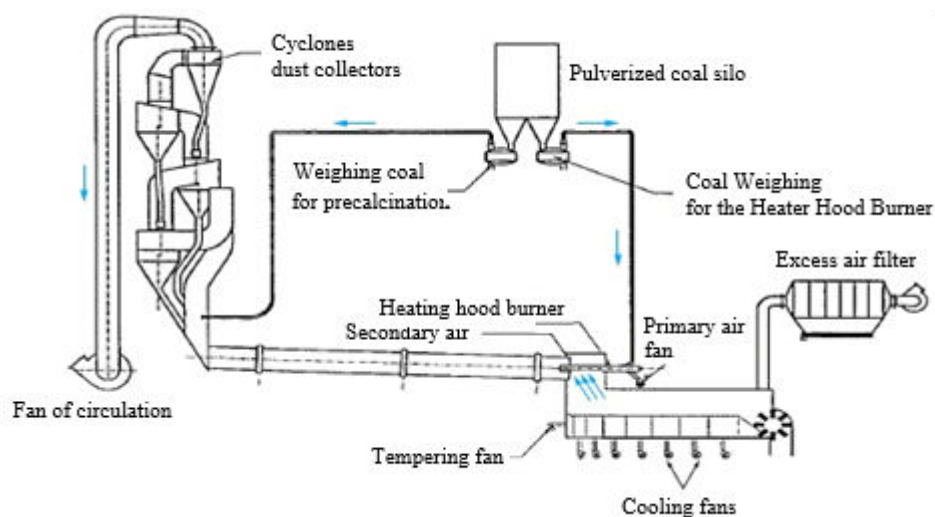


Fig. 12. Rotary kiln equipped with a precalciner, without tertiary air [62]

5.2.1.3 PREHEATER ROTARY KILNS WITH PRECALCINER, WITH TERTIARY AIR

All that is said about precalciner kilns without tertiary air duct remains valid, the difference lies in the rate of precalcination, which can reach 95 %. The air used for the combustion of the coal (or heavy fuel oil) injected into the precalciner is extracted from the cooling air of clinker, directly from the grate coolers, as illustrated on the **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Figure 13 below. It's not necessary to have the high excess of air in the main burner of the kiln. In most cases, rotary kilns with precalciner and tertiary air are equipped with grate coolers.

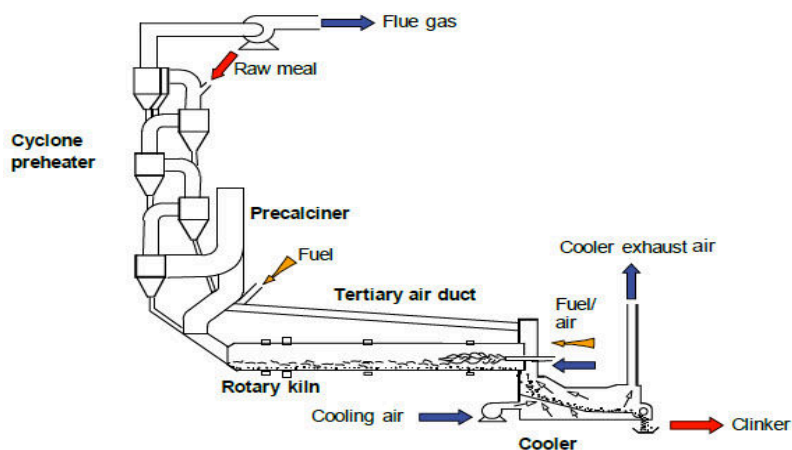


Fig. 13. Rotary kiln equipped with precalciner and tertiary air [66]

5.2.1.4 TYPES OF COOLERS

There are three types of coolers in the cement plant: balloon (planetary), grates (grid), and rotary.

5.2.1.4.1 BALLOON COOLERS (PLANETARY)

In these types of coolers, the clinkers leaving the kiln are divided almost equitably into different planetary tubes, generally 10 in number (Figure 14). These tubes are equipped with levers, to improve the thermal exchange hot clinker-air. This air (secondary air) is then sent to the rotary kiln as combustion air. The demand for air in kilns equipped with planetary coolers is

estimated at $0.899 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ of clinker (ie 1.16 kg/kg of clinker), for kilns with a specific consumption of 3450 kJ/kg [67]. Clinkers generally come out at temperatures above 150°C [33].

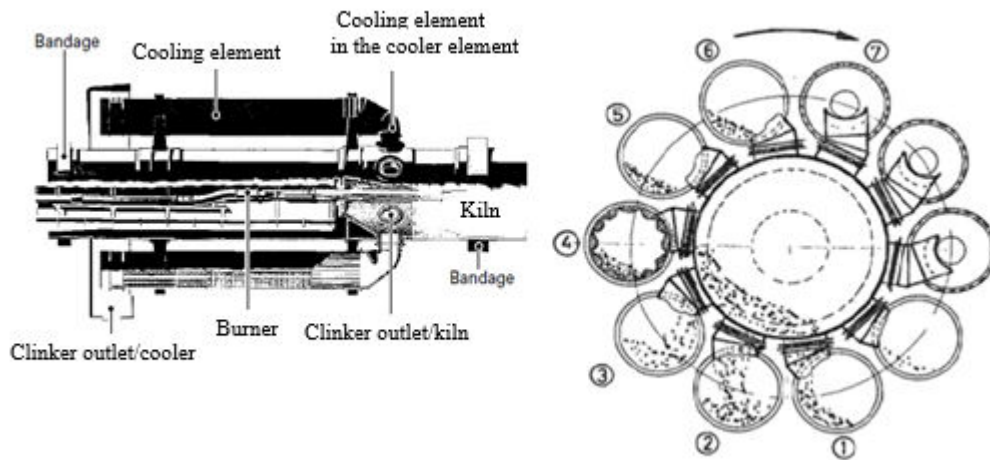


Fig. 14. Balloon or planetary cooler [33]

5.2.1.4.2 GRATE COOLER

Here, the final temperature of 80°C for cooled clinkers can easily be reached. This is made possible by fan batteries placed below the grate, sending air cross currents when passing hot clinkers on the grate, as show in Figure 15. In these types of coolers, the cooling air consumption is 1.4 to $1.8 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ of clinker [67]. These values explain the better thermal efficiency of kilns equipped with a grate cooler. The secondary air temperature at the furnace inlet can easily reach 1000°C .

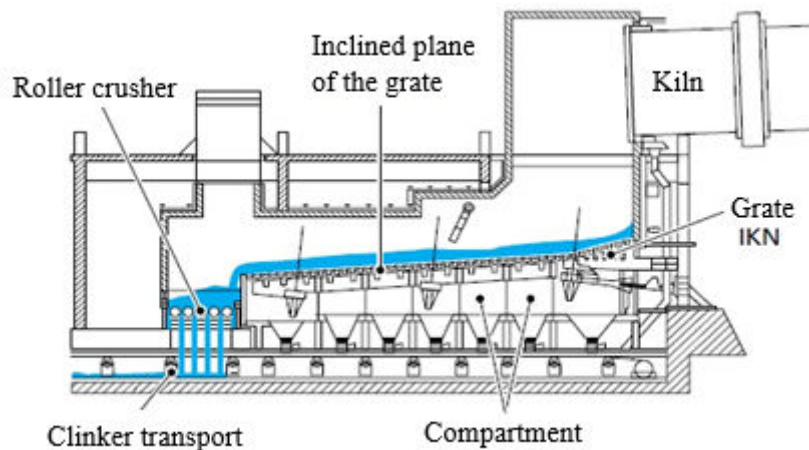


Fig. 15. Inclined grate cooler with pendulum suspension, with IKN grate and roller crusher [67].

5.2.1.4.3 ROTARY COOLERS

Rotary coolers are very old systems. They were often used on high capacity kilns. Their dimensions (length and diameter) are almost equal to those of the rotary kiln, illustrated Figure 16. For example, for a kiln with a daily capacity of 3200 tons, the length and diameter of the rotary cooler are 54 and 5.6 meters respectively. As with planetary coolers, cooling is not fast in rotary coolers. The temperature of the clinkers leaving the cooler is of the order of 180 to 300°C [67].

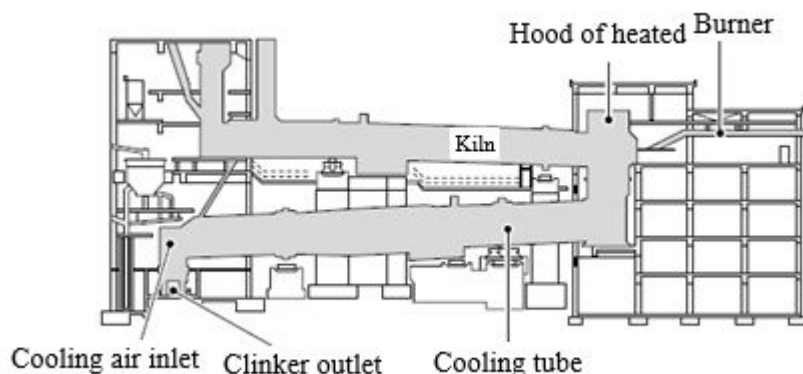


Fig. 16. Rotary or tubular cooler KHD [67]

5.2.2 INPUTS

The main inputs in this type of kiln are flour, fossil and/or alternative fuels, and air (primary and secondary). The main input of flour in the rotary kiln circuit is located at the last stage of the preheater tower. In the rotary section, it enters through a derivative channel (independent of the exit gases in the kiln) located just below the last cyclone (first stage). The fossil fuel (coal, heavy fuel oil, or natural gas) is introduced by means of a feed circuit to the main burner. As for alternative fuels, they are introduced either in the same input as the flour (below the last cyclone) or in the main burner (specific burner), at the same time as fossil fuel. And finally, the primary air is introduced via primary air fans, which send air into the burner. Primary air is also used to transport the fuel to the kiln. While the secondary air is introduced through the secondary air fans, which send air to the clinker cooler, before entering the rotary section.

5.2.3 EXITS

The main outputs are clinker and exhaust gas. The clinker leaves the rotary cylinder a few meters after the head of the main burner (end of clinkerization zone), at the cooler inlet. It is at the cooler outlet that the clinker definitely leaves the rotary kiln circuit. The gases exit the rotary section of the kiln through the riser pipe, connecting the rotary cylinder (rotary kiln) to the last cyclone of the preheater tower. They exit the rotary kiln circuit on the last stage of the preheater tower.

6 CONCLUSIONS

We have just presented a state of the art modeling of cement chemistry and engineering of the cement manufacturing process. The article focused on presenting and discussing the work and information available in the literature on cement chemistry, the cement manufacturing process, and the technologies used to produce cement, point of view of energy saving. The different phases of the clinker have been presented in detail. Their kinetics being strongly coupled, it is not possible to decouple. The kinetic models of clinkerization proposed in the literature follow the Arrhenius law, the most elaborate of which are those based on the dynamic model of Spang [61], which gives the different reaction rates as a function of the mass concentration of CaO , and takes into account the enthalpies of clinkerization reactions in the enthalpy balance. The aluminate phases ($(\text{CaO})_3.\text{Al}_2\text{O}_3$ or C_3A) et Ferrite ($(\text{CaO})_4.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ or C_4AF) are precursors of the liquid phase in the bed material, mainly due to the presence of Alumina (Al_2O_3) and Iron Oxide III (Fe_2O_3). The aspects related to the crystallography of clinker phases have not been addressed in this work, we reserve them for a future publication. Mineralogical analyzes of the clinker reveal that the CaO_{free} and MgO_{free} contents in the clinker must imperatively be limited, in order to avoid the phenomenon of expansion which causes damage in the mortar and/or in the concrete. This work is an open path for the aspects related to cement chemistry to be fully elucidated.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to acknowledge Kongo University in the Democratic Republic of Congo for funding our research work. We also thank the managers of congolese cement plants, CINAT and CILU, for the technical data they provided us.

REFERENCES

- [1] C. Charron, L'industrie du ciment-Données générales, (2008).
- [2] Cembureau, Activity Report 2015, (2015).
- [3] USGS, Cement Statistics and Information, <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/>. (2017).
- [4] C. Csernyei, A.G. Straatman, Numerical modeling of a rotary cement kiln with improvements to shell cooling, *Int. J. Heat Mass Transf.* 102 (2016) 610–621. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.06.058.
- [5] E. Mokrzycki, A. Uliasz-Bocheńczyk, Alternative fuels for the cement industry, *Appl. Energy*. 74 (2003) 95–100.
- [6] A.M. Radwan, Different Possible Ways for Saving Energy in the Cement Production, *Adv. Appl. Sci. Res.* 3 (2) (2012) 1162–1174.
- [7] I. de l'énergie et de l'environnement de la F. IEPF, Le diagnostic énergétique d'une cimenterie, (2008).
- [8] C. Li, Z. Nie, S. Cui, X. Gong, Z. Wang, X. Meng, The life cycle inventory study of cement manufacture in China, *J. Clean. Prod.* 72 (2014) 204–211. doi:10.1016/j.jclepro.2014.02.048.
- [9] A.K. Chatterjee, Chemistry and engineering of the clinkerization process — Incremental advances and lack of breakthroughs, *Cem. Concr. Res.* 41 (2011) 624–641. doi:10.1016/j.cemconres.2011.03.020.
- [10] S.A. Ishak, H. Hashim, T.S. Ting, Eco innovation strategies for promoting cleaner cement manufacturing, *J. Clean. Prod.* 136 (2016) 133–149. doi:10.1016/j.jclepro.2016.06.022.
- [11] Z. Cao, L. Shen, J. Zhao, L. Liu, S. Zhong, Y. Yang, Modeling the dynamic mechanism between cement CO₂ emissions and clinker quality to realize low-carbon cement, *Resour. Conserv. Recycl.* 113 (2016) 116–126. doi:10.1016/j.resconrec.2016.06.011.
- [12] H.-M. Ludwig, W. Zhang, Research review of cement clinker chemistry, *Cem. Concr. Res.* 78 (2015) 24–37. doi:10.1016/j.cemconres.2015.05.018.
- [13] T.P. Bhad, S. Sarkar, A. Kaushik, S.V. Herrwardkar, CFD Modeling of a cement Kiln with multi channel burner for optimization of flame profile, in: *Proc. Seventh Int. Conf. CFD Miner. Process Ind.*, 2009. http://www.cfd.com.au/cfd_conf09/PDFs/048SAR.pdf (accessed February 12, 2016).
- [14] K.S. Mujumdar, V.V. Ranade, CFD modeling of rotary cement kilns, *Asia-Pac. J. Chem. Eng.* 3 (2008) 106–118. doi:10.1002/apj.123.
- [15] E. Mastorakos, A. Massias, C.D. Tsakiroglou, D.A. Goussis, V.N. Burganos, A.C. Payatakes, CFD predictions for cement kilns including Flame modelling, heat transfer and clinker chemistry, (1999) 55–76.
- [16] H. Minard, S. Garrault, L. Regnaud, A. Nonat, Mechanisms and parameters controlling the tricalcium aluminate reactivity in the presence of gypsum, *Cem. Concr. Res.* 37 (2007) 1418–1426. doi:10.1016/j.cemconres.2007.06.001.
- [17] B.M. Mohamed, J.H. Sharp, Kinetics and mechanism of formation of tricalcium aluminate, Ca₃Al₂O₆, *Thermochim. Acta.* (2002) 105–114.
- [18] RTCE, Le guide environnemental du secteur cimentier en Tunisie, (2011).
- [19] C. Pongo Pongo, Caractéristiques des produits Cinat, (2012).
- [20] IFIPS, Le ciment : fabrication et prise, (2017).
- [21] M. Schneider, Process technology for efficient and sustainable cement production, *Cem. Concr. Res.* 78, Part A (2015) 14–23. doi:10.1016/j.cemconres.2015.05.014.
- [22] M. McKeen, Cement Clinker on the Belt, www.youtube.com. (2008).
- [23] J. McMathis, Stressed, brittle, and reactive - Crushing clinker at its hottest provides energy and emissions savings, <http://ceramics.org/ceramic-Tech-Today/stressed-Brittle--React.-Crush.-Clinker--Its-Hottest-Provid.-Energy--Emiss.-Sav.> (2015).
- [24] A.R. Nielsen, Combustion of large solid fuels in cement rotary kilns: Ph.D. Thesis, Department of Chemistry, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, 2012. <http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2185763052>.
- [25] M.J. Varas, M. Alvarez de Buergo, R. Fort, Natural cement as the precursor of Portland cement: Methodology for its identification, *Cem. Concr. Res.* 35 (2005) 2055–2065. doi:10.1016/j.cemconres.2004.10.045.
- [26] K.S. Mujumdar, V.V. Ranade, Simulation of Rotary Cement Kilns Using a One-Dimensional Model, *Chem. Eng. Res. Des.* 84 (2006) 165–177. doi:10.1205/cherd.04193.
- [27] A.R. Nielsen, M.B. Larsen, P. Glarborg, K. Dam-Johansen, Devolatilization and Combustion of Tire Rubber and Pine Wood in a Pilot Scale Rotary Kiln, *Energy Fuels*. 26 (2012) 854–868. doi:10.1021/ef201353t.
- [28] A. Witsel, C. Renotte, M. Remy, New dynamic model of a rotary cement kiln, (2000).
- [29] P. Darabi, A mathematical model for cement kilns, University of British Columbia, 2007.
- [30] L.K. Nørskov, Combustion of solid alternative fuels in the cement kiln burner, Technical University of Denmark, 2012. <http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2185752638> (accessed June 5, 2017).
- [31] W.K. Hiromi Ariyaratne, E.V.P.J. Manjula, M.C. Melaaen, L.-A. Tokheim, Mathematical Model for Alternative Fuel Combustion in a Rotary Cement Kiln Burner, *Int. J. Model. Optim.* 4 (2014) 56–61. doi:10.7763/IJMO.2014.V4.347.

- [32] M.Y. Hassaan, Basalt rock as an alternative raw material in Portland cement manufacture, *Mater. Lett.* 50 (2001) 172–178.
- [33] B. Kohlhaas, Otto Labahn, *Cement Engineers Handbook*, 6th edition, Bauverlag GMBH, Berlin, 1983.
- [34] Y. Tao, W. Zhang, D. Shang, Z. Xia, N. Li, W.-Y. Ching, F. Wang, S. Hu, Comprehending the occupying preference of manganese substitution in crystalline cement clinker phases: A theoretical study, *Cem. Concr. Res.* 109 (2018) 19–29. doi:10.1016/j.cemconres.2018.04.003.
- [35] W. Wilson, K.J. Krakowiak, F.-J. Ulm, Simultaneous assessment of phase chemistry, phase abundance and bulk chemistry with statistical electron probe micro-analyses: Application to cement clinkers, *Cem. Concr. Res.* 55 (2014) 35–48. doi:10.1016/j.cemconres.2013.09.013.
- [36] W. Wilson, L. Sorelli, A. Tagnit-Hamou, Unveiling micro-chemo-mechanical properties of C–(A)–S–H and other phases in blended-cement pastes, *Cem. Concr. Res.* 107 (2018) 317–336. doi:10.1016/j.cemconres.2018.02.010.
- [37] SCAEK, La composition chimique des clinkers, Société des Ciments de Ain El Kebira, 2018. www.scaek.dz/documents/16.pdf (accessed April 30, 2018).
- [38] K.-L. Lin, C.-Y. Lin, Hydration characteristics of waste sludge ash utilized as raw cement material, *Cem. Concr. Res.* 35 (2005) 1999–2007. doi:10.1016/j.cemconres.2005.06.008.
- [39] F. Sorrentino, Chemistry and engineering of the production process: State of the art, *Cem. Concr. Res.* 41 (2011) 616–623. doi:10.1016/j.cemconres.2011.03.013.
- [40] G. Van Rompaey, Etude de la réactivité des ciments riches en laitier, à basse température et à temps court, sans ajout chloruré, Université Libre de Bruxelles, 2006.
- [41] D.C. Hughes, D. Jaglin, R. Kozłowski, D. Mucha, Roman cements — Belite cements calcined at low temperature, *Cem. Concr. Res.* 39 (2009) 77–89. doi:10.1016/j.cemconres.2008.11.010.
- [42] G. Rompaey, Etude de la réactivité des ciments riches en laitier, à base température et à temps court, sans ajout chloruré, Université Libre de Bruxelles, 2006.
- [43] S. Ghabezloo, Effect of the variations of clinker composition on the poroelastic properties of hardened class G cement paste, *Cem. Concr. Res.* 41 (2011) 920–922. doi:10.1016/j.cemconres.2011.03.022.
- [44] L. Opoczky, V. Gavel, Effect of certain trace elements on the grindability of cement clinkers in the connection with the use of wastes, *Int. J. Miner. Process.* 74 (2004) S129–S136. doi:10.1016/j.minpro.2004.07.020.
- [45] M. Cyr, M. Trinh, B. Husson, G. Casaux-Ginestet, Effect of cement type on metakaolin efficiency, *Cem. Concr. Res.* 64 (2014) 63–72. doi:10.1016/j.cemconres.2014.06.007.
- [46] A.A. Boateng, Rotary kilns-Transport Phenomena and Transport Processes, United States of America, 2012.
- [47] S. Telschow, Clinker burning kinetics and mechanism, FLSmidth A/SFLSmidth A/S, 2012. http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:117069/datastreams/file_90eb7b6b-a896-4e5d-b9ba-d3dc43205c60/content (accessed February 22, 2016).
- [48] K. Svinning, A. Høskuldsson, H. Justnes, Prediction of potential compressive strength of Portland clinker from its mineralogy, *Cem. Concr. Compos.* 32 (2010) 300–311. doi:10.1016/j.cemconcomp.2009.12.004.
- [49] L. Aldridge, Estimating strength from cement composition, in: 7th Int. Congr. Chem. Cem., Paris, France, 1980.
- [50] X. Liu, Y. Li, Effect of MgO on the composition and properties of alite-sulphoaluminate cement, *Cem. Concr. Res.* 35 (2005) 1685–1687. doi:10.1016/j.cemconres.2004.08.008.
- [51] T. Staněk, P. Sulovský, Active low-energy belite cement, *Cem. Concr. Res.* 68 (2015) 203–210. doi:10.1016/j.cemconres.2014.11.004.
- [52] J.O. Odigure, Grindability of cement clinker from raw mix containing metallic particles, *Cem. Concr. Res.* 29 (1999) 303–307.
- [53] P.T. Durdziński, M. Ben Haha, M. Zajac, K.L. Scrivener, Phase assemblage of composite cements, *Cem. Concr. Res.* 99 (2017) 172–182. doi:10.1016/j.cemconres.2017.05.009.
- [54] C. Fethi, Etude physicochimique du ciment, Université de Jijel Algérie, 2007.
- [55] A. Pisch, Cours Matériaux cimentaires, (2009).
- [56] A.R. Nielsen, L. Morten B., P. Glarborg, K. Dam-Johansen, Sulfur Release from Cement Raw Materials during Solid Fuel Combustion, *Energy Fuels.* 25 (2011) 3917–3924.
- [57] A.R. Nielsen, L. Morten B., P. Glarborg, K. Dam-Johansen, High-Temperature Release of SO₂ from Calcliner Cement Raw Materials, *Energy Fuels.* 25 (2011) 2917–2926.
- [58] Cembureau, Les combustibles de substitution dans la production du ciment : bilan technique et écologique, (1997).
- [59] P. Hewlett, *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, Butterworth-Heinemann, 2003.
- [60] M.A. Romero Valleöztz, Numerical Modelling of Granular Beds in Rotary Kilns, Delft University of Technology, 2012.
- [61] H.A. Spang, A dynamic model of a cement kiln, *Automatica.* 8 (1972) 309–323. doi:10.1016/0005-1098(72)90050-7.
- [62] R. Bastier, A. Bocan, B. Gilbert, A. Regnault, Fours de cimenterie. Ateliers de cuisson du clinker, *Tech. Ing. Génie Énergétique.* 6 (2000) BE8844–1.

- [63] ABB, Croissance verte, Groupe ABB. (2009) 72.
- [64] K.S. Stadler, J. Poland, E. Gallestey, Model predictive control of a rotary cement kiln, Control Eng. Pract. 19 (2011) 1–9. doi:10.1016/j.conengprac.2010.08.004.
- [65] R. Bastier, B. Gilbert, A. Bocan, A. Regnault, Fours de Cimenterie: Fours Rotatifs, (2001).
- [66] Global CCS Institute, Deployment of CCS in the cement industry, (2013).
- [67] R. Bastier, A. Bocan, B. Gilbert, A. Regnault, Fours de cimenterie - Refroidisseurs à clinker, Tech. Ing. Génie Énergétique. 6 (2000) BE8846 V1.

ETUDE D'INVENTAIRE DES UTILISATEURS D'EAU DU DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE DU BASSIN DU LAOU : APPORT DU SIG A LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU

[INVENTORY STUDY OF WATER USERS OF THE HYDRAULIC PUBLIC DOMAIN OF THE LAOU BASIN : GIS CONTRIBUTION TO INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT]

Wissal BAITE¹, Ahmed BOUKDIR¹, Abdelhamid ZITOUNI¹, and Salah Ddine DAHBI²

¹Département sciences de la terre, Université Sultan Moulay Slimane, Laboratoire de Génie Industriel, Béni Mellal, Maroc

²Agence du Bassin Hydraulique de Loukkos, Tétouan, Maroc

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

ABSTRACT: Inventories of water users are a vital step in the management of water resources. And new technologies such as GIS, remote sensing and DBMS help to facilitate the collection, management, and exploitation of data collected during inventories. This study is being carried out as part of a project launched by the Loukkos Watershed Agency which aims to carry out inventories of water users in its area of action. For effective management of water resources, it is necessary to identify all water withdrawals for irrigation, industrial or drinking water purposes. This study enabled, on the one hand, to update the inventory of the main water samplers of the Oued Laou Basin which is part of the Loukkos Basin Agency intervention zone, and on the other hand, the development of a database of sampling points and their characteristics and a Web mapping application to facilitate the consultation of these data by the ABHL. Information control is a major issue for any organization at the operational, decision-making and strategic levels. GIS has made a significant contribution to databases as it provides, through geographic information, a unifying framework for data and powerful tools for interpreting, analyzing and representing this data.

KEYWORDS: Web Inventory, water, GIS, DBMS, Web application.

RESUME: Les inventaires des utilisateurs de l'eau constituent une étape primordiale dans la gestion des ressources en eau. Et les nouvelles technologies telles que les SIG, la télédétection et les systèmes de gestion des bases de données aident à faciliter la collecte, la gestion, et l'exploitation des données collectées lors des inventaires. Cette étude est menée dans le cadre d'un projet lancé par l'agence du bassin hydraulique de Loukkos qui vise la réalisation des inventaires des utilisateurs des eaux dans sa zone d'action. Pour une gestion efficace des ressources en eau, il est nécessaire d'identifier tous les prélèvements d'eau effectués à des fins d'irrigation, industrielles ou d'approvisionnement en eau potable. Cette étude a permis, d'une part, de mettre à jour l'inventaire des principaux utilisateurs d'eau du bassin de l'Oued Laou qui fait partie de la zone d'intervention de l'Agence du bassin hydraulique du Loukkos, et d'autre part, de développer une base de données des points d'échantillonnage et de leurs caractéristiques, et une application Web pour faciliter la consultation de ces données par l'ABHL. Le contrôle de l'information est un enjeu majeur pour toute organisation au niveau opérationnel, décisionnel et stratégique. Le SIG a apporté une contribution considérable aux bases de données car il fournit, à travers l'information géographique, un cadre unifiant pour les données et des outils puissants pour interpréter, analyser et représenter ces données.

MOTS-CLEFS: Inventaire, eau, SIG, SGBD, application Web.

1 INTRODUCTION

Dans notre pays, à vocation agricole, la ressource en eaux constitue un facteur déterminant pour tout développement local ou régional. Cette ressource trouve son origine en surface et en profondeur, soit dans les eaux de surface soit dans les eaux souterraines. Contrairement aux ressources de surface, la ressource souterraine ne présente pas une proximité, mais plutôt, la sûreté vis-à-vis de la pollution, l'évaporation, etc. Ainsi, elle nécessite des études approfondies pour son dégagement, évaluation et gestion.

Nous présentons dans ce travail d'une part, une actualisation des points de prélèvements d'eau dans le bassin du Laou, et l'élaboration d'une base de données relationnelle et géographique de ces points, En utilisant les techniques des systèmes d'information géographique, et d'autre part, nous montrons l'apport de ces outils à la gestion intégrée des ressources en eau.

La présente étude a pour objectifs :

1. Etude d'actualisation de l'inventaire des utilisateurs du domaine public hydraulique dans le bassin du Laou ;
2. Elaboration d'une base de données alphanumérique et géographique de cet inventaire.

Elle a porté sur un certain nombre d'enquêtes de terrain qui ont consisté sur :

1. L'inventaire des prélèvements d'eau à partir d'oued Laou (eaux de surface) ;
2. L'inventaire des prélèvements d'eau à partir des puits et forages captant la nappe d'oued Laou ;
3. L'élaboration d'une base de données sous Microsoft Access ;
4. L'élaboration d'une base de données géographique de ces prélèvements qui regroupe le maximum de couches à savoir : la géologie, l'hydrologie, l'hydrogéologie, le découpage administratif, les points de prélèvement non autorisés, les points de prélèvement autorisés, les captages d'eau potable, les images satellitaires ; Etc.

Cette étude constituera sans aucun doute, un outil pour la gestion de ces prélèvements d'eau, et aidera aux futurs calculs des assiettes de redevances.

2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE

Il s'agit d'un petit bassin dont la superficie n'excède pas 930 Km² (largeur maximale de 28Km, Est-Ouest, et 47 Km de longueur, Nord-Sud) et dont le cours d'eau principal Oued Laou a une longueur de 70 Km. A l'exception de la plaine côtière, il s'agit d'une zone à relief très accidenté avec de fortes pentes et des dénivellements importants [1] (Fig. 1).

Le bassin d'Oued Laou se trouve dans la région Nord-Ouest du Maroc. Il est situé dans la partie centrale de la chaîne rifaine appelée aussi le Haut Rif. Il est délimité par les sommets du JbelKelti (1928m) à l'ouest, Soukna (1800m) et Tissouka (2180m) au sud-est, Tazoute (1800m) au nord-est et la mer Méditerranée au nord (Fig. 1).

Cette zone est située entre la ville Oued Laou au Nord et la ville de Bab Taza au Sud. Ce bassin contient :

- La nappe d'Oued Laou ;
- Une partie de la Dorsal calcaire ;
- Un réseau hydrographique représenté principalement par Oued Laou ;
- Barrage de TALAMBOT

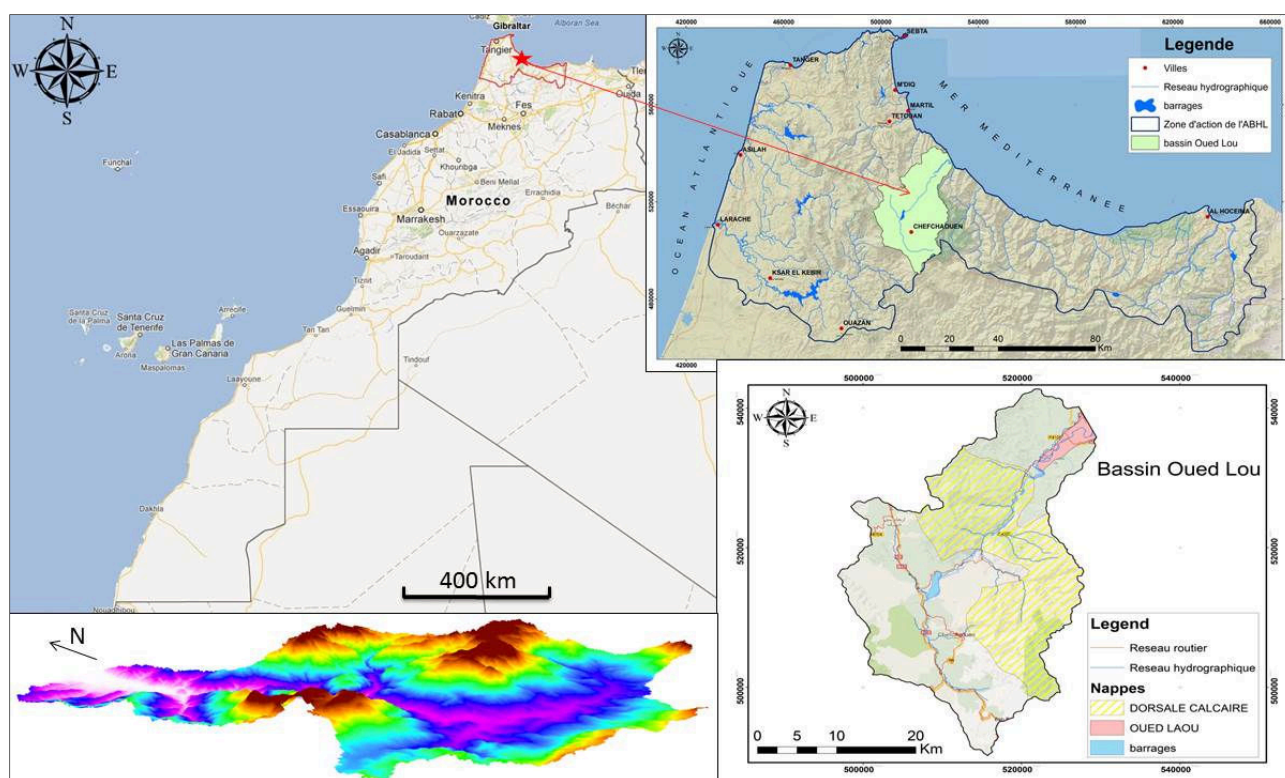


Fig. 1. Situation de la zone d'étude

2.2 CADRE GÉOLOGIQUE

Le Rif est géologiquement subdivisé de manière classique en trois domaines : interne, médian et externe (Fig. 2). Deux de ces domaines couvrent la zone étudiée: [1]

Le domaine interne s'étend le long de la Méditerranée de Sebta à Jebha. Les terrains y sont métamorphiques et constitués par des gneiss, schistes, calcaires et dolomites, d'âges primaires et permo-triassique: les sebtides et les ghomarides. Plus à l'extérieur, en s'éloignant de la méditerranée, la dorsale calcaire, épine dorsale à forte altitude, s'étend du détroit de Gibraltar jusqu'à l'accident de Jebha. Cette dorsale est caractérisée par un matériel où prédominent les faciès calcaires et dolomitiques (Trias, Lias). Plus à l'est, le domaine interne est représenté par le chaînon des Bokkoya. [1]

Le domaine médian est constitué par une série de nappes de flyschs qui reposent sur le domaine externe. La nappe des Béné Idder est formée de calcaires marneux argileux et de flyschs de marnes sableuses micacées (Crétacé et tertiaire). Elle s'étend du Déroit de Gibraltar à Chaouen. La nappe du JbelChouamat, au sud de Jebha, présente une nature schisteuse d'âge crétacé. La nappe du JbelTizirène, entre la dorsale calcaire et les Bokkoya, est constituée de complexes marno-calcaires et de flyschsschisto-gréseux. La nappe numidienne s'étend entre Tanger et Chaouen. Ce sont des flyschs gréseux qui sont à l'origine des crêtes gréseuses alignées donnant la forme arquée du Rif. [1]

Les cours, moyen et inférieur de l'Oued Laou occupent une vieille vallée intramontagneuse alors le cours supérieur draine le sillon de Chefchaouen, constituant une unité morphostructurale importante de la péninsule tingitane. (fig. 2) : [1]

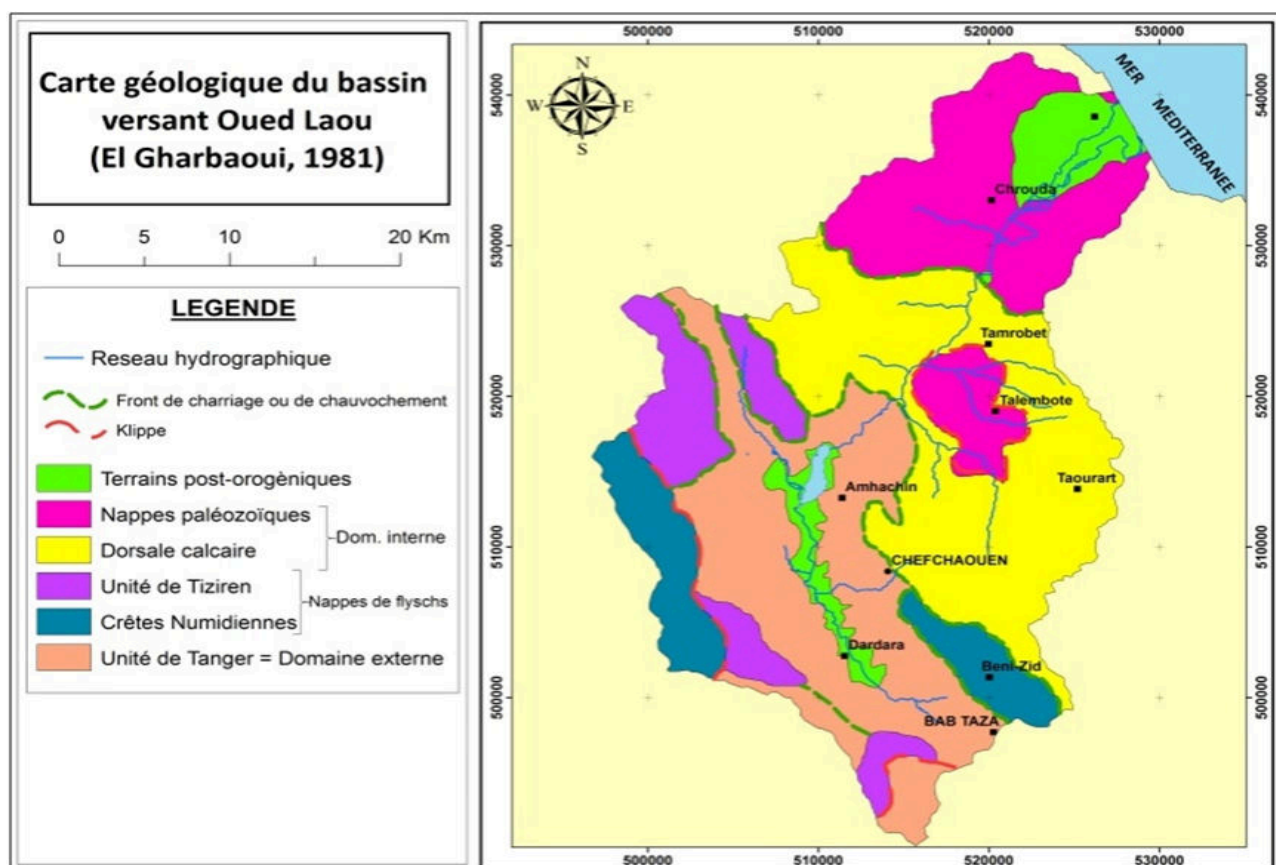


Fig. 2. Carte géologique du bassin versant Oued Laou (El Gharbaoui, 1981)

2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat est typiquement méditerranéen, mais ses éléments peuvent montrer des nuances, parfois sensibles d'un secteur à l'autre et sont influencés par la position par rapport à la mer, ou la continentalité, ainsi que par les altitudes et la configuration du relief. [2]

En dépit de son extension relativement faible, la zone d'étude possède deux types de climats bien différents (fig. 3) :

- les reliefs ont un climat de montagne méditerranéen avec des précipitations hivernales élevées, souvent sous forme de neige et un été sec et assez chaud. [1]
- la frange côtière a une humidité relative assez forte mais des précipitations moins élevées que sur les reliefs, avec des températures chaudes. [1]

Les précipitations les plus abondantes sont localisées sur les reliefs. Les moyennes oscillent entre 800 et 1400 mm aux stations connues (Bab Taza, $P = 1361$ mm) et atteignent probablement 2000 mm sur les plus hauts sommets. [3]

La frange côtière se caractérise plutôt par une sécheresse prépondérante. La majorité des stations n'atteignent pas 500 mm (Oued Laou, $P = 473$ mm). [1]

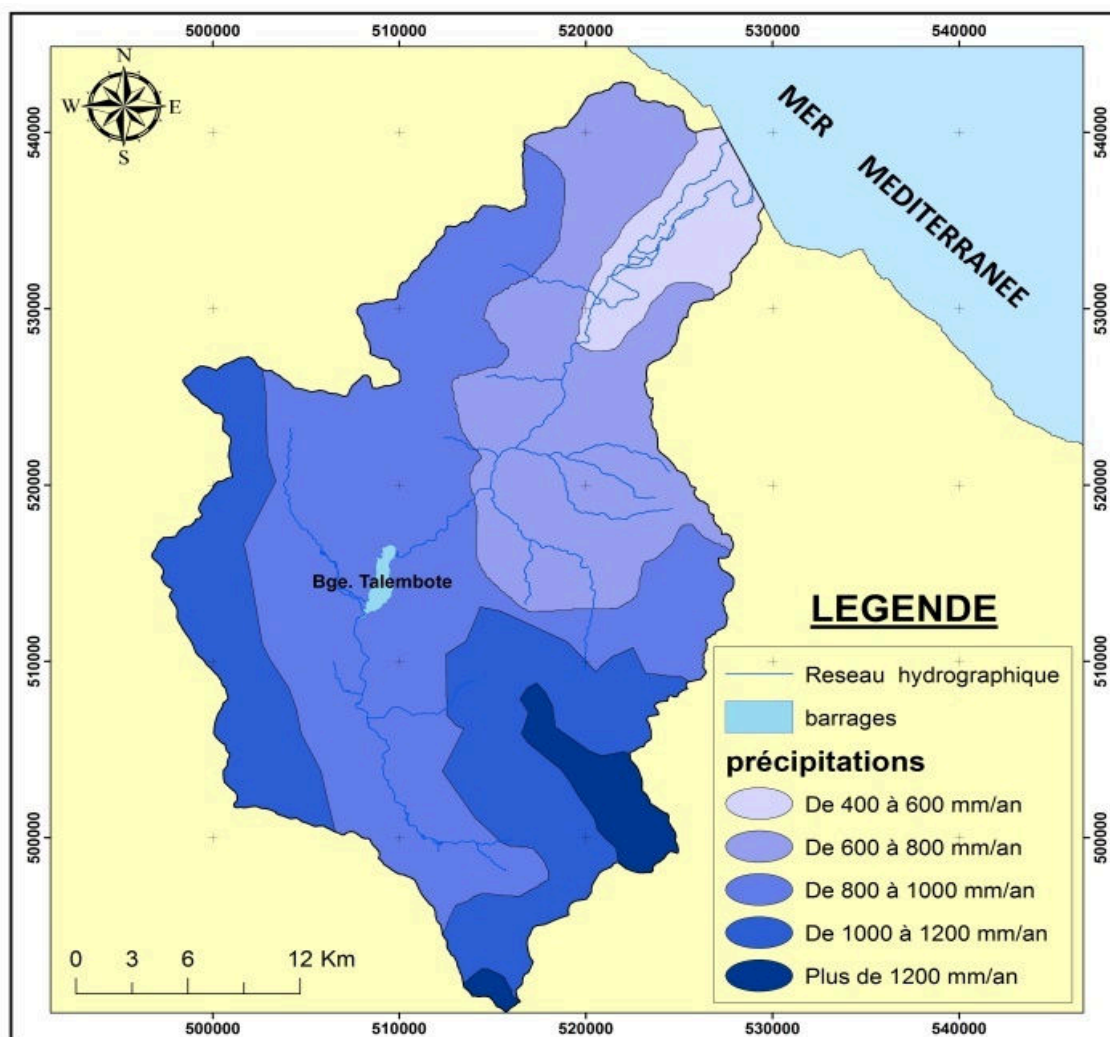


Fig. 3. Carte des précipitations au niveau du bassin oued Laou

2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Le bassin versant du Laou est drainé par la rivière Laou (fig. 4). Les principaux affluents pérennes (Farda, Talembot, Tassikest, ...) sont alimentés par des sources liées aux formations carbonatées telles que celles de Majjou, dont le débit moyen annuel est supérieur à 400 l/s. L'oued Laou a fait l'objet d'aménagements hydroélectriques et, dans une part moindre hydro-agricole. A l'amont, le barrage d'Ali Thelat assure une retenue de 30 millions de m³ et alimente un canal destiné à une usine électrique installée à la confluence des oueds Laou et Talembote. A l'amont de ce dernier, on trouve le barrage d'Akchour qui permet l'alimentation d'une seconde usine côtière. Les apports de la rivière Laou sont contrôlés à l'amont de la plaine alluviale, au niveau de la station Koudiet Kouriren. Les apports moyens annuels au niveau de cette station, pour une période de 22 ans (1970/71-1991/92), varient d'une manière directe avec le régime des précipitations; la moyenne annuelle sur la même période est de l'ordre de 12 m³/s. [4]

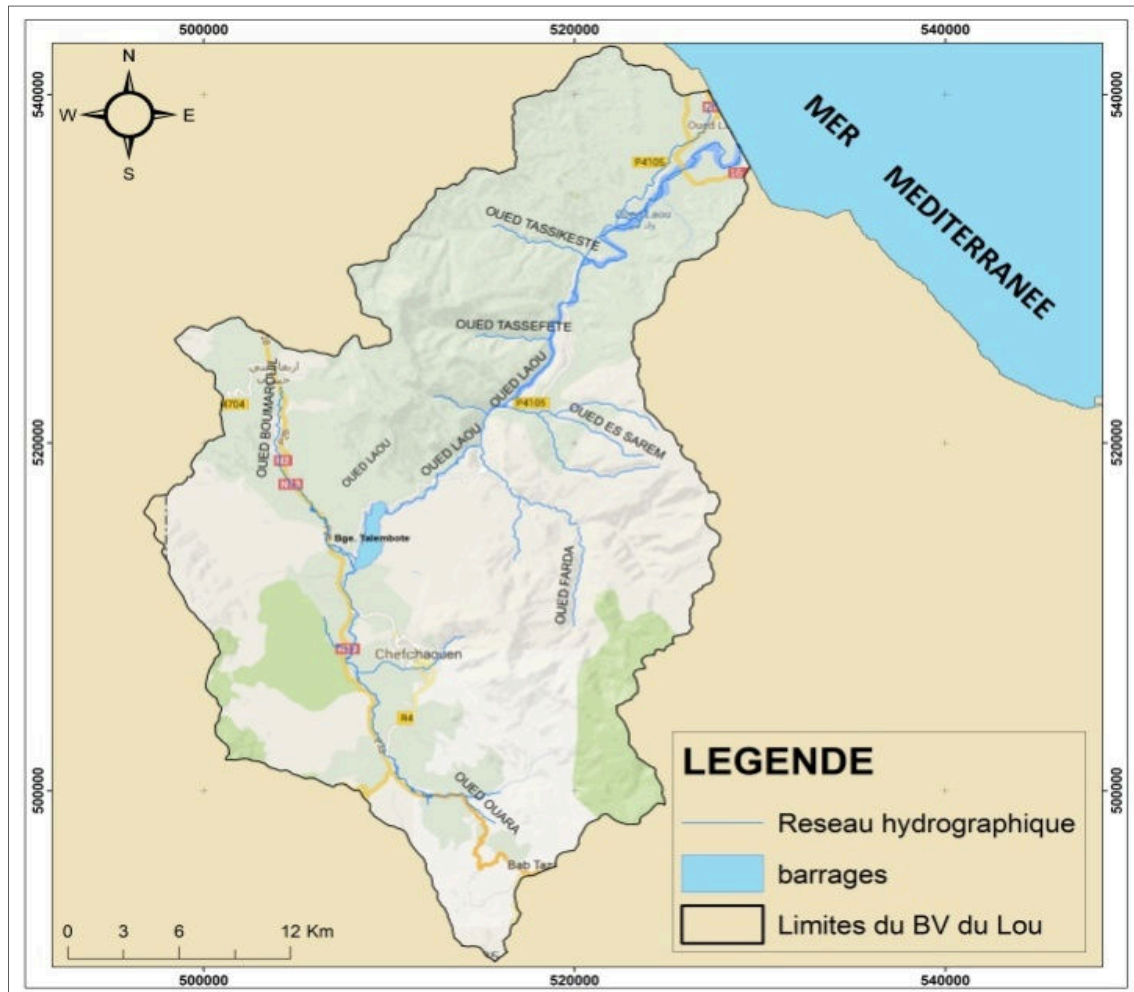


Fig. 4. Carte des ressources en eau superficiels dans le bassin du Laou

2.5 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Les formations géologiques de la zone d'étude sont essentiellement constituées par des faciès imperméables ou peu perméables. Seule la chaîne calcaire, les plaines, les vallées alluviales et quelques petits bassins isolés, bénéficient de l'infiltration des eaux de pluie. Ces éléments font que les réservoirs d'eau souterraine de la zone sont limités, à l'exception des unités hydrogéologiques suivantes : la chaîne calcaire, Rhiss- Neckor, Martil-Allila et Oued Laou. [5]

2.5.1 NAPPE D'OUED LAOU

La nappe alluviale de l'Oued Laou s'étend sur une surface d'environ 18 km², reçoit en moyenne une recharge de 17.1 hm³/an; son épaisseur saturée varie entre 40 et 60 m et les valeurs de la transmissivité vont de 500 à 4000 m²/jour. Les eaux présentent un faciès bicarbonaté calcique à magnésien, avec des teneurs en sels allant de 200 à 600 mg/l. La construction d'un nouveau barrage sur l'oued et la surélévation de celui qui existe déjà un risque de modifier le fonctionnement hydrogéologique du système oued-nappe (fig. 5). [4]

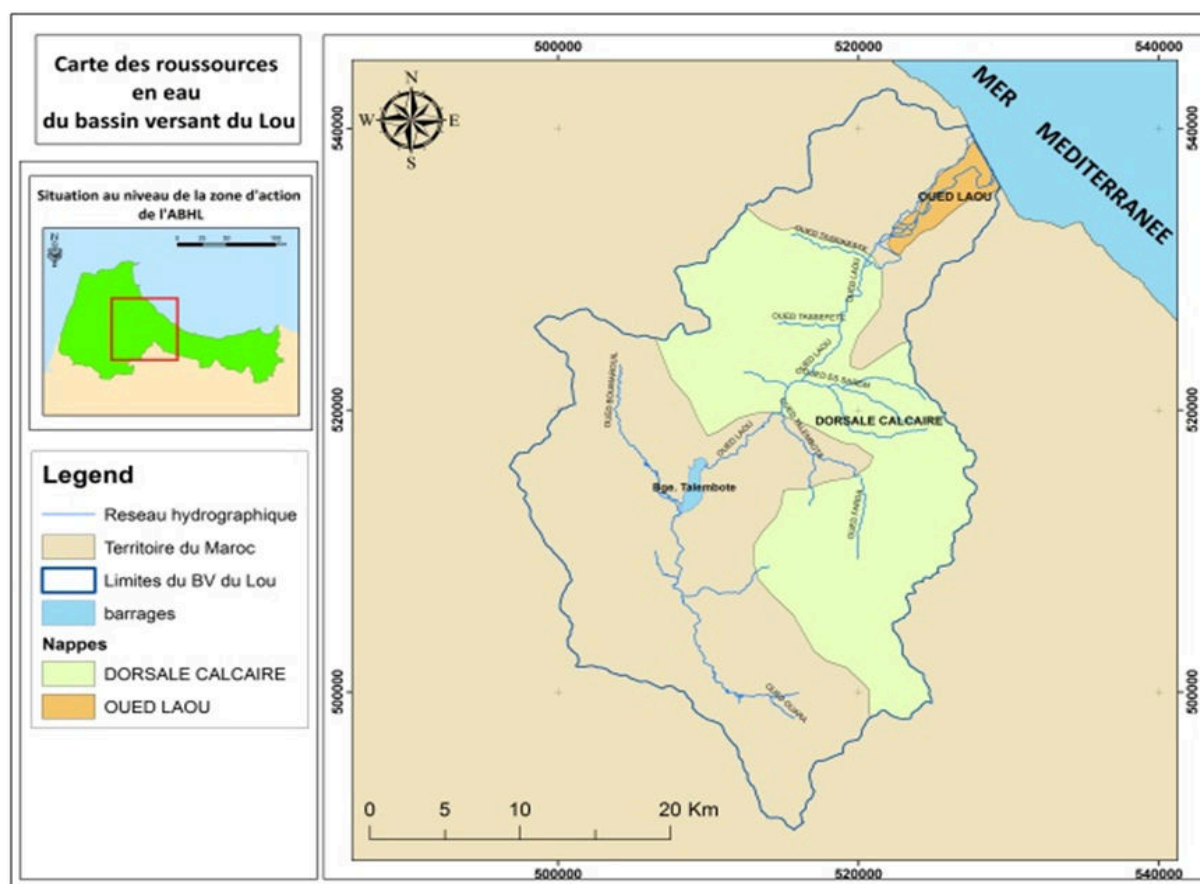


Fig. 5. Carte des ressources en eau souterraines du bassin oued laou

2.5.2 NAPPE DE LA DORSALE CALCAIRE

La chaîne calcaire du Rif constitue une des principales chaînes calcaires du Maroc, caractérisée par une porosité de fissures et par une karstification développée. Elle s'étend sur une superficie d'environ 1100 km², depuis la région de Sebta au Nord jusqu'à celle d'Al Hoceima à l'Est. Elle est subdivisée en trois unités principales: le Haouz de Tétouan, la Dorsale calcaire et la chaîne des Bokoya (fig. 6). [5]

La chaîne reçoit une pluviométrie moyenne variant entre 300 mm/an (massif des Bokoya à l'Est) et 1100 mm/an (dorsale calcaire au centre). Les connaissances très limitées de la géométrie des unités constituant cette chaîne, font qu'une évaluation précise des réserves en eau qu'elles renferment n'est pas possible à l'état actuel. [5]

La recharge de la chaîne par l'infiltration des eaux de pluie est évaluée à environ 270 Mm³/an, dont 53 Mm³ sur le Haouz de Tétouan, 200 Mm³ sur la dorsale calcaire et 15 Mm³ sur la chaîne de Bokoya. [5]

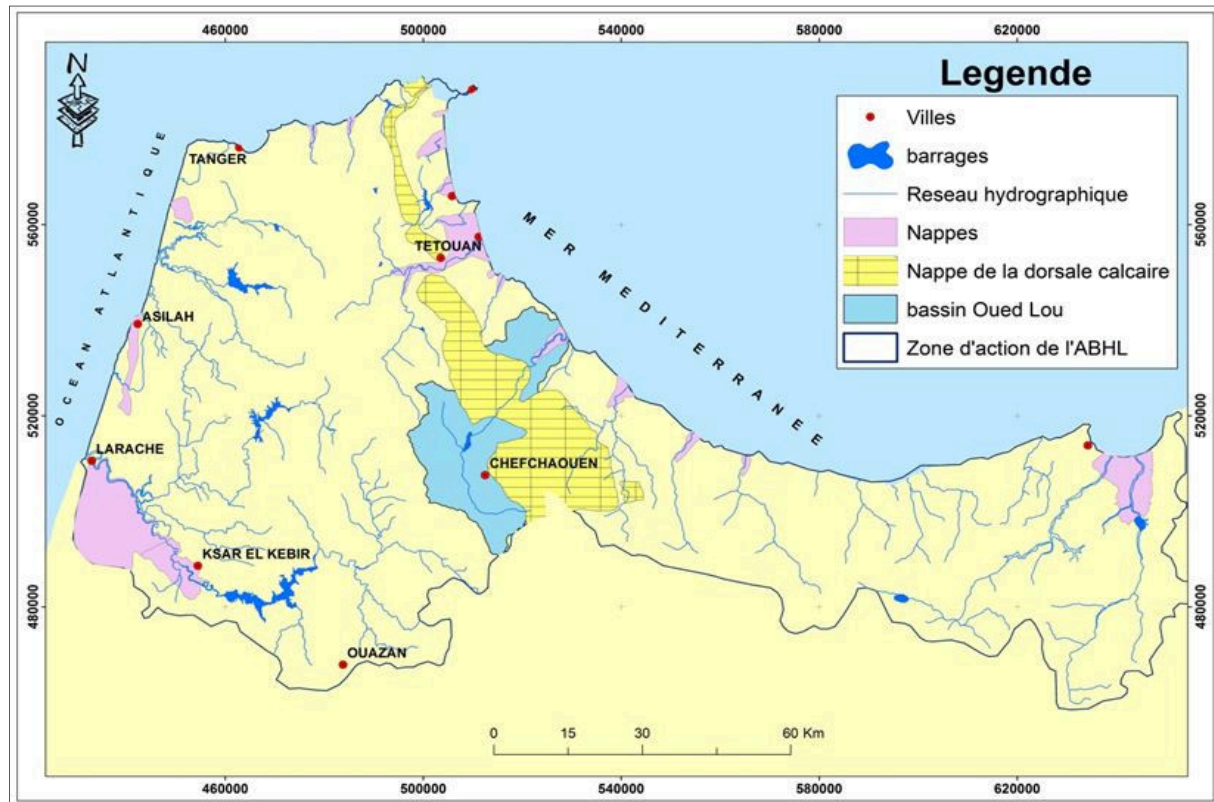


Fig. 6. La carte de situation de la nappe dorsale calcaire au niveau de la zone d'action de l'ABHL

3 MATERIELS ET METHODES

3.1 APPROCHE ADOPTÉE

L'objet de cette étude est de faire l'inventaire des utilisateurs des eaux du domaine public hydraulique pour des fins d'irrigation et d'alimentation en eau potable et industrielle au niveau du bassin du Laou qui relevant de la zone d'action de l'Agence de Bassin Hydraulique du Loukkos (ABHL), et la saisie des données dans une base de données correspondante et leur exploitation. Cet inventaire a été réalisé par l'intermédiaire de deux enquêtes :

- Phase I : Enquêtes auprès des administrations ayant une relation avec l'objet de l'étude, et plus particulièrement l'ABHL, l'ONEP, les DPA et les Autorités Locales (Pacha et caïds) ;
- Phase II : Programmation des enquêtes de terrain ;
- Phase III : Enquêtes exhaustives de terrain.

A l'issue de la phase I, un programme initial des enquêtes a été établi et des contacts ont été pris avec les autorités locales à l'échelle des caïdats concernés, pour le valider. Ce travail a permis d'affiner le constat, d'identifier la quasi-totalité des points d'eau à enquêter et de préparer un programme définitif d'enquêtes de terrain qui ont été réalisées au niveau de tous les points de prélèvement d'eaux à partir des oueds et les nappes du bassin, utilisées à des fins d'irrigation et d'alimentation en eau potable et industrielle.

En parallèle à ce travail, on a élaboré des fiches d'enquêtes, qui ont été transmises à l'ABHL pour validation.

Une fois les fiches d'enquêtes, la méthodologie d'enquêtes, le programme des visites et la liste des équipes de terrain validés par l'ABHL, on a entamé les enquêtes de terrains.

L'organigramme ci-après résume la méthodologie suivie pour la réalisation de cette étude.

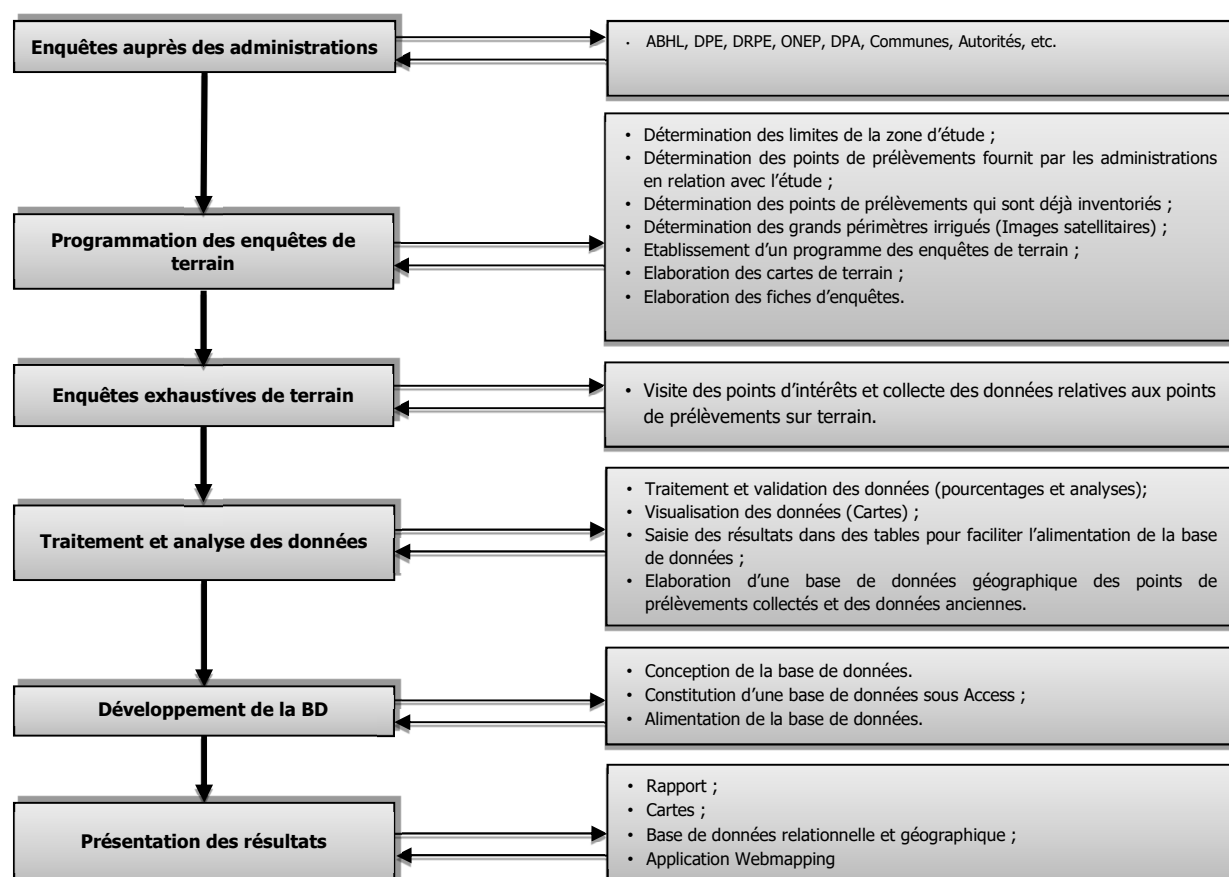


Fig. 7. Organigramme de la méthodologie de déroulement de l'étude

3.2 ENQUÊTES AUPRÈS DES ADMINISTRATIONS

Cette phase consiste à faire un ensemble d'investigations préliminaires permettant d'une part de faire une reconnaissance générale de l'aire de l'étude (situation géographique et administrative moyens d'accès, etc.), et d'autre part d'exploiter les documents et fichiers existants au niveau des organismes concernés (ABHL, DPE, DRPE, ONEP, DPA, Communes, Autorités, etc.).

3.3 PROGRAMMATION DES ENQUÊTES DE TERRAIN

3.3.1 LES DONNÉES DISPONIBLES SONT

- Les anciens points de prélèvement déjà inventoriés au niveau de la nappe d'oued Laou ;
- Les sources de plus de 0.4 l/s de débit déjà inventoriés au niveau de la nappe dorsale calcaire ;
- Les prélèvements autorisés.

3.3.2 LES OUTILS UTILISÉS

Tableau 1. Le tableau présente les outils matériels et logiciels utilisés dans cette étude

Outils matériel	Outils logiciel
- Véhicules de terrain - GPS - Ordinateurs. - Cartes topographiques - Questionnaires - Sondes piézométriques - Conductivimètre	- Microsoft Acces - QuantumGIS - ArcGis - Gmap - WampServer

3.4 DÉTERMINATION DES GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS

Cette phase consiste à déterminer les principaux préleveurs d'eau dans le bassin d'oued laou, et ce à l'aide de traitement des images satellitaires, cartes topographiques, et des cartes d'altitude, afin d'établir un plan de mission claire pour les équipes du terrain.

3.5 ELABORATION D'UNE BASE DE DONNÉES ALPHANUMÉRIQUE ET CARTOGRAPHIQUE ET D'UN SIG

La partie primordiale de cette étude est la création des bases de données alphanumérique et cartographique et leur transfert sur un SIG, et puis l'élaboration d'une application Web pour la consultation de toutes données de prélèvements des eaux dans la zone d'étude.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

L'intérêt du SIGNe réside dans le partage et la diffusion de l'information d'une manière simple et web-dynamique pour permettre à différents utilisateurs, professionnels ou décideurs, de visualiser l'information selon leurs besoins. [6]

Dans ce qui suit, on présente les principaux résultats de l'enquête des prélèvements des eaux, la présentation de la base de données Access, base de données géographique, et l'application Web.

4.1 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES EXPLOITATIONS

Le nombre total d'exploitations à partir des sources recensées dans la zone d'études est de 168 (fig. 8).

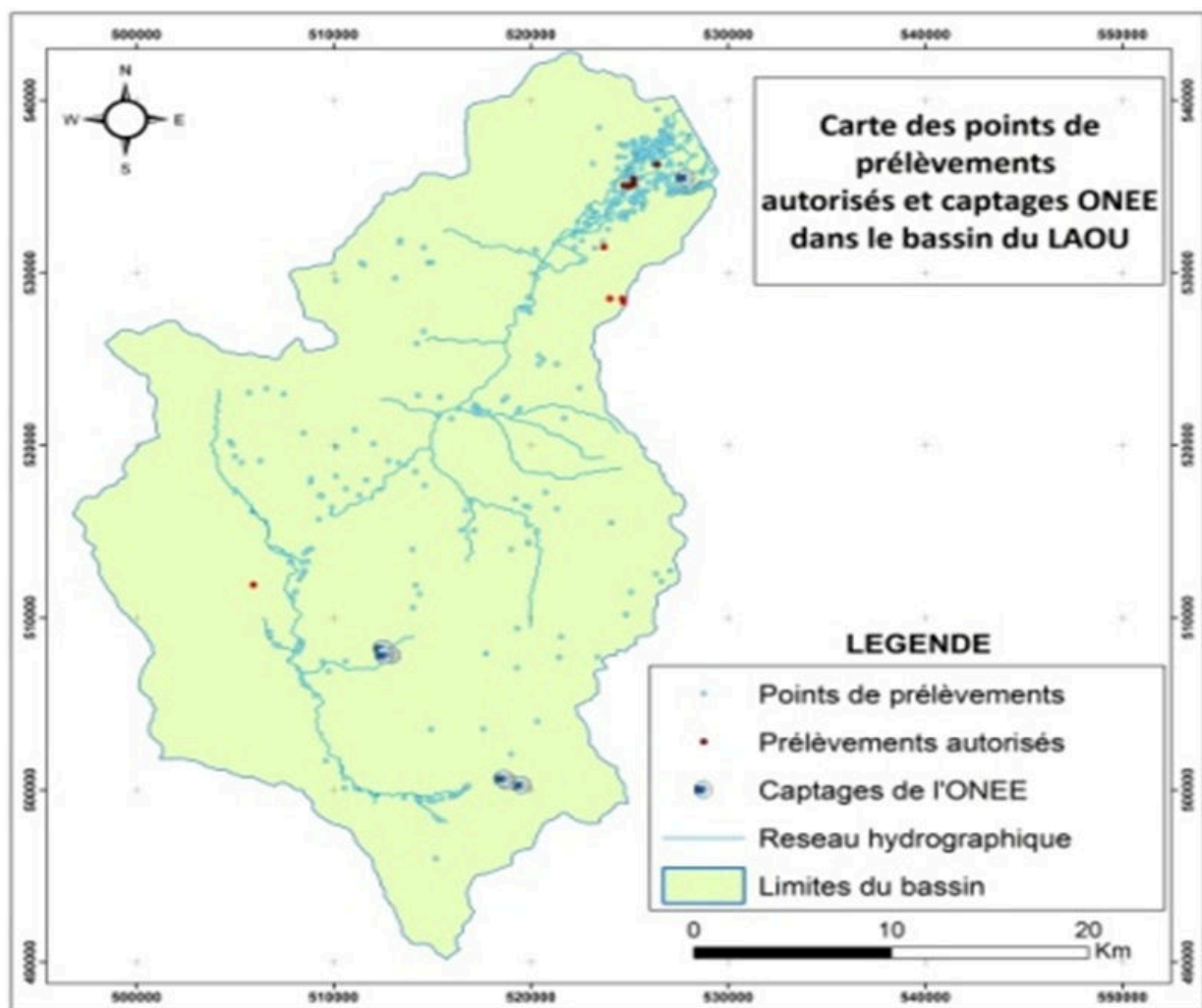


Fig. 8. Carte de distribution des points de prélèvements au niveau du bassin oued Laou

La répartition des exploitations par commune, cercle et province, est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 2. Localisation des exploitations au niveau du bassin du Laou

Province	Cercle	Commune	Nombre d'exploitations	% sur total province	% sur total bassin du laou
Tetouan	Tetouan	Al Oued	17	65.38	10.11
		BNI SAID	5	19.23	2.97
		OUED LAOU	4	15.38	2.38
Total		26		100	15.46
Chefchaouen	Bouahmed	Talambote	8	5.63	4.76
		TASSIFT	47	33.09	27.97
		TIZGANE	23	16.19	13.69
	BAB TAZA	BAB TAZA	57	40.14	33.92
		DERADRA	7	4.92	4.16
Total		142		100	84.54

Ce tableau montre les constats suivants :

- La province de Tétouan compte 26 exploitations, soit 14.46 % de l'ensemble des exploitations de la zone d'études. Ces exploitations sont localisées essentiellement dans les communes rurales d'Ali Oued (10.11%), BniSaid (2.97%) et d'Oued Laou (2.36 %).
- La province de Chéfchaouen compte 142 exploitations ou périmètres, soit (84.5 %) de l'ensemble des exploitations à partir des points de prélèvement. Ces exploitations sont localisées essentiellement dans les communes rurales de Tassift (27.97%), Tizgane (16.69%) et Bab Taza (33.92%).

4.2 RÉPARTITION DES EXPLOITATIONS PAR TAILLE ET PAR DÉBIT

Ces exploitations ou périmètres ont des superficies totales assez variables, allant de 0.5 ha à 30 ha, avec une superficie moyenne de 5 ha. Environ 67.82 % des exploitations (ou périmètres) de la zone d'études ont une superficie inférieure ou égale à 5 ha. Et 32.17 % des exploitations ont des superficies supérieures à 5 ha, dont 2.61 % ont plus de 50 ha.

Ces exploitations ont des débits totaux assez variables, allant de 0.1 à 15 l/s, avec un débit moyen de 8 l/s.

La quasi-totalité des exploitants dans la zone d'étude ne sont pas autorisés soit 88.70%, et 11.30% des exploitants sont autorisés.

4.3 PRÉSENTATION DE LA BASE DE DONNÉES ACCESS, BASE DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES, ET L'APPLICATION WEB

4.3.1 PRÉSENTATION

L'importance du traitement informatique des données dans ce domaine, exige à proposer une organisation rigoureuse et éprouvée pour la réalisation d'une base de données informatisée (numérique et cartographique).

L'outil proposé pour réaliser cette BD est Microsoft ACCESS, qui constitue un outil pratique, conversationnel et évolutif, tant pour la consultation des données que pour la mise à jour ultérieure.

4.3.2 BASE DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUE

Cette base de données contient des fichiers de forme, des images satellitaires et une carte topographique géoréférencée de la zone d'action de l'Agence de Bassin Hydraulique du Loukkos.

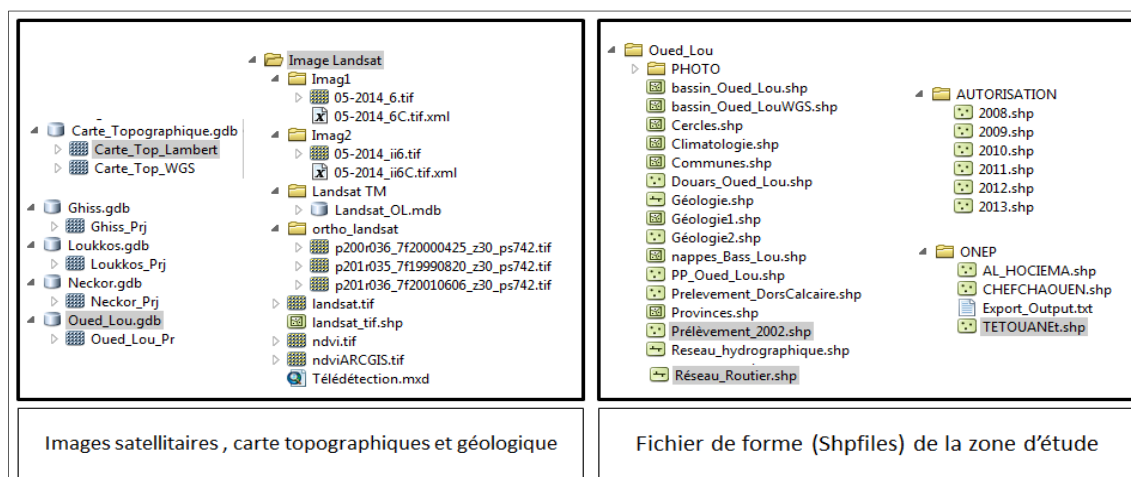


Fig. 9. Les données géographiques utilisées dans cette étude

4.3.3 APPLICATION WEB

La présente application est réalisée dans le but de faciliter la consultation des données de cet inventaire. Elle constitue un exemple de l'application des outils SIG et Webmapping dans la géolocalisation de n'importe quel phénomène.

Cette application a pour objectif de représenter spatialement, et consulter tous les points de prélèvements dans le territoire du bassin du Laou. Elle permet aussi de faire une mise à jour des points par l'ajout de nouveaux points de prélèvements.

Les programmes utilisés pour la réalisation de cette application sont les suivants : WampServes, OpenLayer, Notepad et QuantumGis.

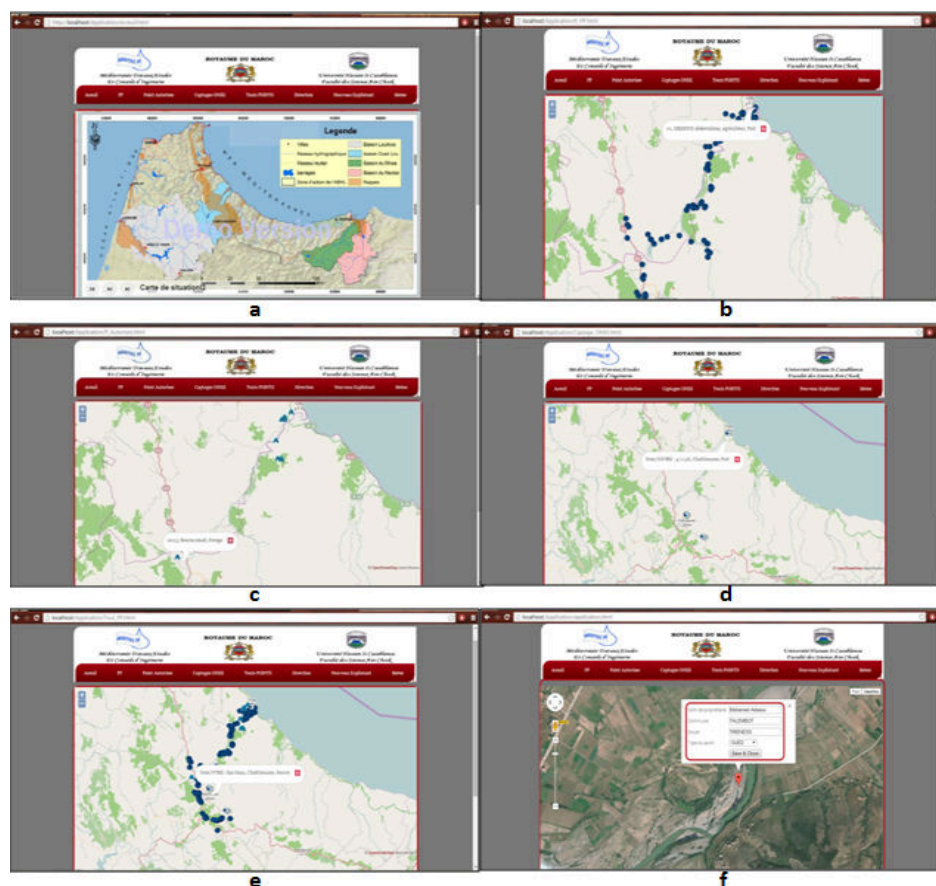


Fig. 10. Application web, a : page d'accueil, b : Page des nouveaux points de prélèvements, c : Pages des prélèvements autorisés, d : Pages des points de captage de l'ONEE, e : Page de tous les points de prélèvement inventoriés dans le bassin du Laou, f : Page de l'ajout d'un nouveau point

5 CONCLUSION

Depuis quelques années, reprenant les conclusions de recherches scientifiques et d'études techniques accumulées depuis deux décennies, les acteurs impliqués dans la politique de l'eau française expriment fréquemment la volonté d'intervenir davantage dans la gestion des espaces. [7]

La méthodologie de l'exploitation du SIG aux données collectées dans le cadre de cette étude, a permis de créer une base de données sous Access, et d'élaborer un certain nombre de cartes thématiques, de type hydrologique, administrative, de situation des points d'eau de prélèvements, etc. Ces données ont permis de faire une synthèse sur l'état actuel des ressources en eau dans le bassin d'étude.

Elle a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- ✓ Actualisation de l'inventaire des prélèvements d'eau que ce soit de surface que souterraine par la réalisation d'une enquête de terrain qui a dépassé un mois de travail sur terrain.
- ✓ Elaboration d'une base de données Access, et une base de données géographique de ces prélèvements d'eau qui ont porté sur un grand nombre de paramètres à savoir :
 - Les données géologiques ;
 - Les données hydrogéologiques (nappe, extension, débit, niveau piézométrique, etc.) ;
 - Les débits et durées des prélèvements ;
 - Les données hydrologiques (Oued, source, etc.) ;
 - Les découpages administratifs (pour déterminer avec précision la localisation des points) ;
 - Les prélèvements autorisés ;
 - Les captages de l'ONEE ;
 - Les images satellitaires (visualisation et extraction des périmètres irrigués).

Un SIG sommaire trouverait ici un rôle de nature ergonomique important comme interface graphique pour accéder facilement et de manière conviviale à la base de données et à la zone géographique de travail [8]. Il devient indispensable pour la procédure d'identification des objets hydrologiques et de détermination de leurs caractéristiques. [8]

Cette étude contribuera sans doute à la détermination et le calcul des assiettes des redevances, et à l'actualisation instantanée des données relatives à tous points de prélèvement d'eau. Ce qui facilitera la gestion des ressources en eau au niveau du bassin oued Laou par l'agence du bassin hydraulique du Loukkos

REFERENCES

- [1] Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences de Tétouan, Département de Biologie, Laboratoire de la Diversité et Conservation des Systèmes Biologiques. *Présentation du site marocain de oued Laou*. Tétouan, 2010.
- [2] A. Oueslati – Géomorphologie, aménagement et prévention des risques naturels du littoral de Oued Laou) Bayed A. & Ater M. (éditeurs). Du bassin versant vers la mer : Analyse multidisciplinaire pour une gestion durable. *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale*, 2008, n°5, 1-16.
- [3] Mohammed Ater et Hmimsa Younes. Guide des ressources naturelles et culturelles du Jbel Kelti et régions voisines. *Top Press – Rabat*. Publisher: APDN, ADS, Adl, Prodiversa, Junta Andalucia. 2011
- [4] S.RKIOUAK, A.PULIDO-BOSCH et A.GAIZ. Potentialités hydrogéologiques d'une plaine littorale marocaine (OuedLaou, Tétouan-Chefchaouen). *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, 42(1) Febru 1997.
- [5] Les Bassins Hydrauliques du Maroc. Bassins Hydrauliques des Cotiers Méditerranéens.
- [6] RICHARD J.B., TOUBIANA L., BEN SAID M., LE MIGNOT L., JAIS J.P., MUGNIER C., LANDAIS P., Projet SIGNe : intégration d'un système d'information géographique pour la Néphrologie. *CONGRÈS DE L'ADELFI*
- [7] Jean-Baptiste Narcy et Laurent Mermet, Nouvelles justifications pour une gestion spatiale de l'eau. *Natures Sciences Sociétés 11 (2003) 135–145*
- [8] Bambang Abednego, Regis Caloz et Claude Collet. L'utilisation des SIG dans la modélisation en hydrologie de surface. *Geographica Helvetica* 1990-Nr.4

Analyse des facteurs explicatifs de l'intention d'achat des produits nouveaux : Cas de l'eau en bouteille

[Analysis of explanatory factors of the intention to purchase new products : Case of bottled water]

Gouanlong Kamgang Nadège Ingrid

Department of Marketing,
Faculty of Economics and Management,
University of Ngaoundere,
BP 454 Ngaoundere, Cameroon

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

ABSTRACT: In a context of quest for economic emergence with growth and social development objectives, investment in research, development and the launch of new products is of great importance. As the risk of failure in the launch of new products is still current, our research is an extension of the work focused on the key success factors of new products. The main objective of this article is to analyze the impact of word of mouth on the intention to buy new bottles of mineral water by Cameroonian consumers while checking the possible moderation of this link by the gender and age. Data collected from a sample of 683 Cameroonian consumers allowed us to test the three hypotheses formulated. The results reveal (1) that there is a positive and significant effect of word of mouth on the intention to purchase new bottles of mineral water (10 liters, 0.33 liters and 0.30 liters); that (2) men are more sensitive to word of mouth than women and curiously that (3) the group of consumers over the age of 30 tends to express a greater intention to purchase new bottles of mineral water as a result of word-of-mouth exposure only the 0 to 30 age group.

KEYWORDS: word of mouth, purchase intention, new product, gender, age.

RESUME: Dans un contexte de quête d'émergence économique assorti d'objectifs de croissance et de développement social, l'investissement dans la recherche, le développement et le lancement des produits nouveaux revêt une grande importance. Le risque d'échec en matière de lancement des produits nouveaux étant toujours d'actualité, notre recherche s'inscrit dans le prolongement des travaux centrés sur les facteurs clés de succès des produits nouveaux. L'objectif principal de cet article est donc d'analyser l'impact du bouche-à-oreille sur l'intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau par les consommateurs camerounais tout en vérifiant la modération possible de ce lien par le genre et l'âge. Les données collectées auprès d'un échantillon 683 consommateurs camerounais nous ont permis de tester les trois hypothèses formulées. Les résultats révèlent (1) qu'il existe un effet positif et significatif du bouche-à-oreille sur l'intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) ; que (2) les hommes sont plus sensibles au bouche-à-oreille que les femmes et curieusement que (3) le groupe des consommateurs âgés de plus de 30 ans a tendance à exprimer une plus grande intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau à la suite d'une exposition au bouche-à-oreille que le groupe des 0 à 30 ans.

MOTS-CLEFS: Bouche-à-oreille, intention d'achat, nouveau produit, genre, âge.

1 INTRODUCTION

L'eau, c'est la vie ! Cet adage familial revêt toute son importance, dans un contexte de quête de bien-être par la consommation du *bio*, de renaissance, et pourquoi pas d'émergence économique. En effet, l'eau apparaît incontestablement aujourd'hui comme étant le produit le plus vendu et par conséquent le plus consommé dans le monde. Selon une étude menée en 2016 auprès des français par le Centre d'information sur l'eau (Cieau) sur dix (10) verres d'eau consommés, quatre (04) proviennent d'une eau en bouteille. Cette performance de la France serait justifiée par la qualité de ses eaux, mais aussi par sa grande variété lui permettant de toucher le plus grand nombre de consommateurs, des nourrissons aux personnes âgées. Au premier rang des marques les plus choyées par les consommateurs français figure *Cristaline* avec près de 184 millions de packs se six bouteilles d'un litre et demi écoulés en 2016 [1]. Durant la même période aux Etats-Unis, la tendance penche en faveur d'une substitution dans des proportions non négligeable des sodas par de l'eau en bouteille [2]. Depuis 2011, les niveaux de consommation de l'eau en bouteille les plus spectaculaires proviennent de l'Asie avec près de 33% du marché mondial. À titre d'illustration, en 2017, la consommation moyenne annuelle d'un thaïlandais est estimée à environ 115 litres d'eau minérale [3]. Cette bonne santé du marché de l'eau en bouteille a une incidence certaine sur la situation financière des entreprises.

Si la contribution des entreprises au développement économique est unanimement admise dans les pays du Nord, tel n'est pas encore le cas dans les pays du Sud. Autrement dit, il s'avère que les pays africains, particulièrement ceux engagés sur la voie de l'émergence économique, ont besoin de stratégies de développement novatrices, adaptées au contexte, plurisectorielles et calquées dans leurs réalités. C'est dans cet ordre d'idées que divers Etats africains ont opté pour des programmes de développement économique, à moyen et long termes, assortis d'objectifs de croissance et de développement social. À titre d'illustration, nous pouvons citer les cas de la « Vision 2035 » pour le Cameroun ; la « Vision 2025 » pour le Gabon, la « Vision 2020 » pour la Guinée équatoriale.

Avoir l'ambition de devenir pays émergent signifie déterminer d'abord ce qu'on veut devenir. Ce devenir varie d'un pays à un autre et cela, en fonction des ambitions et des possibilités de chaque pays. Une lecture historique des pays dits émergents révèle que ces pays ont suivi des trajectoires variées dans leur processus de développement. Toutefois, il importe de remarquer que tous ces pays ont fait preuve de l'inventivité, de créativité, d'ardeur au travail, de rigueur, de dévouement, de détermination et de leadership. Autrement dit, réaliser une vision s'apparente à la mise en œuvre d'un projet de développement. À la différence d'un projet personnel, la vision revêt un caractère national dans la mesure où elle nécessite la participation de toutes les couches sociales. Tel est par exemple le cas de la « Vision 2035 » du Cameroun dont les objectifs assignés sont entre autres : la réduction du taux de pauvreté à un niveau résiduel et socialement tolérable ; l'accession du Cameroun au statut de pays à revenu intermédiaire et la transformation du Cameroun en nouveau pays industrialisé.

D'un point de vue pratique, la réalisation de la vision va nécessiter de grandes transformations et des changements importants dans les pays visant l'adoption de nouvelles stratégies et de nouvelles approches de gestion, d'administration et de gouvernance des services et de l'économie. Au rang des moyens les mieux indiqués dans la conduite de ce changement figure le savoir, la recherche et l'innovation. En d'autres termes, pour sortir du sous-développement et prétendre à la qualité de pays émergent, les pays africains doivent résolument investir dans les nouvelles méthodes de production, de management, d'utilisation des biens et services sont basées sur le savoir.

À cet égard, il importe de souligner que la création de conditions propices à l'innovation est reconnue depuis longtemps comme étant un objectif stratégique primordial de la politique économique dans les pays plus avancés. C'est probablement la prise en compte de cet impératif qui serait à l'origine de la mouvance en matière d'innovation-produit dans divers secteurs d'activité au Cameroun. Tel est par exemple le cas dans le secteur de l'eau en bouteille.

Jusqu'en 2012, le marché camerounais de l'eau en bouteille a été pendant longtemps relativement calme car dominé par un leader légendaire, la marque d'eau minérale Tangui commercialisée par la Société Anonyme des Brasseries du Cameroun (S.A.B.C). En effet, depuis le retour la marque d'eau minérale Supermont avec ses bouteilles de 10 litres sur le marché camerounais, la S.A.B.C a commencé à rencontrer d'énormes difficultés. C'est ainsi qu'en fin 2012, les résultats de la S.A.B.C révélaient déjà un déficit de l'ordre de moins 50 millions de francs CFA. Cette descente se serait accentuée en 2013 avec un déficit chiffré à moins 319 millions de francs CFA. Face à cette situation alarmante, les responsables de la S.A.B.C se sont investis dans des manœuvres défensives. C'est ainsi qu'en 2014, Tangui a pu renouer avec les bénéfices, en achevant l'exercice sur un résultat net de 261,9 millions de francs CFA [4]. Un tel résultat serait probablement attribuable à l'investissement dans de la S.A.B.C dans les activités d'innovation-produit. Au chapitre des ces innovation-produits, les consommateurs camerounais ont vu déferler sur le marché de l'eau en bouteille, tour à tour, des conditionnements de 10 litres, de 0,33 litre d'eau Tangui [5]. A cela, il convient aussi d'ajouter la commercialisation de l'eau aromatisée aux saveurs citron, thé vert et fraise de marque Tangui et récemment Supermont. De plus, cette bataille des bulles d'eau se joue aussi sur le terrain des prix de vente aux

consommateurs. A cet égard, des panneaux d'affichage publicitaire placardés sur l'ensemble du territoire national véhiculaient clairement des informations sur les prix de vente relativement bas. Lors du lancement des conditionnements de 10 litres d'eau Supermont, des informations disponibles sur les affiches publicitaires figurait le prix de vente du produit, à savoir 1500 FCFA. Un examen des prix pratiqués sur le marché laisse entrevoir un écart considérable entre le pack de 6 bouteilles de 1,5 litre d'eau (soit 9 litres) vendu à 2400 FCFA et la bouteille de 10 litres (la différence étant considérable pour un consommateur averti : $2400 - 1500 = 900$ FCFA ; bien sûr dans la ville de Douala) [6]. Cette bousculade des bulles d'eau aurait permis à la marque Supermont de détrôner son rival mais aussi de conserver cet avantage en 2016 avec une part de marché de 52% contre 36% pour la SABC. De ce panorama mouvementé du marché de l'eau en bouteille, si la tendance planche en faveur des bénéficiaires consommateurs, en filigrane se pose un problème de confusion dans l'esprit des clients. En effet, l'eau en bouteille faisant parti des produits d'achat courant, les entreprises ont tout intérêt à renforcer leur positionnement auprès des consommateurs de manière constante. Ce qui implique la réalisation des actions d'ordre communicationnelle.

L'achat d'une bouteille d'eau ne nécessitant pas un effort de réflexion préalable, le recours à une source de communication informelle telle que le Bouche-à-oreille (B.A.O) semble intéressant. Le bouche à oreille (BAO) peut être définie comme un ensemble de flux de communication, de conversation, d'échanges d'informations, d'idées et de commentaires entre les individus [7]. La référence [8] l'appréhende comme une communication de personne à personne entre un émetteur et un récepteur, lequel perçoit une information sur un produit, une marque ou un service qu'il considère comme non commerciale. Cette information peut être positive, négative ou neutre et se réfère à l'expérience de consommation du communiquant ou d'une autre personne. Le BAO peut être initié et véhiculé de manière non dirigée, non maîtrisée par les consommateurs d'un produit ou d'un service donné [9]. De plus, il s'avère que des variables d'ordre sociodémographiques à l'instar de l'âge, du genre, jouent un rôle important en matière de comportement du consommateur et tout particulièrement sur les réactions des individus suite à l'exposition à des stimuli communicationnels [10]. Nous accordons un accent particulier à l'analyse de l'impact du recours au BAO sur l'intention d'achat des produits nouveaux tout en vérifiant la modération possible de ce lien par le genre et l'âge des consommateurs.

Cette étude présente un double apport. En premier lieu, elle s'inscrit dans le courant des travaux visant à combler le vide d'un point de vue empirique relatif à l'identification et à l'analyse des facteurs clés de succès des produits nouveaux. En second lieu, elle contribue à une meilleure connaissance des facteurs explicatifs de l'intention d'achat des produits nouveaux et donc à la réduction des risques d'échec commercial en contexte camerounais.

Cette communication est structurée autour des principaux points ci-après. La première partie est consacrée à l'exposé de la problématique de l'impact du BAO sur l'intention d'achat des produits nouveaux. La deuxième partie présente la méthodologie adoptée. Ensuite nous présentons les résultats et procédons à leur discussion. Enfin, nous procédons à une conclusion.

2 LA PROBLEMATIQUE

L'innovation-produit, c'est-à-dire l'ensemble des activités des recherche, de développement et de lancement des produits nouveaux, est un processus hautement risqué. Des recherches s'étant intéressées à la réduction de ce risque débouchent sur l'identification des facteurs clés de succès à l'instar du mix communicationnel.

2.1 EXPLORATION DE LA RELATION BOUCHE-A-OREILLE ET INTENTION D'ACHAT DES PRODUITS NOUVEAUX

Des moyens de communication existant, le BAO apparait comme étant le plus usité au regard de la densité des travaux de recherche menés en marketing depuis environ quarante années [11]. De l'examen des travaux existants, les définitions proposées par les auteurs convergent vers celle proposée par [11] mettant prioritairement l'accent sur la dimension informelle de la communication du BAO mais aussi sur l'indépendance du communicateur face à une source commerciale et sur le phénomène de diffusion de l'information ([12], [13], [14], [9]). Le qualificatif « informel » traduit le fait que le BAO est une communication interpersonnelle qui survient spontanément sans planification stratégique de la part des consommateurs impliqués dans la conversation d'un côté et de la compagnie qui offre un service ou un produit d'un autre côté [9]. De même, la littérature souligne que les communications de BAO peuvent être faites de personne à personne, par téléphone, par e-mail ou tout autre moyen de communication [9]. Le BAO apparaît donc comme un phénomène de groupe impliquant deux individus ou plus ([15], [16]). Le BAO peut ainsi prendre la forme d'une communication orale [11], de flux d'information [15], de conversations ou de témoignages ([17], [9], de comportements exhibés ([18], [19]), d'un échange de commentaires, de pensées et d'idées [16] entre amis, membres d'une famille, collègues, et même des connaissances. Autrement dit, le BAO peut être assimilé au résultat de conversations qui arrivent par le biais d'une coïncidence ou soit parce qu'un consommateur exprime son insatisfaction ou sa satisfaction envers la prestation d'un service. Quelle soit la valence, positive ou négative, de nombreux

auteurs ont démontré l'efficacité du BAO sur plusieurs types réponses du consommateur [20]. Dans le domaine du comportement du consommateur, comparée aux médias de communication formels et même aux vendeurs, l'efficacité du BAO à la formation des attitudes à l'instar du changement de marque n'est plus à démontrer [21]. De manière spécifique, il s'avère que le BAO joue un rôle essentiel dans l'évaluation des nouveaux produits par les consommateurs [22]. Ce rôle s'explique par le fait qu'une information reçue dans le cadre d'un face à face est plus accessible, étant présentée de façon plus vivante qu'une information commerciale utilisant un support classique [23]. De plus, parmi les théories les plus couramment utilisées dans le domaine d'analyse des comportements, nous faisons recours à la Théorie de l'Action Raisonnée (TAR) [24] et à la Théorie du Comportement Planifié (TCP) [25]. Il s'agit de deux théories comportementales qui reposent sur la prédiction et l'explication de l'apparition d'un comportement dans un contexte spécifique. Pour ces théories, l'intention occupe une place centrale dans la réalisation d'un comportement. Les intentions correspondent à un état d'esprit qui dirige l'attention individuelle et l'expérience et les activent vers un but [26]. Elles font appel aux connaissances de l'individu [27]. La TAR [24] postule que la réalisation d'un comportement dépend conjointement de l'attitude de l'individu à l'égard de ce comportement et des normes subjectives associées au fait de le réaliser. L'attitude à l'égard d'un comportement traduit les sentiments favorables ou défavorables d'une personne vis à vis d'un comportement [24]. Elle est formée, d'une part, par les croyances relatives à l'engagement dans un comportement et d'autre part, par l'évaluation des conséquences d'un tel engagement. Elles dépendent des croyances d'un individu quant à l'opinion des personnes ou de groupes de référence par rapport à la réalisation d'un comportement et l'envie ou la motivation de se conformer au groupe. Quant à la TCP, c'est une variante de la Théorie de l'Action Raisonnée. Elle a été proposée par [25] afin de considérer les comportements qui ne peuvent pas être modifiés, activement, par le sujet à cause du contrôle limité qu'il a sur eux. Pour cela, [25] a ajouté une troisième variable à savoir la perception du contrôle sur le comportement. La perception du contrôle sur le comportement traduit la présence de facteurs externes contraignant la réalisation d'un comportement donné ainsi que la perception de l'individu de son efficacité personnelle en vue de réaliser ce comportement [28]. Cette variable vise à contrebalancer les situations dans lesquelles les gens ont peu de contrôle (ou croient avoir peu de contrôle) sur leurs comportements.

Pour [22] de plus, le rejet de l'innovation est possible à tout moment si l'individu est déçu, insatisfait ou si une meilleure innovation vient interrompre le processus d'adoption. Plusieurs variables individuelles influent sur la diffusion d'une idée, d'une pratique ou d'un objet. Selon [29] puis [22], certains individus sont ainsi prédisposés à adopter plus rapidement les innovations indépendamment de la décision des autres membres du système social. Ces pionniers, peu nombreux (2 à 3 % de la population) ont une capacité individuelle à innover supérieure. Les adopteurs précoces, en tant que leaders respectés, forment une catégorie essentielle parce qu'ils servent de modèle aux autres membres et sont progressivement imités. L'exercice de cette influence des adopteurs sur les autres membres pouvant avoir pour support le BAO, nous conduit à formuler la première hypothèse suivante :

H1 : Le bouche-à-oreille a un effet positif sur l'intention d'achat d'un produit nouveau

2.2 UNE RELATION MODEREE PAR LE GENRE ET L'AGE

Souvent considérée dans la littérature marketing comme un proxy d'un achat réel du consommateur, l'intention d'achat est définie comme « une probabilité d'achat subjective basée sur le degré de planification de l'acte d'achat » [30]. De plus, l'intention d'un individu a été souvent considérée comme un indicateur précis de son comportement [25]. « Le genre fait référence à l'ensemble des caractéristiques et des comportements qu'une société donnée associe et attend de façon différente des femmes et des hommes. C'est notre notion de féminité et de masculinité » « le genre est façonné, fabriqué par l'individu inséré dans une culture particulière qui elle-même influence la conception du genre de l'individu. C'est par cette interaction permanente que le genre est construit » [31]. Le genre « est une définition culturelle des comportements appropriés pour chacun des deux sexes dans une société donnée à un moment donné. Le genre est un ensemble de rôles culturels » [32].

2.2.1 LE RÔLE MODERATEUR DU GENRE

La prise en compte de la notion du genre à tous les stades de la démarche marketing est aujourd'hui indispensable ([33], [31]). En effet, d'après [34] ou [32], le sexe est la meilleure variable explicative du comportement du consommateur : perception et utilisation du produit, choix d'une marque, utilisation des médias, etc. De fait, le sexe est fréquemment utilisé comme critère de segmentation, notamment pour les vêtements ou les cosmétiques ([35], [36]). Selon ces auteurs, une segmentation basée sur cette variable est efficace pour trois raisons : (1) il est facile de savoir à quel segment un individu appartient, (2) les segments ainsi définis sont « suffisamment vastes pour être profitables » et (3) l'entreprise peut « diriger ses efforts commerciaux » vers les hommes ou les femmes. Selon [37], du fait de l'évolution de la place de l'homme et de la femme dans la société, certains hommes sont capables de dépasser l'orientation sexuelle traditionnelle des rôles et d'adopter, quand la situation le demande, un comportement féminin, comme faire les magasins. Le magasinage reste cependant valorisé

par les hommes dans sa dimension utilitaire comme le moyen d'atteindre un objectif : statut, pouvoir et contrôle sur l'utilisation de produits féminins, séduction par l'achat d'un cadeau. La référence [38] montrent que, concernant la fréquentation d'un magasin, les principales motivations des hommes sont de nature utilitaire (collecte d'information ou commodité d'achat), alors que celles des femmes sont hédoniques (originalité des produits, interactions sociales, etc.). Les hommes et les femmes n'évaluent pas de la même façon un point de vente. L'atmosphère du magasin et sa localisation, par exemple, ont un impact plus fort sur la satisfaction pour les femmes [39] qui sont plus souvent irritées par la foule, le comportement désagréable des vendeurs, la température ou l'impossibilité de trouver le produit recherché. Le genre peut permettre une meilleure compréhension des comportements de consommation, et uniquement dans des situations pertinentes. De plus, le corps assigne l'individu à un sexe dès sa naissance, influençant ainsi notre genre. Ainsi, être femme ou homme influence notre masculinité/féminité. Dès lors que le contexte ou l'objet d'étude est soumis à une influence du corps et du biologique, le genre pourra apporter un éclairage complémentaire au sexe. Par exemple, si le contexte porte sur des produits, marques ou expériences fortement liés à un sexe (ainsi rasoirs ou préservatifs pour les hommes, soutien-gorge ou protections périodiques pour les femmes), mobiliser le genre peut permettre d'expliquer les comportements du consommateur. De même, l'utilisation du genre, construit social, prend sens dès que les stéréotypes sociaux sur hommes et femmes, les rôles masculins/féminins et leur répartition, sont abordés dans le contexte d'étude. Nettoyer le linge est une tâche traditionnellement attribuée aux femmes, stéréotype qui perdure. La prise en compte du genre, à côté du sexe biologique, peut permettre de mieux comprendre la perpétuation de ces stéréotypes. Les situations d'achat ou échange de cadeaux [32], de dons, de communications mettant en scène hommes et/ou femmes dans leurs rôles masculins/féminins [40] sont autant d'illustrations de contextes sociaux pertinents pour mobiliser le genre plutôt que le sexe. Les anthropologues ont montré que masculinité/féminité varient selon les cultures. Dès lors que les stéréotypes culturels en matière de masculinité/féminité sont importants dans une situation, le genre peut être mobilisé en complément du sexe pour mieux expliciter les comportements [41]. Ainsi, la conception de la féminité vestimentaire est différente en Occident et dans les pays musulmans [42]. Pour [43], le genre est une composante de la culture, avec des pays plus féminins comme la Thaïlande, la Suède ou la Norvège ou plus masculins comme les Etats-Unis. Outre qu'il soit l'un des critères les plus utilisés dans la segmentation des marchés en marketing, le genre a également la capacité d'influencer les différentes étapes du processus d'achat du consommateur ([35], [44]) et de modérer ses jugements d'évaluations [45]. La capacité du genre à pouvoir modérer certains comportements du consommateur peut avoir lieu soit dans un cadre traditionnel à l'instar du BAO [46]. De plus, dans le cadre d'une recherche menée par [47] et portant sur les commentaires en ligne, les résultats ont montré que les effets des commentaires en ligne sur l'intention d'achat étaient plus importants chez les femmes que chez les hommes. Il est donc possible d'avancer l'hypothèse suivante :

H2 : Le genre du consommateur exerce un effet modérateur sur la relation BAO et intention d'achat d'un produit nouveau.

2.2.2 LE RÔLE MODÉRATEUR DE L'ÂGE

La littérature marketing a déjà mis en évidence que la différence d'âge entre individus pouvait avoir un impact sur l'attitude ou encore sur le comportement des individus ([48], [49]). A titre d'exemple, comparés aux sujets plus jeunes, les personnes plus âgées montrent une plus grande réticence à adopter les nouvelles technologies ([50], [51]), deviennent plus prudentes, et recherchent une plus grande certitude dans leurs prises de décisions [52]. Plus particulièrement, l'âge semble jouer un rôle important dans le traitement de l'information. En effet, la recherche a montré que les jeunes et les personnes âgées traitent l'information de manière différente et s'exposent différemment à l'information. Il est à noter que cette différence d'âge intervient également lors de la sélection des sources d'informations personnelles et informationnelles [53]. Il s'avère en effet, que lors d'une prise de décision d'achat, les adultes âgés ont tendance à se baser beaucoup sur le BAO traditionnel en ayant souvent recours aux conseils et recommandations de leur proche entourage (essentiellement les membres de leurs familles ainsi que leurs amis).

D'où l'hypothèse suivante :

H3 : L'âge du consommateur exerce un effet modérateur sur la relation BAO et intention d'achat d'un produit nouveau.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 COLLECTE DES DONNÉES ET ÉCHANTILLON

Afin d'apporter des éléments de réponse à notre question de recherche, nous avons construit un questionnaire. Il convient de remarquer que ce questionnaire a été précédé de la réalisation d'une étude exploratoire. Cette dernière était axée sur la

perception des innovations et plus précisément des nouveaux conditionnements sur le marché de l'eau en bouteille par les consommateurs camerounais (bouteilles d'eau de 10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre). Ce questionnaire a été administré en face-à-face suivant la méthode non probabiliste dite de « convenance ». La mise en œuvre de cette méthode non probabiliste nous a conduit dans le cas d'espèce à administrer le questionnaire à proximité des points de vente fréquentés. Des dix régions que compte le territoire camerounais, nous avons décidé d'administrer le questionnaire auprès de trois villes, chefs lieu des régions. Ce choix a été guidé par des motivations relatives à la proximité, mais aussi de recherche de variété en termes de comportement et habitudes de consommation. C'est ainsi que du mois d'Août 2016 à Septembre 2017, nous avons pu collecter des données auprès de consommateurs camerounais d'eau embouteillée dans les villes de Ngaoundéré, Yaoundé et Douala. Au final, notre échantillon est constitué de 683 questionnaires exploitables.

3.2 LA MESURE DES VARIABLES

Les hypothèses formulées dans cette étude mettent en évidence quatre variables. Ce sont : le bouche-à-oreille, l'intention d'achat des produits nouveaux, le genre et l'âge.

Pour la mesure des deux premières variables, nous avons utilisé des échelles multi-items pour accroître la validité et la fiabilité des mesures. Nous avons eu recours à des échelles du type likert à 5 points de (1) absolument pas d'accord, à (5) tout à fait d'accord. Ces échelles ont été choisies sur la base de leurs qualités psychométriques. L'échelle de mesure du BAO que nous avons retenu est inspirée des travaux de [54] et de [55]. Cette échelle est composée de 3 items. Pour mesurer l'intention d'achat des produits nouveaux, nous avons eu recours à une échelle à 3 items. Les items de notre questionnaire ont été formulés de façon concise et précise, et sur la base des échelles pertinentes déjà validées et éprouvées dans la littérature. Afin de repérer d'éventuelles lacunes dans la formulation et la compréhension de nos questions, un pré-test a été effectué auprès de 187 répondants. De cette opération, quelques libellés d'items ont été légèrement modifiés. Autrement dit, les items originellement issus de la littérature ont fait l'objet d'une implémentation. Les informations relatives au genre et à l'âge ont été collectées à partir de questions sociodémographiques.

4 RÉSULTATS

Les tests des solutions théoriques formulées dans le cadre de cette étude ont été précédés d'une analyse en composantes principales (ACP) visant à contrôler l'opérationnalisation des variables. Nous présenterons successivement les résultats de l'ACP sur les items des variables BAO et intention d'achat des produits nouveaux.

4.1 CONTRÔLE DE L'OPERATIONNALISATION DE LA VARIABLE BAO

La variable BAO est mesurée par un ensemble de 3 items. Nous avons vérifié la pertinence de l'ACP pour nos observations. La valeur de l'indice de KMO est de 0,712. Cette valeur est considérée comme satisfaisante. Elle témoigne ainsi de l'adéquation entre nos observations et la technique de traitement. Cette adéquation est d'ailleurs attestée par le test de Bartlett dont la valeur est de 759,011 au seuil de signification de 0,000. À l'issue de l'analyse factorielle et sur la base du critère de Kaiser, nous avons retenu un facteur. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Résultat de l'analyse factorielle sur les items de la variable BAO

Items	F1	Communalité
Je parlerai en bien des nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) à mon entourage.	0,873	0,762
Je recommanderai les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) à ceux qui me demanderont conseil.	0,878	0,770
J'encouragerai mes proches et amis à acheter les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre).	0,831	0,691
Valeur propre	2,223	-
Pourcentage de variance expliqué	74,088	-
Pourcentage de variance expliqué cumulé	74,088	-
α de Cronbach	0,822	-

L'axe factoriel retenu explique 74,088% de l'inertie totale. Les 3 items sont bien représentés par la composante F1. Le coefficient alpha de cohérence interne de l'échelle est satisfaisant (0,822). Cette échelle de mesure est donc fidèle. L'ACP confirme ainsi le caractère unidimensionnel de la variable « **BAO** » telle que souligné dans les études antérieures ([54], [55]).

4.2 CONTRÔLE DE L'OPERATIONNALISATION DE LA VARIABLE INTENTION D'ACHAT DES PRODUITS NOUVEAUX

La variable intention d'achat des produits nouveaux est mesurée par un ensemble de 3 items. Il ressort du test de pertinence un KMO de 0,651 considéré comme bon. Ce qui signifie que l'ACP est pertinente pour nos données. De même, le résultat du test de sphéricité de Bartlett est de 44,877 au seuil de signification de 0,000. Ce qui renforce l'adéquation de l'ACP pour notre analyse. Cette analyse factorielle fait ressortir un facteur ayant une valeur propre supérieure à 1 et expliquant 64,657 % de la variance totale. Les résultats sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2. *Résultat de l'analyse factorielle sur les items de l'intention d'achat des produits nouveaux*

Items	F1	Communalité
J'ai l'intention d'acheter les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) dans les prochains mois.	0,727	0,529
Je prévois acheter les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) dans les prochains mois.	0,830	0,689
J'envisage acheter les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) lors de ma toute prochaine occasion d'achat.	0,850	0,722
Valeur propre	1,940	-
Pourcentage de variance expliqué	64,657	-
Pourcentage de variance expliqué cumulé	64,657	-
α de Cronbach	0,726	-

L'axe factoriel retenu explique 64,657% de l'inertie totale. Les 3 items sont bien représentés par la composante F1. Le coefficient alpha de cohérence interne de l'échelle est satisfaisant (0,726). Cette échelle de mesure est donc fidèle. L'ACP confirme ainsi le caractère unidimensionnel de la variable « **intention d'achat des produits nouveaux** ».

4.3 TESTS DES HYPOTHESES

L'objet de cette recherche est d'analyser l'impact du BAO sur l'intention d'achat des produits nouveaux tout en vérifiant la modulation possible de ce lien par le genre et l'âge des consommateurs. Pour tester le rôle modérateur d'une variable, plusieurs méthodes sont disponibles. Il s'agit essentiellement des analyses de variance ANOVA, des analyses multi-groupes et des régressions multiples hiérarchiques. Outre sa simplicité et sa robustesse [56], la méthode des analyses multigroupes semble être la plus adéquate à notre étude, et ce, compte tenu de la nature de nos variables [57]. En effet, dans notre étude, la variable indépendante (BAO) et la variable dépendante (intention d'achat des produits nouveaux) sont toutes deux continues alors que nos deux variables modératrices sont catégoriques (le genre est dichotomique alors que l'âge est ordinaire). La méthode des analyses multi-groupes se base sur la constitution de groupes en fonction des différentes modalités de la variable modératrice. Une analyse par régression est par la suite appliquée à chaque groupe suivie d'une comparaison des paramètres issus des différents groupes ([58], [59]). Si les estimations des coefficients sont différentes entre les groupes, l'effet modérateur est établi [60]. L'existence d'un effet modérateur peut même être repérée suite à un changement de la valeur du coefficient de détermination R² comme le suggèrent [56]. Dans notre cas, la constitution des groupes pour la variable genre était simple puisque cette variable est dichotomique (Masculin ou Féminin). Les deux sous-groupes ont été composés respectivement par des hommes et des femmes. Toutefois, pour l'âge qui est une variable modératrice ordinaire, la division en groupes a été effectuée en transformant cette variable en variable dichotomique selon les pôles extrêmes, généralement selon la valeur médiane [56]. C'est ainsi que sur la base du tri à plat opéré sur la variable âge, la valeur de la médiane étant de 2,08 a milité en faveur de la décomposition de l'échantillon de 683 individus en deux groupes : 333 individus (soit 48,75%) âgés de moins de 30 ans et 350 individus âgés de plus de 30 ans (soit 51,25%).

4.3.1 TEST DE L'HYPOTHESE H1

Concernant le test de l'hypothèse H1, la valeur du coefficient de corrélation de Pearson ($R = 0,389$) entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux au seuil de 0,000. C'est sur la base de l'existence d'une relation entre ces deux variables que nous avons réalisé une analyse de régression (Tableau 3).

Tableau 3. *Récapitulatif du modèle de régression entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux*

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Anova			Coefficients			
				ddl	F	Signification	BAO	Bêta	t	Signification
1	0,389	0,113	0,152	1	121,744	0,000		0,389	11,034	0,000
				681						

Le pouvoir explicatif de ce modèle est confirmé par les résultats de l'analyse de variance (Anova). En effet, le test de robustesse du modèle révèle un F de Fisher de 121,744 au seuil de signification de 0,000 pour 1 et 681 degrés de liberté. Nous remarquons que ce seuil de significativité calculé est nettement inférieur à 0,05. De plus, la valeur du t de Student est de 11,034 au seuil $p = 0,000$ pour le BAO. Cette valeur du t de Student étant supérieure à 2, ce modèle de régression est donc satisfaisant. Ceci veut dire que le BAO explique l'intention d'achat des produits nouveaux par les consommateurs à hauteur de 38,9%.

Comme on peut le constater, le BAO a une incidence positive sur l'intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau par les consommateurs, que l'acte d'achat soit immédiat ou différé. Par conséquent, l'hypothèse H1 est validée.

4.3.2 TEST DE L'HYPOTHESE H2 RELATIVE AU RÔLE MODÉRATEUR DU GENRE

La mise en évidence du rôle modérateur du genre dans la relation entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux a été précédée d'un test de comparaison des moyennes. L'objet de ce test est de s'assurer que la condition d'homogénéité des variances pour les différents niveaux de la variable modératrice était bien respectée [57]. La vérification de cette condition a été rendue possible grâce à la statistique F du test de Levène. Les résultats révèlent un test d'homogénéité des variances est non significatif ($F = 0,176$; $p = 0,602$). L'hypothèse nulle est donc acceptée. Autrement dit, il n'y a pas de différence entre les moyennes des deux groupes. Le postulat d'homogénéité des variances est donc satisfait. Les résultats des analyses de régression sur les deux groupes (Hommes et Femmes) sont consignés dans le Tableau 4 :

Tableau 4. *Récapitulatif des modèles de régression des deux sous-groupes (Hommes/Femmes) : Relation entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux*

Sous-groupe	R-deux ajusté	Bêta	T (signification)	Test de Levène
Sous-groupe 1 : Hommes (N= 395)	0,118	0,321	6,145 (0,000)	
				F= 0,176 P= 0,602
Sous-groupe 2 : Femmes (N=288)	-0,010	0,044	0,257 (0,738)	

Les résultats révèlent l'existence, pour un seul groupe, d'une relation significative entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux. Il s'agit du groupe composé des hommes. L'analyse de coefficient de corrélation ajusté montre que le pourcentage de la variance est plus élevé chez les hommes (R-deux ajusté = 11,8%) que chez les femmes (R-deux ajusté = 0%). A cet égard, il convient de souligner qu'une valeur R-deux ajusté négative peut être considérée comme étant nulle [61]. Cela nous permet de déduire que ce sont plutôt les hommes et non les femmes parmi la population étudiée qui éprouvent une intention d'achat significative suite à l'exposition à un BAO. L'examen des coefficients de régression permet également de mettre en évidence l'effet de modulation du genre. En effet, le coefficient de régression est plus important et surtout significatif pour le groupe « Hommes » ($\text{bêta} = 0,321$; Sig (t) de Student = 0,000). En revanche, ce coefficient est non significatif pour le groupe composé des « Femmes » ($\text{bêta} = 0,044$; Sig (t) de Student = 0,738). Ce qui permet ainsi de conclure à l'existence d'un effet de modulation du genre sur la relation entre intention d'achat des produits nouveaux et exposition à un BAO. L'hypothèse H2 est donc validée.

4.3.3 TEST DE L'HYPOTHÈSE H3 RELATIVE AU RÔLE MODÉRATEUR DE L'ÂGE

Tout comme dans le cas précédent, nous avons au préalable réalisé une analyse de comparaison des moyennes avant de passer au test de l'hypothèse H3. Les résultats montrent que la condition d'homogénéité des variances est bien respectée puisque le test de Levène est non significatif avec un $F = 0,198$ et un $p = 0,721$. La réalisation d'une analyse multi groupes peut ainsi être conduite afin de tester le rôle modérateur de l'âge sur le lien entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux. Les résultats issus de ces analyses sont résumés dans le dans le Tableau 5.

Tableau 5. *Récapitulatif des modèles de régression des deux sous-groupes (Moins de 30 ans/Plus de 30 ans) : Relation entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux*

Sous-groupe	R-deux ajusté	Bêta	T (signification)	Test de Levène
Sous-groupe 1 : Moins de 30 ans (N= 333)	-0,014	0,087	0,634 (0,361)	
				F= 0,198 P= 0,721
Sous-groupe 2 : Plus de 30 ans (N=350)	0,289	0,597	7,442 (0,000)	

Il ressort des analyses de régression que le groupe composé de la tranche d'âge plus de 30 ans a un effet significatif sur la relation entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux. Ainsi, l'analyse du coefficient de corrélation ajusté montre que le pourcentage de la variance est plus élevé chez ce groupe (R-deux ajusté = 28,9%) que chez le groupe de 0 à 30 ans (R-deux ajusté = 0%).

De plus, le coefficient de régression est plus important et surtout significatif pour le groupe « Plus de 30 ans » (bêta = 0,597; Sig (t) de Student = 0,000). Ce qui nous permet de confirmer l'effet de modération de l'âge du récepteur sur le lien entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux. D'où l'hypothèse H3 est validée.

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

La présente étude met en évidence l'influence du BAO sur l'intention d'achat les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) tout en examinant a modération possible de cette relation par le genre et l'âge des consommateurs. Nos résultats révèlent qu'il existe un effet positif et significatif du BAO sur l'intention d'achat les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre). Autrement dit, le BAO encourage le consommateur à passer à l'acte les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre). Ce résultat est conforme avec les résultats de [62] et de [59] qui montrent qu'il y a une relation significative et positive entre le BAO classique et l'intention d'achat d'un produit nouveau. Ceci confirme non seulement les prédictions de la théorie de l'action raisonnée [63], mais aussi les postulats de la théorie de l'adoption [22]. Le second volet de cette recherche est axé sur le rôle modérateur des variables socio-démographiques, le genre et l'âge, dans la relation entre le BAO et l'intention d'achat des produits nouveaux. Nos résultats permettent de confirmer l'hypothèse H2 attestant bien que le genre du consommateur exerce un effet modérateur sur la relation entre le BAO et l'intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre). De manière précise, les résultats montrent que les hommes sont plus sensibles au BAO que les femmes. Ce résultat est en conformité avec les études mentionnant les doubles visions attachées à l'intention d'achat des produits nouveaux, l'une planificatrice et l'autre probabiliste [64]. L'hypothèse H3 a également été vérifiée, ce qui indique que l'âge du consommateur exerce un effet modérateur sur la relation BAO et intention d'achat des produits nouveaux. Nos résultats révèlent que le groupe des plus de 30 ans a tendance à exprimer une plus grande intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) à la suite d'une exposition de BAO que le groupe des 0 à 30 ans, ce qui contraste avec la littérature. En effet, les études montrant des différences dans l'utilisation des sources d'informations en fonction de l'âge sont de l'apanage du secteur touristique [65].

6 CONCLUSION

Cette recherche est une parmi tant d'autres à s'intéresser aux effets du BAO sur le comportement des consommateurs. Sa particularité tient au fait que nous nous sommes intéressés aussi au rôle modérateur du genre et de l'âge des consommateurs des biens de grande consommation : les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre). Nous pensons qu'à travers cette étude nous apportons une modeste contribution à une meilleure compréhension de l'influence du bouche-à-oreille sur l'intention d'achat des consommateurs dans un contexte marqué par un dynamisme concurrentiel. Les contributions

théoriques et empiriques majeures de cette étude sont la mise en évidence du rôle des variables socio-démographiques sur le lien BAO/intention d'achat des produits nouveaux. Notre objectif était de comprendre comment la relation entre le BAO et l'intention d'achat des nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) pouvait être modérée par le genre et l'âge des consommateurs. Nos résultats révèlent non seulement l'influence positive du BAO sur l'intention d'achat les nouvelles bouteilles d'eau (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre), mais aussi la modération de cette relation par le genre et l'âge.

LES IMPLICATIONS THÉORIQUES

Sur le plan théorique, ce travail est parmi les premières recherches qui à s'intéresser conjointement, dans une seule et même étude, au rôle de moteur du BAO sur la performance commerciale des entreprises via l'intention d'achat ; tout en mentionnant des différences significatives en termes de genre (homme et femme) et de tranche d'âge des consommateurs. Autrement dit, notre étude contribue à une meilleure compréhension du rôle du bouche à oreille sur la manière dont les consommateurs de l'eau embouteillée (10 litres, 0,33 litre et 0,30 litre) perçoivent ces derniers en fonction du sexe et de l'âge.

IMPLICATIONS MANAGÉRIALES

Sur le plan pratique, cette étude permet aux acteurs du marché de l'eau en bouteille de prendre en considération l'importance du BAO comme moyen de communication privilégié. La communication de bouche-à-oreille peut créer une image de marque forte qui pourrait aider à l'amélioration des stratégies de marketing visant à réduire l'incertitude des clients lors de l'achat de leur bouteille d'eau.

Les résultats de notre étude peuvent fournir des pistes pour les managers de ces entreprises afin de mieux communiquer avec leur clientèle dans le contexte d'une étoffement des offres.

LIMITES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Comme toute recherche, la présente comporte des limites tant théoriques qu'empiriques. La première limite est due à la composition de l'échantillon. Bien que la taille de l'échantillon soit importante, nous avons délibérément mis de côté les consommateurs des sept autres régions du pays. Pourtant, l'intégration de ces derniers pourrait favoriser la mise en évidence des divergences culturelles comme variable modératrices.

La deuxième limite se situe au niveau du choix de l'intention d'achat des produits nouveaux comme variable à expliquer. En effet, d'autres variables peuvent être influencées par le bouche-à-oreille comme l'engagement, l'attachement et la confiance.

REFERENCES

- [1] Castagnet, Mathieu, *L'eau en bouteille, un marché toujours florissant*, 2017.
[Online] Available : <https://www.la-croix.com/Economie/Economie-et-entreprises/Leau-bouteille-marche-toujours-florissant-2017-09-25-1200879501> (September 25, 2017).
- [2] Conesa, Elsa, *L'eau en bouteille supplante les sodas aux Etats-Unis*, 2016.
[Online] Available : https://www.lesechos.fr/10/08/2016/lesechos.fr/0211196493404_l-eau-en-bouteille-supplante-les-sodas-aux-etats-unis.htm (August 10, 2016).
- [3] Allier, Jean-Marc, *Opportunité d'affaires : le marché des eaux en bouteille en pleine expansion*, 2017.
[Online] Available : : <http://www.asiaconnection.asia/pages/articles/opportunit-e-affaires-marche-eaux-bouteille-pleine-explosion.html> (October 10, 2017).
- [4] Mbodiam, Brice R., le résultat net 2015 de la Société des eaux minérales du Cameroun plonge de 40%, 2016.
[Online] Available : <http://www.investiraucameroun.com/tags/semc> (May 03, 2016).
- [5] Mbodiam, Brice R., *Source Tangui: un nouveau packaging dès le 1^{er} mars*, 2017.
[Online] Available : <http://www.investiraucameroun.com/consommation/2102-3055-source-tangui-un-nouveau-packaging-des-le-1er-mars>
- [6] Mbodiam, Brice R., Supermont a ravi à Tangui le leadership sur le marché des eaux minérales, 2017.
[Online] Available : <http://www.investiraucameroun.com/entreprises/1007-9122-cameroun-en-2016-supermont-a-ravi-a-tangui-le-leadership-sur-le-marche-des-eaux-minerales> (July 10, 2017).
- [7] I. Goyette, L. Ricard, J. Bergeron et F. Marticotte, " e-WOM Scale: Word-of-Mouth Measurement Scale for e-Services Context", *Canadian Journal of Administrative Science*, vol. 27, n0. 1, pp. 5-23, 2010.

- [8] J. M. Bristor, "Enhanced Explanations of Word-of-mouth Communications: The Power of Relationships," *Research in Consumer Behavior*, n0. 4, pp. 51-83, 1990.
- [9] G. Silverman, "The Power of Word of Mouth", *Direct Marketing*, vol. 64, n0. 5, pp. 46-47, 2001.
- [10] D. Manceau et É. Tissier-Desbordes, « La Perception des Tabous Dans la Publicité : L'impact des variables socio-démographiques », *Décisions Marketing*, n0. 16, pp. 17-23, 1999.
- [11] J. Arndt, "Word of Mouth Advertising and Informal Communication", *Risk Making and Information Handling in Consumer Behavior*, Donald F. Cox, Ed. Boston: Harvard, 1967.
- [12] K.M. File, D.S.P. Cermak et R.A. Prince, "Word-of-Mouth Effects in Professional Services Buyer Behavior", *The Service Industries Journal*, vol. 14, n0. 3, pp. 301-314, 1994.
- [13] P.F. Bone, "Word-of-mouth effects on short-term and long-term product judgments", *Journal of business research*, vol. 32, n0.3, pp. 213-223, 1995.
- [14] E. W. Anderson, "Customer satisfaction and Word-of-Mouth", *Journal of Service Research*, vol. 1, n0. 1, pp. 5-17, 1998.
- [15] J.J. Brown et P.H. Reingen, "Social Ties and Word-of-Mouth Referral Behavior", *Journal of consumer research*, n0.14, pp. 350-62, 1987.
- [16] P.F. Bone, "Determinants of Word-of-Mouth Communication During Product Consumption", *Advances in Consumer Research*, n0. 19, pp. 579-83, 1992.
- [17] R.A. Higie, L.F. Feick et L.L. Price, "Types and amount of Word-of-Mouth communications about retailers", *Journal of Retailing*, vol. 63, n0. 3, pp. 260-279, 1987.
- [18] J. Singh, "Voice, Exit, and Negative Word-of-Mouth Behaviors: An Investigation across Three Service Categories", *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 18, n0. 1, pp. 1-15, 1990.
- [19] K.M. File, B.B. Judd et R.A. Prince, "Interactive marketing: The influence of Participation on Pos", *Journal of services marketing*, vol. 6, n0. 4, p.5, 1992.
- [20] J. Beck, "The sales effect of word of mouth: a model for creative goods and estimates for novels", *Journal of Cultural Economics*, vol. 31, n0. 1, pp. 5-23, 2007.
- [21] R. M. Jalilvand et N. Samiei, "The effect of electronic word of mouth on brand image and purchase intention: An empirical study in the automobile industry", *Journal of Business Research*, vol. 45, n0. 2, pp. 199-209, 2012.
- [22] E. M. Rogers, *Diffusion of Innovation*, 5th Edition, The free Press, 2003.
- [23] P.M. Herr, F.R. Kardes et J. Kim, "The effects of word-of-mouth and product-attribute information on persuasion: An accessibility-diagnostics perspective", *Journal of Consumer Research*, vol. 17, n0. 4, pp. 454-462, 1991.
- [24] I. Ajzen et M. Fishbein, *Understanding attitudes and predicting social behavior*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc, 1980.
- [25] I. Ajzen, "The theory of planned behavior. Organization Behavior and estimates for novels", *Journal of Cultural Economics*, vol. 31, n0. 1, pp. 5-23, 1991.
- [26] B. Bird, "Implementing entrepreneurial ideas: The case for intention", *Academy of Management Review*, n0 3, pp. 442-453, 1988.
- [27] W. O'shaughnessy, *La faisabilité de projet : une démarche vers l'efficience et l'efficacité*, Les Éditions SMG, 1992.
- [28] S. Taylor et P. Todd, "Understanding household garbage reduction behavior: A test of an integrated model", *Journal of Public Policy & Marketing*, vol. 14, n0. 2, pp. 192-204, 1995.
- [29] F.M. Bass, "A new product growth model for consumer durables", *Management Science*, vol. 15, n0. 5, pp. 215-227, 1969.
- [30] É. Bressoud, *De l'intention d'achat au comportement : essais de modélisations incluant variables attitudinales, intra-personnelles et situationnelles*, Doctorat en Sciences de Gestion, 2001.
- [31] E. Tissier-Desbordes et A. J. Kimmel, « Sexe, genre et marketing, définition des concepts et analyse de la littérature », *Décisions Marketing*, n0. 26, pp. 55-69, 2002.
- [32] Palan, *Gender identity in consumer behavior research: a literature review and research agenda*, 2001. [Online] Available: <http://www.amsreview.org/articles/palan10-2001.pdf>.
- [33] F. Popcorn et L. Marigold, "EVEolution: The eight truths of marketing to women, Hyperion New York Processes", *Journal of Marketing Research*, vol. 24, n0. 3, pp. 258-270, 2000.
- [34] Stern, B., *Gender research and the services consumer: new insights and new directions*, In: M. Wallendorf et P. Anderson (Eds.), *Advances in Consumer Research*, Provo, Utah, Association for Consumer Research, pp.514-518, 1987.
- [35] S. Putrevu, "Exploring the Origins and Information Processing Differences Between Men and Women: Implications for Advertiser", *Academy of Marketing Science Review*, n0. 10, pp. 1-14, 2001.
- [36] P. Kotler, K. Keller, B. D. Manceau, *Marketing management*, 12ème édition, Pearson Education, 2006.
- [37] C. Otnes et M.A. McGrath, "Perceptions and realities of male shopping behavior", *Journal of Retailing*, vol. 77, n0. 1, pp. 111-137, 2001.
- [38] S.M. Noble, D.A. Griffith et M.T. Adjei, "Drivers of local merchant loyalty: understanding the influence of gender and shopping motives", *Journal of Retailing*, vol. 82, n0. 3, pp. 177-188, 2006.

- [39] J. Anselmsson, "Sources of Customer Satisfaction with Shopping Malls: A Comparative Study of Different Customer Segments", *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 16, n0. 1, pp. 115-138, 2006.
- [40] S. Feiereisen, A.J. Broderick et S.P. Douglas, "The effect of moderation of gender identity congruity : utilizing 'real women' advertising images", *Psychology and Marketing*, vol. 26, n0. 9, pp. 813-843, 2009.
- [41] M.S. Kimmel, J. Hearn et R.W. Connell, *Handbook of Studies on Men and Masculinities*, SAGE, 2005.
- [42] O. Sandikci et G. Ger, "Constructing and representing the Islamic consumer in Turkey", *Fashion Theory*, vol. 11, n0. 2/3, pp. 189-210, 2007.
- [43] G. Hofstede, "National Cultures in Four Dimensions", *International Studies of Management & Organization*, vol. 13, n0. 1-2, pp. 46-74, 1983.
- [44] V. W. Mitchell et G. Walsh, "Gender differences in German consumer decision-making styles", *Journal of Consumer Behaviour*, vol. 3, n0. 4, pp. 331-346, 2004.
- [45] Holbrook, M. B., (1986), *Emotion in the Consumption Experience: Toward a New Model of the Human Consumer*, In: R. A. Peterson, W. D. Hoyer et R. William (Eds.), *The Role of Affect in Consumer Behavior: Emerging Theories and Applications*: Lexington, pp. 17-52, 1986.
- [46] S. L. Wood et J. Swait, "Psychological indicators of innovation adoption: cross classification based on need for cognition and need for change", *Journal of Consumer Psychology*, vol. 12, n0. 1, pp. 1-13, 2002.
- [47] S. Bae et T. Lee, "Gender differences in consumers' perception of online consumer reviews", *Electronic Commerce Research*, vol. 11, n0. 2, pp. 201-214, 2011.
- [48] R.E. Klippel et T. W. Sweeney, "The use of information sources by the aged consumer", *The Gerontologist*, vol. 14, n0. 2, pp. 163-166, 1974.
- [49] S.E. Beatty et S.M. Smith, "External search effort: An investigation across several product categories", *Journal of Consumer Research*, pp. 83-95, 1987.
- [50] L. W. Phillips et B. Sternthal, "Age differences in information processing: A perspective on the aged consumer", *Journal of Marketing Research*, vol. 14, n0. 4, 1977.
- [51] M. C. Gilly et V. A. Zeithaml, "The elderly consumer and adoption of technologies", *Journal of Consumer Research*, pp. 353-357, 1985.
- [52] J. Botwinick, *Aging and behavior: A comprehensive integration of research findings*, Springer, 1973.
- [53] E. Shanas, *Old people in three industrial societies*, Transaction Publishers, 1968.
- [54] V. A. Zeithaml, L.L. Berry et A. Parasuraman, "The behavioral consequences of service quality", *Journal of Marketing*, n0. 60, pp. 31-46, 1996.
- [55] L. J. Harrison-Walker, "The measurement of word-of-mouth communication and an investigation of service quality and customer commitment as potential Antecedents", *Journal of Service Research*, vol. 4, n0. 1, pp. 60-75, 2001.
- [56] A. El Akremi et P. Roussel, « Analyse des variables modératrices et médiatrices par les méthodes d'équations structurelles: applications en GRH », Actes de la 10 ème conférence de l'Association Française de Gestion des Ressources Humaines, pp.1063-1096, 2003.
- [57] R.C. Caceres et J. Vanhamme, « Les processus modérateurs et médiateurs : distinction conceptuelle,
- [58] M. L. Gavard-Perret, D. Gotteland, C. Haon et A. Jolibert, A. (2012), *Méthodologie de la recherche en sciences de gestion: Réussir son mémoire ou sa thèse*, Pearson Education, 2012.
- [59] M. Hamouda et R. Srarfi Tabbane, (2014), « Impact du BAO électronique sur l'intention d'achat du consommateur : le rôle modérateur de l'âge et du genre », *La Revue Gestion et Organisation*, n0. 6, 39-46, 2014.
- [60] S. Sharma, R. M. Durand et O. Gur-Arie, « Identification and analysis of moderator variables", *Journal of Marketing Research*, vol.18, n0. 3, pp. 291-300, 1981.
- [61] D. Gujarati, *Économétrie*, 4 ième édition, De Boeck, 2004.
- [62] R. S. Tabane et M. Hamouda, Impact of e-WOM on the Tunisian Consumer's Attitude towards the Product, Communication présentée au ABSRC, 2013.
- [63] M. A. Fishbein et I. Ajzen, *Belief, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*, Addison-Wesley, 1975.
- [64] D. Darpy, (2012), *Comportements du consommateur*, Dunod, 2012.
- [65] L.T. Fall et B.J. Knutson, "Personal values and media usefulness of mature travelers", *Journal of Hospitality and Leisure Marketing*, n0. 8, pp. 97-111, 2001.

Contamination à l'arsenic des eaux et des sédiments des zones continentale et maritime de la partie ouest de la Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)

[Arsenic contamination of waters and sediments in the continental and maritime areas in the western part of the Ebrie Lagoon (Côte d'Ivoire)]

Safiatou COULIBALY¹, Mariame COULIBALY², and Boua Célestin ATSE¹

¹Centre de Recherches Océanologiques, BP V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Ecole Normale Supérieure, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The Ebrié Lagoon is the most important lagoon system in Côte d'Ivoire. This ecosystem is today facing enormous risks of pollution. These are characterized by the water quality deterioration and a strong disturbance by metallic pollutants. In this study, the level of arsenic contamination of water and sediments in the western part of the Ebrié Lagoon was determined on a year. Water and sediment samples are taken monthly from February 2014 to January 2015 in continental and marine areas. Arsenic is analyzed by atomic absorption spectrometry at the wavelength 538 nm according to the EPA method, 2007. The seasonal variations in arsenic showed a significant difference between the continental and maritime areas. The results show that the water and sediments of the continental and maritime areas in the western part of the Ebrié Lagoon are contaminated by arsenic. The high values of water/sediment coefficients suggest that the sediments of these areas constitute an arsenic reservoir for the water column. The physico-chemical parameters studied have a strong correlation with arsenic. This arsenic pollution could disrupt the biological balance of the environment and adversely affect biological integrity and human health.

KEYWORDS: Arsenic, Water, Sediments, Ebrié Lagoon, Côte d'Ivoire.

RESUME: La lagune Ebrié constitue le système lagunaire le plus important de la Côte d'Ivoire. Cet écosystème est aujourd'hui confronté à d'énormes risques de pollution. Ceux-ci se caractérisent par la détérioration de la qualité des eaux et une forte perturbation par des polluants métalliques. Dans cette étude, le niveau de la contamination à l'arsenic des eaux et des sédiments de la partie ouest de la lagune Ebrié a été déterminé au travers d'une campagne annuelle. Les échantillons d'eau et de sédiments sont prélevés mensuellement de février 2014 à janvier 2015 dans les zones continentale et maritime. L'arsenic est dosé par spectrométrie d'absorption atomique à la longueur d'onde de 538 nm selon la méthode de EPA, 2007. Les variations saisonnières de l'arsenic ont montré une différence significative entre les saisons au niveau des zones continentale et maritime. Les résultats montrent que l'eau et les sédiments des zones continentale et maritime de la partie ouest de la lagune Ebrié sont contaminés par l'arsenic. Les valeurs élevées des coefficients eau-sédiment suggèrent que les sédiments de ces zones constituent un réservoir d'arsenic pour la colonne d'eau. Les paramètres physico-chimiques étudiés présentent une forte corrélation avec l'arsenic. Cette pollution à l'arsenic pourrait perturber l'équilibre biologique du milieu et porter atteinte à l'intégrité biologique et à la santé humaine.

MOTS-CLEFS: Arsenic, Eau, Sédiments, Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les lagunes sont des écosystèmes caractérisés par une variété de structures physiques et biologiques [1]. Ces zones sont très importantes sur le plan économique, écologique et de la recherche scientifique. Cependant, la croissance rapide de la population et le développement incontrôlé des industries dans de nombreuses régions du monde compromettent l'intégrité écologique de ces milieux [2]. Cette démographie galopante entraîne l'augmentation des émissions de polluants tels que les métaux lourds dans les cours d'eau [3]. La pollution d'origine métallique constitue un problème d'actualité qui préoccupe toutes les nations soucieuses de maintenir leur patrimoine côtier à un haut degré de qualité [4].

La lagune Ebrié qui constitue le système lagunaire le plus important de la Côte d'Ivoire, a vu la qualité de ses eaux et sédiments se dégrader avec le développement des industries et la croissance des activités agricoles [5]. La détérioration de ses eaux est devenue un problème complexe, aussi bien aux conditions écologiques, qu'aux développements socioéconomiques [6]. En effet, les différents travaux de recherche réalisés sur la zone d'Abidjan ont montré que la lagune Ebrié est fortement perturbée par les polluants métalliques [5], [7]. Cependant, très peu d'études ont été effectuées sur la zone occidentale de ladite lagune. De plus, depuis octobre 1999, une importante mortalité de poissons notamment les plies, les raies et les mâchoirons d'élevage et surtout sauvages surviennent généralement en début des grandes saisons pluvieuses dans la zone occidentale de cette lagune. La mortalité a atteint un pic au mois de mai 2013 avec la perte de plusieurs centaines de tonnes de poissons. Cette situation a occasionné la fermeture de cette zone à la pratique de toutes activités de pêche pendant 18 mois suite à un communiqué du Ministre des Ressources Animales et Halieutiques ivoirien au Conseil du Gouvernement du 25 juillet 2013 [8].

Il apparaît donc important de porter une attention particulière sur l'état sanitaire de cette partie de la lagune Ebrié. Le suivi et le contrôle de la qualité de l'eau ainsi que la gestion de la pollution de cette lagune passent par l'évaluation du niveau de contamination par certains métaux lourds classés toxiques par l'OMS tel que l'arsenic. En effet, compte tenue des exploitations offshore et des activités très intenses de pêches avec des engins motorisés dans la partie ouest de la lagune Ebrié, cette zone pourrait être un potentiel réservoir d'arsenic. Ce métalloïde à l'instar des métaux lourds toxiques est capable de pénétrer dans l'organisme par sorption cutanée, par inhalation, et par ingestion de nourriture contaminée [9], [10]. Les concentrations en arsenic inorganique dangereux qui sont présentes dans les eaux de surface augmentent les risques de contamination des poissons et donc pour l'homme. Par conséquent, la contamination des milieux par l'arsenic est un problème de santé publique à l'échelle mondiale [11]. Cette étude vise essentiellement à déterminer le niveau de la contamination à l'arsenic des eaux et des sédiments de la partie ouest de la lagune Ebrié.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE ET MESURE DES PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

Les prélèvements des échantillons d'eau et de sédiments ont été effectués mensuellement de février 2014 à janvier 2015 au niveau de onze (11) stations dans les zones maritime et continentale de la lagune Ebrié (05°16'N-04°15' – 4°30' W) (Figure 1). Les stations ont été sélectionnées en tenant compte de l'importance des activités anthropiques et des mortalités massives des poissons. Ainsi, les stations de Layo, Songon, Papoga, Mopoyem, Gboubo et Abraco constituent la zone continentale (ZC) et les stations d'Ahua, Bapo, N'djem, Koko et Taboth la zone maritime (ZM). Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de bouteilles en polyéthylène d'une capacité de un litre puis filtrée sous vide sur une membrane filtrante. L'eau a été ensuite acidifiée à pH < 2 en ajoutant 0,5 ml d'acide chlorhydrique. Les sédiments de surface ont été prélevés à l'aide d'une benne Van Veen avec une ouverture de 0,05m². Les échantillons sont conservés dans les bouteilles en polyéthylènes et transportés au laboratoire. Au cours des campagnes d'échantillonnage, la température, le pH, la salinité et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ à l'aide d'un multi-paramètre (HANNA HI 9829). La transparence a été déterminée selon la méthode de Secchi. Au laboratoire, les échantillons ont été analysés pour la détermination de la concentration des matières en suspensions selon la méthode décrite par [12]. De même, le dosage de l'arsenic (As) dans l'eau et dans les sédiments collectés a été effectué par spectrométrie d'absorption atomique à la longueur d'onde de 538 nm selon [13].

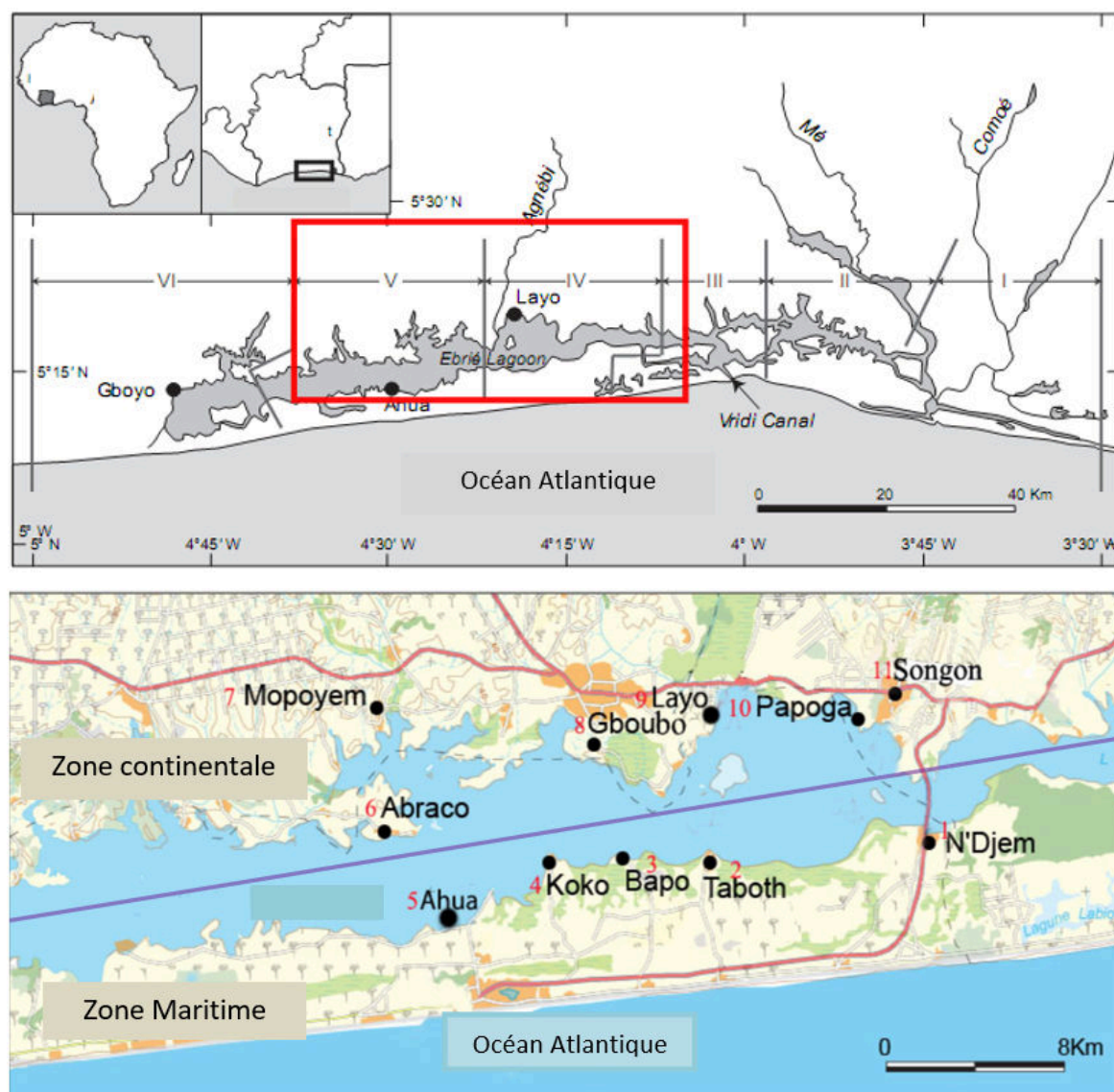


Fig. 1. Zone d'étude (zone continentale = Abraco, Mopoyem, Gboubo, Layo, Papoga et Songon ; zone maritime = N'djem, Taboth, Bapo, Koko et Ahua)

2.2 ANALYSE STATISTIQUE

L'ANOVA a été utilisée pour évaluer l'effet de la saison sur les paramètres mesurés ainsi que la différence entre les zones continentale et maritime. Ensuite, le test HSD (Honest Significant Difference) de Tukey a été effectué lorsque l'ANOVA montrait une différence significative. Les différences ont été considérées comme significatives à des valeurs $p < 0,05$. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel Statistica 7.1.

2.3 COEFFICIENT D'ÉCHANGE EAU-SÉDIMENT

Les sédiments constituent une zone de stockage temporaire ou définitif pour de nombreux polluants dans les milieux aquatiques marins et estuariens. Il est donc particulièrement important de caractériser leur capacité de fixation des polluants par le coefficient d'échange eau-sédiments. A partir des taux saisonniers et annuels de l'arsenic (As), les coefficients d'échange eau-sédiment saisonniers et annuels ont été calculés selon la formule suivante [14] :

$$CE = \frac{C_s}{C_e}$$

Avec :

- C_s la concentration du métal dans les sédiments en $\mu\text{g/kg}$;
- C_e la concentration du métal dans l'eau en $\mu\text{g/L}$.

2.4 COEFFICIENT DE CORRÉLATION DE BRAVAIS-PEARSON

Le coefficient de corrélation linéaire r de Bravais-Pearson a été utilisé pour déterminer la relation entre les paramètres physico-chimiques et la teneur en arsenic des échantillons. Il varie de -1 à +1. La valeur -1 représente une parfaite corrélation négative tandis que la valeur +1 représente une parfaite corrélation positive. La valeur 0 représente une absence de corrélation ou l'indépendance entre les variables. Plus la valeur r s'approche de -1 ou +1, plus la relation linéaire est forte. Plus la valeur du coefficient r s'approche de 0, plus la relation linéaire est faible.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

Les valeurs moyennes de la température sont élevées et varient de $28,84 \pm 0,86$ °C (zone continentale) à $28,88 \pm 0,61$ °C (zone maritime) (Tableau I). Les eaux sont faiblement basiques ($7,09 \pm 0,18$ - $7,30 \pm 0,05$) et oxygénées ($6,19 \pm 0,22$ - $6,42 \pm 1,29$ mg/L) au niveau des deux zones. La salinité ($2,88 \pm 1,18$ - $3,57 \pm 0,87$) et la transparence ($1,08 \pm 0,10$ - $1,55 \pm 0,37$ m) sont minimales dans les deux zones. Les concentrations moyennes des matières en suspensions sont de $13,80 \pm 1,41$ mg/kg pour la zone continentale et $11,74 \pm 1,25$ mg/kg pour la zone maritime. L'analyse statistique (ANOVA) montre qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les deux zones pour les paramètres physico-chimiques mesurés à l'exception de la transparence et des matières en suspensions. La zone continentale présente des valeurs élevées de matières en suspension avec une faible transparence (Tableau I).

Tableau 1. Valeurs moyennes de la température, du pH, de l'oxygène dissous, de la salinité, de la transparence et des MES mesurés de février 2014 à janvier 2015 dans les zones continentale (ZC) et maritime (ZM) de la partie Ouest de la lagune Ebrié

Paramètres	Zones	
	Zone continentale	Zone maritime
Température (°C)	$28,84 \pm 0,86$	$28,88 \pm 0,61$
pH	$07,09 \pm 0,18$	$07,30 \pm 0,05$
Oxygène dissous (mg/L)	$06,19 \pm 0,22$	$06,42 \pm 1,29$
Salinité	$02,88 \pm 1,18$	$03,57 \pm 0,87$
Transparence (m)	$01,08 \pm 0,10^a$	$01,55 \pm 0,37^b$
Matière en Suspension (mg/L)	$13,80 \pm 1,41^b$	$11,74 \pm 1,25^a$

Les valeurs avec des lettres (a, b) en exposant présentent une différence significative ($p < 0,05$) entre les zones pour un paramètre annuel donné.

Les concentrations d'arsenic dans l'eau varient de $4,99 \pm 4,82$ à $8,17 \pm 3,15$ $\mu\text{g/L}$ dans la zone continentale et de $3,58 \pm 2,09$ à $16,95 \pm 12,82$ $\mu\text{g/L}$ dans la zone maritime (Tableau II). Les concentrations saisonnières présentent une différence significative ($p < 0,05$) entre les saisons quel que soit la zone. Les concentrations sont élevées pendant la saison sèche dans la zone continentale et pendant la saison des crues dans la zone maritime. Les valeurs moyennes de la concentration d'arsenic dans l'eau montrent qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre la zone continentale et la zone maritime. La zone maritime enregistre les concentrations moyennes les plus élevées (Tableau II). Les concentrations de l'arsenic dans les sédiments sont très élevées par rapport aux concentrations enregistrées dans l'eau (Tableau II). Elles varient de $1,06 \pm 0,70$ à $1,22 \pm 0,68$ mg/kg dans la zone continentale et de $1,01 \pm 0,59$ à $1,50 \pm 0,77$ mg/kg dans la zone maritime. Les concentrations saisonnières dans les sédiments ne présentent aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les saisons pour les deux zones. Aussi, Les valeurs moyennes de la concentration de l'arsenic dans les sédiments ne montrent-elles aucune différence significative ($p > 0,05$) entre la zone continentale et la zone maritime.

Tableau 2. Variation saisonnière et valeurs moyennes de l'arsenic dans l'eau ($\mu\text{g/L}$) et les sédiments (mg/kg) mesurés de février 2014 à janvier 2015 dans les zones continentale (ZC) et maritime (ZM) de la partie Ouest de la lagune Ebrié

		Zones	
		Zone continentale	Zone maritime
Arsenic dans l'eau	Saison sèche	08,17 $\pm$ 3,15 ^{c2}	03,89 $\pm$ 2,83 ^{a1}
	Saison des pluies	06,66 $\pm$ 4,87 ^{b2}	03,58 $\pm$ 2,09 ^{a1}
	Saison des crues	04,99 $\pm$ 4,82 ^{a1}	16,95 $\pm$ 12,82 ^{b2}
	Moyenne	06,61 $\pm$ 4,84 ¹	08,14 $\pm$ 1,16 ²
Arsenic dans les sédiments	Saison sèche	01,06 $\pm$ 0,70	01,10 $\pm$ 0,80
	Saison des pluies	01,22 $\pm$ 0,68	01,01 $\pm$ 0,59
	Saison des crues	01,12 $\pm$ 0,63	01,50 $\pm$ 0,77
	Moyenne	01,21 $\pm$ 0,75	01,21 $\pm$ 0,75

Les valeurs avec des lettres a, b en exposant présentent une différence significative ($p < 0,05$) entre les saisons ; les valeurs avec des chiffres 1, 2 en exposant présentent une différence significative ($p < 0,05$) entre les zones.

Le coefficient d'échange eau-sédiment calculé, est élevé durant toutes les saisons dans les deux zones (Figure 2). Elle varie de 129,74 à 224,44kg/L dans la zone continentale et de 88,49 à 282,77 dans la zone maritime.

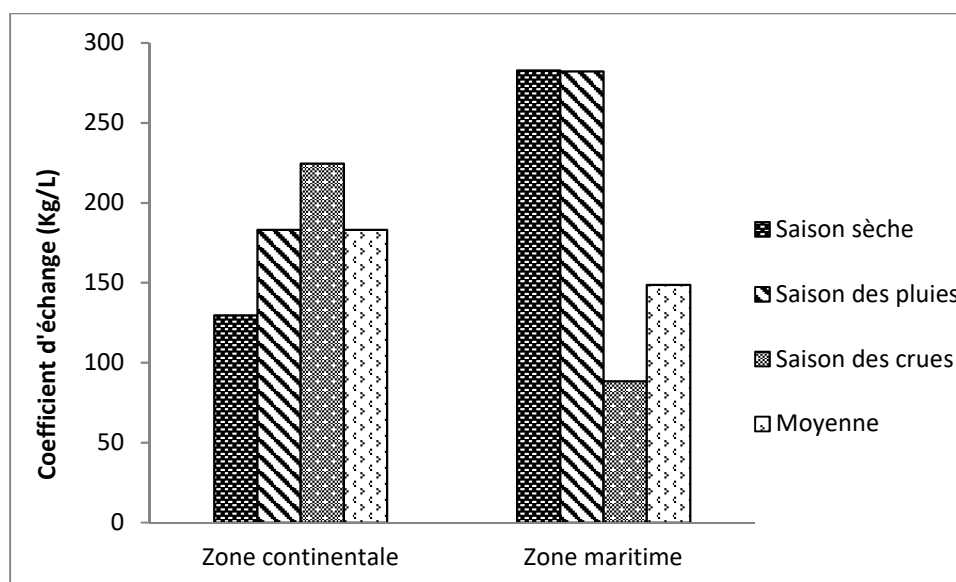


Fig. 2. Coefficient d'échange de l'arsenic en Kg de sédiments par litre d'eau dans les zones continentale (ZC) et maritime (ZM) de la partie Ouest de la lagune Ebrié

L'observation de la matrice de corrélation montre que la teneur en arsenic des échantillons d'eau présente une forte corrélation positive avec la température, l'oxygène dissous et les matières en suspension d'une part, et d'autre part, une forte corrélation négative avec la salinité (Tableau III). La teneur en arsenic des sédiments montre une forte corrélation positive avec le pH et négative avec la température.

Tableau 3. Matrice de corrélation entre les paramètres physico chimiques et l'arsenic dans l'eau et les sédiments mesurés de février 2014 à janvier 2015 dans les zones continentale (ZC) et maritime (ZM) de la partie Ouest de la lagune Ebrié

	Zones	Paramètres					
		T°	pH	O ₂	Sal	Trsp	MES
Arsenic dans l'eau	ZC	0,99*	-0,53	0,89*	-0,95*	-0,12	0,67
	ZM	0,92*	-0,66	-0,20	-0,98*	0,28	0,97*
Arsenic dans les sédiments	ZC	-0,47	0,98*	0,12	-0,03	-0,47	0,68
	ZM	-0,86*	0,98*	-0,34	-0,03*	0,09	0,59

Les valeurs en * présentent une corrélation significative à $p < 0,05$. ZC : zone continentale ZM : zone maritime.

3.2 DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent que les valeurs moyennes de la température, du pH, de l'oxygène dissous et de la salinité ne présentent aucune différence significative entre les zones continentale et maritime de la partie ouest de la lagune Ebrié. Les eaux de ces zones sont chaudes, faiblement basiques, oxygénées et peu salées. Ces caractéristiques peuvent être attribuées à la température élevée de l'air et aux régimes hydrologiques de la zone d'étude [15], [16], [17]. En effet, la partie ouest de la lagune Ebrié est sous l'influence des eaux continentales et des eaux océaniques qui contrôlent les paramètres physico-chimiques de cette zone. Cette étude a également montré qu'il y a une différence significative entre les deux zones pour la transparence et les matières en suspensions. Cette différence est probablement due à l'entrée massive des eaux météoriques dans la zone continentale. Nos résultats sont comparables à ceux de [18] et de [19] qui ont rapporté que la partie Ouest de la lagune Ebrié a des transparences qui varient entre 0,4 et 4 m.

Cette étude révèle la présence d'arsenic dans l'eau des zones continentale et maritime de la partie ouest de la lagune Ebrié. La variation saisonnière de la teneur en arsenic de l'eau a montré une différence significative entre les saisons. Les fortes concentrations sont enregistrées durant les saisons sèches et les saisons de crues. Cette différence saisonnière peut être attribuée au changement des paramètres physico-chimiques des eaux avec l'entrée des eaux continentales dans la lagune durant la crue d'une part, et d'autre part, le phénomène d'évaporation durant la saison sèche [20], [21]. En effet, l'accumulation des métaux lourds dépend des propriétés physiques et chimiques de l'eau, telles que le pH, la température et la salinité [22]. Aussi, l'état d'oxydation et les conditions redox dans l'environnement pourraient-ils influencer la solubilité du métal [23]. Par ailleurs, les résultats de cette étude, montrent également une différence significative entre les zones continentale et maritime. Généralement, les concentrations maximales de l'arsenic dans l'eau sont enregistrées dans la zone maritime. Cette forte concentration peut être due aux rejets constants des huiles de moteur et de carburant dans la zone d'étude à cause de l'important trafic des pirogues à moteurs utilisées pour la pêche et pour le transport. [24] et [25] ont rapporté que les huiles de moteur et le carburant sont les principales sources de métaux lourds sur les plans d'eau lagunaires où la population utilise les embarcations motorisées pour se déplacer.

En ce qui concerne les sédiments, cette étude indique qu'ils contiennent des taux très élevés en arsenic en comparaison avec les concentrations dans l'eau et cela quel que soit la zone. En effet, les sédiments sont les plus importants réservoirs des métaux lourds et d'autres polluants dans l'environnement aquatique. [26] rapporte que les sédiments sont considérés comme des compartiments de l'accumulation des polluants, apportés par la colonne de l'eau. Dans les sédiments, aux phénomènes physico-chimiques s'ajoute l'activité microbienne [27]. Dans ces milieux, l'arsenic subira alors diverses transformations (oxydation, réduction, sorption) suivant la composition chimique du sédiment ainsi que les différents mécanismes mis en place par les micro-organismes. Selon [28] les composés méthyles de l'arsenic (MMA, DMA, TMAO) présents dans les sédiments peuvent provenir soit par méthylation directe par les micro-organismes, soit par un apport lié à l'activité humaine, principalement agricole (pesticides, fertilisants). Les coefficients d'échange eau-sédiment élevés de cette étude confirment que les sédiments de cette zone constituent un puits d'arsenic pour la colonne d'eau. En effet, [29] stipule que les sédiments peuvent devenir soit une source, soit un puits d'élément trace métallique pour la colonne d'eau.

L'analyse de la matrice de corrélation entre les variables étudiées révèle une forte corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la concentration d'arsenic. Cela montre le rôle important que jouent les paramètres physico-chimiques dans la mobilité et la solubilité de l'arsenic [27]. En effet, les facteurs physico-chimiques affectent la capacité d'adsorption et influencent ainsi le flux d'arsenic à l'interface liquide-solide [30]. En milieu aqueux, il s'agit souvent d'adsorption par formation de complexes de sphère interne avec les oxydes de fer, de manganèse et d'aluminium qui se trouvent généralement en contact avec les eaux naturelles par l'intermédiaire de la matière en suspension [31] et [32] rapporte que la solubilité des métaux lourds varie avec le pH. Les substances humiques adsorbent préférentiellement l'As(V) avec un maximum d'adsorption vers pH

5,5 [33]. De plus, la spéciation de l'arsenic qui est nécessaire pour prédire sa mobilité, est fortement influencée par le pH et le potentiel redox. Il apparaît donc que dans les domaines de pH ($5,5 \leq \text{pH} \leq 9$), les formes majoritaires de As(V) sont anioniques: H_2AsO_4^- et HAsO_4^{2-} , pour As(III) il s'agit de la forme non chargée : H_3AsO_3 [28].

Les données obtenues dans le cadre de cette étude concernant la concentration de l'arsenic sont inférieures aux valeurs considérées comme normales pour le milieu naturel. Les valeurs seuils sont de 10 $\mu\text{g/L}$ dans l'eau et de 50mg/Kg dans les sédiments [34]. Cependant, un suivi des teneurs en arsenic de la zone d'étude s'impose. Selon [35], la plupart des polluants, en particulier les substances persistantes organiques ou minérales se présentent à des concentrations supérieures dans les êtres vivants par rapport aux doses rencontrées dans les biotopes à cause des phénomènes de bioconcentration. Ainsi, pour les poissons elle se manifeste par une mortalité mais aussi de façon indirecte par la modification des cellules germinales, le ralentissement de la croissance et surtout de la reproduction des espèces [36].

4 CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence la contamination à l'arsenic des eaux et des sédiments des zones continentale et maritime de la partie Ouest de la lagune Ebrié, qui est perturbée par des rejets domestiques et agricoles. Par ailleurs, la distribution de l'arsenic est sous le contrôle des paramètres physico chimiques. Les concentrations en dessous des normes établies par l'OMS n'excluent pas la nécessité d'une attention particulière quant aux effets cumulatifs de ce métalloïde qui pourraient constituer des risques sanitaires. En effet, le danger de cette pollution métallique aquatique réside dans le risque toxicologique qui peut être induit lors de la consommation des produits provenant de ces zones, d'où son impact direct sur la santé humaine. Sur le plan écologique, cette pollution peut perturber l'équilibre biologique du milieu et porter atteinte à l'intégrité biologique.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos sincères remerciements au fond du Conseil Interprofessionnel pour la Recherche Agricole (FIRCA) pour le soutien financier.

REFERENCES

- [1] E. Baran, "Biodiversity of estuarine fish fauna in West Africa", *Naga the ICLARM Quarterly*, vol. 23 no.4 pp. 4-9, 2000.
- [2] K. P. Anoh, « Stratégies comparées de l'exploitation des plans d'eau lagunaire de Côte d'Ivoire », *Document d'outre-mer*, pp. 347-363, 2010.
- [3] S. H. G. Brondi, A. N. De Macedo, G. H. L. Vicente et A. R. A. Nogueira, "Evaluation of the quenchers method and gas chromatography mass spectrometry for the analysis pesticide residues in water and sediment" *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol 86 pp. 18-22, 2011.
- [4] B. H. Ben, H. Nassali, M. Leblans et A. Srhiri, "Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc)" *Afrique Science*, vol 1 no 1 pp. 109-12, 2005.
- [5] S. Coulibaly, *Bioaccumulation des métaux lourds et effets biologiques induits chez Sarotherodon melanotheron rüppell, 1852 pêché dans la Baie de Biétri en Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)*, Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, p.214, 2013
- [6] K. M. Yao, S. B. Métongo, A. Trokourey A. et B. Yobou B., "Assessment of sediments contamination by heavy metals in a tropical lagoon urban area (Ebrié lagoon, Côte d'Ivoire)", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 3 pp. 755-770, 2009.
- [7] S. Coulibaly, *Etude des paramètres de pollution en zone lagunaire d'Abidjan*, Mémoire de DEA, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2006.
- [8] P. Koffi, "Des poissons toxiques sur le marché ?", *Le Nouveau Réveil* no 3408, p. 6, 2013.
- [9] OMS, Arsenic in Drinking Water, International Programme on *Chemical Safety, Environmental Health Criteria* no 224 Genève pp. 1-521, 2001.
- [10] P. N. Williams, A. H. Price, A. Raab, S. A. Hossain, J. Feldmann et A. A. Meharg, Variation in arsenic speciation and concentration in paddy rice related to dietary exposure, *Environmental Science & Technology*, vol 39 pp. 5531-5540, 2005.
- [11] C. Hopenhayn, "Arsenic in Drinking Water: Impact on Human Health", *Elements* vol 2 pp. 103-107, 2006.
- [12] A. Aminot et M. Chaussepied, *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. CNEXO, Editions Jouve, Paris, 395 p 2006, 1983.

- [13] EPA, *SW-846 test methods for evaluating solid waste, physical-chemical methods*, method 6010 C: inductively coupled plasma-atomic spectrometry emission, 2007.
<http://www.epa.gov/OSW/hazard/testmethods/sw846/pdfs/6010c.pdf>.12-12-2017.
- [14] IRSN, Direction de l'environnement et de l'intervention, service d'étude du comportement des radionucléides dans les écosystèmes. *Fiches radionucléides et environnement*, p. 13, 2004.
- [15] K. J. Konan, *Etude des paramètres de populations, de la biologie de reproduction et des stratégies alimentaires du Cichlidae Tylochromis jentinki (Steindachner, 1895) dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)*, Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2010.
- [16] S. Sylla, *Paramètres des populations, biologie de la reproduction et régime alimentaire du Garangidae Trachinotus teraia, Cuvier, 1832 dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2010.
- [17] L. Boni, S. Coulibaly, C. S. K. Nobah, B. C. Atse et E. P. Kouamelan, "Physical and chemical parameters and nutrients in the Ebrie lagoon, (Côte d'Ivoire, West Africa): impact on fish mortality" *International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences*, vol 4 no 3 pp. 1-16, 2016.
- [18] I. M. Bodji, *Biologie et écologie d'un poisson africain Pomadasys jubelini (Cuvier, 1830) (Pisces, Haemulidae) dans trois complexes lagunaires (Grand-Lahou, Ebrié et Aby) de Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2015.
- [19] E. L. G. Djadji, *Etude des traits biologiques et du régime alimentaire de deux espèces de Mugilidae, Liza falcipinnis, Valenciennes, 1836 et Mugilcephalus, Linnaeus, 1758, dans les complexes lagunaires Ebrié et Grand-Lahou, Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2015.
- [20] S. Coulibaly, B. C. Atsè, K. M. Koffi, S. Sylla, K. J. Konan et N. J. Kouassi, "Seasonal Accumulations of Some Heavy Metal in Water, Sediment and Tissues of Black-Chinned Tilapia *Sarotherodon melanotheron* from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast" *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol 10: pp. 512-522, 2012.
- [21] K. M. Koffi, S. Coulibaly, B. C. Atse et E. P. Kouamelan, "Survey of Heavy Metals Concentrations in Water and Sediments of the estuary Bietri Bay, Ebrie Lagoon, Côte d'Ivoire", *International Journal of Research in Earth and Environmental Sciences*, vol 3 pp. 1-10, 2014.
- [22] M. Coulibaly, *Développement de méthodes électrochimiques pour la détection de trace de métaux lourds : application à l'analyse du cuivre, du sélénium et du manganèse dissous dans des milieux complexes*. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 2008.
- [23] J. O. Lalah, E. Z. Ochieng et S. O. Wandiga, "Sources of heavy metal input into Winam Gulf, Kenya " *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 81 PP. 27-284, 2008.
- [24] A. Traore, G. Soro, K. E. Ahoussi, B. S. Bamba, N. Soro et J. Biemi, "Niveau de contamination en métaux lourds des sédiments d'une lagune tropicale : la lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)" *Afrique science* vol 10 no 3 pp. 73 – 88, 2014.
- [25] C. A. Gouin, N. Aka N., B. Adiaffi, B. S. Bamba et N. Soro, "Pollution saisonnière des sédiments de lagune par des métaux lourds (Cu, Pb et Zn) en zone tropicale humide : cas de la lagune Mondoukou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)", *International Journal of Biological and Chemical Sciences* vol 10 no 2 pp. 835-845, 2016.
- [26] N. C. Bonai, G. M. Souza-Franco, O. Fogolari, D. J. C. Mocelin et J. Dal-Magro, "Distribution of metals in the sediment of the Itá reservoir, Brazil", *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol 21 pp. 245-250, 2009.
- [27] M. L. Cazalet, *Caractérisation physico-chimique d'un sédiment marin traité aux liants hydrauliques : Évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques*, Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, France, 2012.
- [28] E. Lombi, W. W. Wenzel et D. C. Adriano, *Arsenic-contaminated soils: II. Remedial action*, in Remediation engineering of contaminated soils, D.L. Wise, D.J. Trantolo, E.J. Cichon, H.I. Inyang and U. Stott meister editors, Dekker, New York, pp. 739-758, 2000.
- [29] E. Tessier, *Diagnostic de la contamination sédimentaire par les métaux/métalloïdes dans la rade de Toulon et mécanismes contrôlant leur mobilité*. Mémoire de Docteur de l'Université du Sud Toulon Var, France, p. 291, 2012.
- [30] Y. Bentahar, *Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse*, Thèse de Doctorat, Université Côte d'Azur, France, 2016.
- [31] B. Campredon, *Mécanismes et transferts de l'arsenic dans une confluence du Var et étude d'une méthode de remédiation dans les eaux potables*. Thèse de Doctorat, Université Nice Sophia Antipolis, France, 2013.
- [32] J. Lions, 2004. *Étude hydrogéochimique de la mobilité de polluants inorganiques dans des sédiments de curage mis en dépôt: expérimentations, études in situ et modélisation*, Thèse de doctorat. École Nationale Supérieure des Mines de Paris. France, 2004.
- [33] M. Sadiq, *Arsenic chemistry in soils: an overview of thermodynamic predictions and fields observations*, *Water Air Soil Poll* vol 93 pp. 117-136, 1997.

- [34] Z. Ding, B. Zheng, J. Long, H. E. Belkin, R. B. Finkelman, C. Chen, D. Zhou. et Y. Zhou, "Geological and geochemical characteristics of high arsenic coals from endemic arsenosis areas in southwestern Guizhou Province, China", *Appl. Geochem* Vol 16, pp. 1353-1360, 2001.
- [35] S. Péan, *Effets des polluants organiques persistants sur le comportement des poissons. Sciences agricoles*. Mémoire de Docteur de l'Université de La Rochelle, France, 2012.
- [36] F. Ramade, *Précis d'écotoxicologie*, Collection d'écologie. Masson. Paris, Milan, 1992.

Caractérisation des accidents d'exposition au sang (AES) et leurs déterminants psycho-environnementaux et professionnels au Centre Hospitalier Régional de Kolda (Sud du Sénégal)

[Characterization of Blood Exposure Accidents (BEA) and psycho-environmental and professional determinants in Kolda's Regional Hospital Center (Southern Senegal)]

BOCAR BAILA DIEDHIOU¹, EL HADJI MAKHTAR BA², MAME CHEIKH SECK³, and JEAN AUGUSTIN DIÉGANE TINE⁴

¹Médecin du travail, Centre Hospitalier Régional de Kolda, Senegal

²Maître-Assistant en Psychiatrie, CHNU de Fann, FMPO, UCAD, Senegal

³Maître-Assistant en Parasitologie, FMPO, UCAD, Senegal

⁴Assistant en Santé Publique, ISED, FMPO, UCAD, Senegal

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

ABSTRACT: Blood Exposure Accidents (BEA) are a daily risk faced by the staff of Kolda's Regional Hospital Center (RHCK). The objective of this study was to assess the prevalence of BEA within this structure and to identify their main determinants. We have done a cross-sectional, descriptive study for an analytical purpose carried out over a period of two months. A total of 81 professionals agreed to participate in the study. Forty of them were victims of BEA (49.3%). The average age of the victims was 36.7 years. Women were the most affected (65%). 45% of victims were previously vaccinated against hepatitis B, before the occurrence of the accident. Nurses were more numerous (42.5%) and maternity was the service where the most victims were collected (25%). The mechanism of occurrence of the accident was dominated by the bite (82.5%). The most common procedures involved were surgical suture (20%), injections (20%) and catheterization (20%). The reporting rate was 66.7%. No contamination was observed. Several risk factors for the occurrence of BEA have been identified. They are psychological (stress, tiredness), organizational (overloaded and/or perforated containers, overwork), environmental (lack of lighting, unsuitable premises). Other factors were related to the patients (agitations, emergencies). In addition to this, there is a lack of respect for standard precautions as well as a lack of training and awareness among staff. Conclusion: the study has shown the need to raise awareness, train and improve the working conditions of caregivers.

KEYWORDS: stress, organizational aspects, bad practices, awareness.

RÉSUMÉ: Les accidents d'exposition au sang (AES) constituent un risque auquel est confronté quotidiennement le personnel du Centre hospitalier régional de Kolda (CHRK). L'objectif de cette étude était d'évaluer la prévalence des AES au sein de cette structure et d'identifier leurs principaux déterminants. Nous avons procédé à une étude transversale, descriptive à visée analytique réalisée sur une période de deux mois. Au total, 81 professionnels ont accepté de participer à l'étude. Quarante d'entre eux ont été victimes d'au moins d'un accident d'exposition au sang (AES) soit 49,3%. L'âge moyen des victimes était de 36,7 ans. Les femmes étaient les plus affectées (65%). 45% des victimes étaient préalablement vaccinées contre l'hépatite B, avant la survenue de l'accident. Les infirmiers d'état étaient plus nombreux (42,5%) et la maternité était le service où le plus de victimes ont été colligées (25%). Le mécanisme de survenue de l'accident était dominé par la piqûre (82,5%). Les gestes en cause les plus fréquents étaient la suture chirurgicale (20%), les injections (20%) et la pose de cathéters (20%). Le taux de

déclaration était de 66,7%. Aucune contamination n'a été observée. Plusieurs facteurs de risque de survenue d'AES ont été identifiés. Ils sont d'ordre psychologique (stress, fatigue), organisationnel (conteneurs débordés et/ ou perforés, surcharge du travail), environnemental (défaut d'éclairage, locaux inadaptés). D'autres facteurs étaient liés aux patients (agitations, situations d'urgence). A cela, s'ajoutent le non-respect des précautions standards ainsi que l'absence de formation et de sensibilisation du personnel. Conclusion : l'étude a montré la nécessité de sensibiliser, de former et d'améliorer les conditions de travail des soignants.

MOTS-CLEFS: stress, aspects organisationnels, mauvaises pratiques, sensibilisation.

1 INTRODUCTION

Un accident d'exposition au sang (AES) est défini par toute exposition avec du sang ou du liquide biologique contaminé par du sang suite à une effraction cutanée (piqûre, coupure ou égratignure), une projection sur muqueuse (conjonctive, bouche, etc.) ou une projection sur une peau lésée (dermatose, plaie ou autres) [1]. En milieu hospitalier, les accidents d'exposition au sang (AES) constituent un risque professionnel majeur, particulièrement omniprésent chez les soignants. En effet, le sang est un agent biologique pouvant contenir des agents infectieux pour l'organisme (bactéries, virus, parasites et champignons) dont les plus redoutés sont le virus de l'hépatite B (VHB), le virus de l'hépatite C (VHC) et surtout le virus de l'immunodéficience humaine (HIV). Ainsi, l'existence de plusieurs facteurs liés à la spécificité hospitalière accroît le risque. Il s'agit notamment du contact quotidien de certains soignants avec le sang et les liquides biologiques, du travail de nuit lié à la nécessité d'assurer un service continu, de la prise en charge de pathologies infectieuses très contagieuses (VIH, VHB, VHC), des interventions chirurgicales très hémorragiques ou celles de durée longue, la diversité et la délicatesse de certains actes à réaliser, la confrontation quotidienne à la détresse et à la pression lors des situations d'urgence. A cela, s'ajoutent le manque d'expérience de certains soignants, la surcharge de travail consécutive au déficit de personnel, l'absence de vaccination contre l'hépatite B. Ainsi, lors d'une piqûre, le risque de transmission virale d'un patient vers le soignant a été estimé à 10-40 % pour le VHB, 2,1 % pour le VHC, et 0,32 % pour le VIH [2], [3]. L'objectif de cette étude était d'évaluer la prévalence des AES au sein de cette structure et d'identifier leurs principaux déterminants.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La présente étude transversale et descriptive a été menée sur une période de 2 mois (1^{er} Mars–30 Avril 2017) au Centre Hospitalier Régional de Kolda (CHRK), région située dans la partie sud du Sénégal, à 440 kilomètres de Dakar, la capitale du Sénégal. Ce centre est érigé en établissement public de santé de niveau II selon la pyramide sanitaire du Sénégal. Il constitue la structure de référence de l'ensemble des formations sanitaires de la région de Kolda. Pour réaliser cette étude, des données ont été collectées à l'aide de questionnaires anonymes adressés aux différentes catégories professionnelles : médecins, techniciens supérieurs, sages-femmes, infirmiers, aides-infirmiers, instrumentistes, laborantins, brancardiers. Ces questionnaires comprenaient plusieurs items renseignant sur les aspects socio-professionnels des victimes, les antécédents d'accident d'exposition au sang (circonstances, mécanismes, lieu de survenue), le statut vaccinal des victimes, la procédure de prise en charge entreprise, les facteurs favorisant ces accidents. La population d'étude était constituée par le personnel soignant et de soutien (brancardiers, techniciens de surface) de la structure. Les données recueillies ont été traitées avec Microsoft Excel version 2013. Le consentement écrit, libre et éclairé des participants a été obtenu. Les considérations éthiques telles que la confidentialité des informations et le bénévolat de la participation à l'étude ont été respectées.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIOPROFESSIONNELLES ET STATUT VACCINAL DES VICTIMES

Au total, 81 professionnels ont accepté de participer à l'enquête. Quarante d'entre eux ont été victimes au moins d'un AES soit 49,3%. Les femmes représentaient 65% (n=26) et les hommes 35% (n=14), soit un sex-ratio (H/F) de 0,5. L'âge moyen des victimes était de 36,7 ans avec des extrêmes de 25 ans et 56 ans. Les infirmiers étaient plus nombreux (42,5%) (voir tableau 1). Les services les plus affectés étaient la maternité (25%), les urgences (20%) et la pédiatrie (17,5%) (voir tableau 2).

Tableau 1. Répartition des victimes d'accident d'exposition au sang (AES) selon la profession

Professions	Effectifs (n=1)	Pourcentage (%)
Infirmiers	17	42,5
Aides-soignants	8	20
Sages-femmes	4	10
Laborantins	3	7,5
Techniciens de surface	3	7,5
Médecins (Chirurgiens)	2	5
Brancardiers	2	5
Instrumentiste	1	2,5
Total	40	100

Tableau 2. Répartition des victimes selon le service

Service	Effectifs (n=1)	Pourcentage (%)
Maternité	10	25
Urgence	8	20
Pédiatrie	7	17,5
Chirurgie	5	12,5
Laboratoire	4	10
Réanimation	3	7,5
Médecine générale	3	7,5
Total	40	100

La répartition des victimes selon le nombre d'AES, a montré que 32,5% en ont eu un ; 25% ont eu deux à trois AES et 22,5% ont eu au moins quatre AES.

Au plan administratif, l'hôpital avait contractualisé 62,5% dont 47,5% avec un contrat à durée indéterminée. La fonction publique sénégalaise employait 17,5%. La moyenne d'ancienneté dans la profession était de 8,8 ans. Les stagiaires représentaient 20% du personnel.

Par rapport au statut vaccinal, 45% (n=18) des victimes étaient préalablement vaccinées contre l'hépatite B avant la survenue de l'AES.

3.2 MÉCANISMES ET CIRCONSTANCES DE SURVENUE DES AES

Le mécanisme de survenue le plus fréquent était la piqûre avec 82,5% des cas suivi respectivement par les coupures (12,5%) et les projections oculo-muqueuses (5%). Le liquide biologique en cause était essentiellement le sang (97,2%). Les gestes en cause étaient nombreux mais dominés par la suture chirurgicale (20%), la pose de cathéter (20%) et les prélèvements (20%). (Confer tableau 3).

Tableau 3. Répartition des AES selon les circonstances de l'accident

Circonstances de l'accident	Effectifs (n=1)	Pourcentage (%)
Suture chirurgicale	8	20
Pose cathéter	8	20
Prélèvements	8	20
Injections	5	12,5
Elimination déchets	4	10
Recapuchonnage	3	7,5
Soins plaies	3	7,5
Déplacement	1	2,5
Total	40	100

Au moment de l'accident, 79,4% des victimes portaient des gants. Par contre, aucune des victimes ne portait de masque, ni de lunette de protection. La majorité des plaies des victimes était superficielle (66,7%) et 33,3% des plaies étaient profondes. 68,5% des accidents étaient survenus le jour contre 31,5% la nuit.

3.3 SÉROLOGIE DES PATIENTS SOURCES ET SUIVI DES VICTIMES

3.3.1 SÉROLOGIE DES PATIENTS SOURCES

Vingt-huit patients sources ont bénéficié d'une sérologie HIV dont quatre cas de positivité. Dix-neuf patients sources ont bénéficié d'une sérologie à l'hépatite B dont deux cas de positivité. En ce qui concerne l'infection à virus de l'hépatite C, 13 patients sources ont bénéficié d'une sérologie avec un cas positif.

3.3.2 SUIVI DES VICTIMES

Toutes les victimes déclarées ont bénéficié de soins d'urgence (lavage, désinfection avec antiseptique) immédiatement après la survenue de l'accident. La majorité des victimes (66,7%) a déclaré l'accident. 62,5% ont bénéficié d'une sérologie HIV. Tous les résultats étaient négatifs. Aucune séroconversion n'a été observée jusqu'au 6^{ème} mois. L'**anxiété** était notée chez 81,8% des victimes. 25% ont bénéficié d'une prise en charge psychologique. Aucune des victimes n'a bénéficié d'une prise en charge médico-légale (ni certificat médical initial, ni définitif). Quatre victimes ont bénéficié d'une chimioprophylaxie antirétrovirale.

33,3% des victimes n'ont pas déclaré leur accident. Les motifs évoqués étaient : la méconnaissance des procédures (35,6%), la minimisation du risque (29%), la négativité de la sérologie du patient source (19,3%) et la surcharge de travail (16,1%).

3.4 FACTEURS FAVORISANT LES ACCIDENTS D'EXPOSITION AU SANG (AES)

3.4.1 SITUATIONS EXPOSANT AU RISQUE D'ACCIDENT D'EXPOSITION AU SANG (AES)

Plusieurs situations favorisant la survenue d'un AES ont été rapportées par les victimes, dominées par la fatigue (52,5%), le stress (50%) et l'agitation du patient (47,5%). Elles sont classées en fonction des catégories. (voir tableau 4)

Tableau 4. Facteurs de risque des accidents d'exposition au sang (AES)

Facteurs de risque	Effectifs (n=1)	Pourcentage (%)
Facteurs psychologiques		
fatigue	21	52,5
stress	20	50
Facteurs organisationnels		
Surcharge de travail	17	42,5
Conteneurs débordants	14	35
Conteneurs perforés	3	7,5
Facteurs liés aux patients		
agitation	19	47,5
Situations d'urgence	13	32,5
Défaut de technicité		
Gants perforés	14	35
Croisement des mains	6	15
Interruption de la tâche par un tiers	2	5
Facteurs environnementaux		
Défaut d'éclairage	14	35
Locaux inadaptés	4	10
Matériel inadapté	8	20

3.4.2 DÉFAUT DES CONNAISSANCES DES VICTIMES SUR LES ACCIDENTS D'EXPOSITION AU SANG (AES)

Parmi les 40 victimes d'accident d'exposition au sang (AES), 73,5% n'ont pas bénéficié d'une formation sur les AES. 61,7% ne connaissaient pas la procédure de prise en charge des accidents d'exposition au sang (AES) dans la structure. 67,6% ignoraient les agents infectieux les plus redoutés en cas d'accident d'exposition au sang (AES). Le risque de séroconversion pour le VIH était ignoré par 72,5%, celui pour l'hépatite B par 94,9% et celui pour l'hépatite C par 97,5% des victimes. Le défaut d'affiches murales dans les services a été déploré par 84,3% des professionnels.

3.4.3 HABITUDES ET PRATIQUES PROSCRITES

Le recapuchonnage (action qui consiste à remettre en place la capsule protectrice de l'aiguille contaminée) était pratiqué par 79,3% et le saignement (geste qui consiste à faire saigner la plaie après l'accident) était pratiqué par 39,1% des professionnels. 21,9% portaient systématiquement un équipement de protection individuelle adapté (lunettes de protection, gants, masques). Le reste adaptait cet équipement en fonction du statut sérologique du patient source au VIH. Ainsi, 78,1% des victimes se conformaient aux normes dans un contexte de sérologie rétrovirale positive.

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIOPROFESSIONNELS ET STATUT VACCINAL DES VICTIMES

Dans notre étude, les victimes sont relativement jeunes (36 ans) contrairement au Maroc où des âges moyens plus élevés ont été observés respectivement, 40,8 ans et 41,4 ans [4], [5]. La prédominance féminine chez les accidentés se superpose à la prédominance globale des femmes dans la structure de soins. Un constat similaire est retrouvé par plusieurs études avec 61% au Maroc [5] ; 56,5% en France [6] ; 71,2% au Nigeria [7] et 76,9% en Côte d'Ivoire [8].

Dans le but de stopper la séroconversion à l'hépatite B en cas d'accident d'exposition au sang (AES), la vaccination contre l'hépatite B est obligatoire pour tout personnel de santé au Sénégal. Toutefois, la majorité des victimes n'était pas vaccinée contre l'hépatite B malgré cette directive nationale. En effet, aucune politique de vaccination contre l'hépatite B n'est en vigueur dans ce centre. Cependant, ce taux est meilleur que ceux retrouvés chez les victimes d'AES au Maroc (30,2 %) [5], au Burkina Faso (40,5 %) [9]. Dans les pays développés, la couverture vaccinale contre l'hépatite B varie entre 87 et 98,3 % [10], [11].

4.2 MÉCANISME ET CIRCONSTANCES DE SURVENUE DES ACCIDENTS D'EXPOSITION AU SANG (AES)

Le mécanisme de survenue de l'accident le plus fréquent est la piqûre. Ce même constat est retrouvé au Bénin avec un taux de 68,3% [12]. Cette fréquence s'explique par le fait que certains actes médicaux couramment et quotidiennement effectués dans les services de soins tels que les prélèvements de liquides biologiques, les injections ou les sutures, sont des occasions fortement susceptibles de générer des accidents d'exposition au sang (AES) à type de piqûre.

Les gestes en cause sont dominés par la pose de cathéter, les sutures chirurgicales et les prélèvements contrairement au Bénin où le recapuchonnage d'aiguille (19,2%) et le ramassage d'objets piquants (16,3%) sont les gestes les plus pourvoyeurs d'accident [12].

4.3 SUIVI DES VICTIMES D'AES

La déclaration systématique et rigoureuse des AES, permet un suivi sérologique adapté des victimes, un traitement prophylactique efficace, une reconnaissance médico-légale pour une possible indemnisation en cas d'accident de travail. Lors d'une piqûre, le risque de transmission virale du patient vers le soignant est estimé à 10-40 % pour le VHB, 2,1 % pour le VHC et 0,32 % pour le VIH [2]. Dans nos résultats, aucune séroconversion n'a été observée. La non-poursuite du suivi des victimes sur un an constitue une limite de notre étude. Toutefois, les cas de HIV positifs chez les patients sources (n=4), montrent le risque encouru par les victimes d'accident d'exposition au sang (AES).

En ce qui concerne le suivi psychologique, 81,8% des victimes étaient anxieuses. En effet, l'exposition à cet événement soudain et inattendu pouvant générer un risque de contamination au VIH ou à l'hépatite B, est difficilement vécue. Cette situation d'angoisse est alimentée et maintenue par un sentiment de danger, de panique, de culpabilité, de démotivation, de colère. Cela aboutit chez certains professionnels exposés à plusieurs reprises à une situation de désinvolture, voire de légèreté.

Ce déni conduit ces derniers à ne plus tenir compte des directives de sûreté en s'acquittant de leurs tâches. Le danger devient inexistant à leurs yeux. Cet état affecte la vie professionnelle des victimes mais également leur vie privée. Ainsi, la structure est confrontée à une majoration des accidents d'exposition au sang (AES) et à une démotivation grandissante du personnel.

4.4 DÉTERMINANTS DES AES

4.4.1 FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ET ORGANISATIONNELS

Le personnel du centre hospitalier régional de Kolda est confronté à des conditions de travail difficiles. Le matériel de travail est souvent obsolète et insuffisant.

Sur le plan **environnemental**, les travailleurs effectuant des gardes nocturnes sont confrontés au défaut d'éclairage qui est susceptible de majorer le risque d'accident. En effet, plusieurs couloirs et salles d'hospitalisation du centre sont mal ou non éclairés impactant négativement sur la qualité et la précision des actes de soins à exécuter.

Sur le plan **organisationnel**, l'organisation du travail est affectée par le déficit de personnel. Les professionnels sont souvent confrontés à la surcharge de travail, conséquence du déficit de personnel qualifié entraînant le recours à des aides-soignants exerçant des travaux dévolus aux infirmiers. De surcroît, Cette organisation est rendue également défailante par le non-respect des horaires de visite. De plus, la mauvaise gestion des conteneurs de sécurité tantôt débordés ou perforés constitue un danger pour les professionnels.

4.4.2 FACTEURS PSYCHOLOGIQUES

Le stress et la fatigue ont été parmi les facteurs de risque d'AES les plus énumérés par les professionnels (respectivement 50% et 52%). Cela peut s'expliquer par la confrontation quotidienne à la pression de travail, à la surcharge de travail, à la souffrance, à la détresse émotionnelle, et à la mort. En effet, le stress en milieu de travail a des effets négatifs sur l'organisation hospitalière. Il majore le risque de situations conflictuelles, sans oublier les blessures, les accidents d'exposition au sang (AES) et les arrêts maladies [13]. Il contribue à renforcer de manière négative la pression sur le personnel. Cette dynamique aboutit à un cercle vicieux.

4.4.3 FACTEURS PROFESSIONNELS

4.4.3.1 DÉFAUT DE CONNAISSANCES DES VICTIMES SUR LES ACCIDENTS D'EXPOSITION AU SANG (AES)

73,5% des victimes reconnaissent l'absence de sensibilisation sur les AES (mesures préventives et procédures de prise en charge). En effet, 67,6% ignoraient les risques infectieux en cas d'AES et 61,7% ignoraient les procédures de prise en charge. Ce manque d'informations impactait négativement sur la précocité et la qualité de la prise en charge des victimes d'AES. Il contribuait à accroître aussi les risques encourus et la sous déclaration.

4.4.3.2 HABITUDES ET PRATIQUES PROSCRITES

Certaines pratiques proscrites à l'instar du recapuchonnage et du saignement sont couramment observées. A cela, il faut ajouter le port non systématique des gants avec les risques encourus.

4.4.3.3 DÉFAUT DE TECHNICITÉ

Certains actes pratiqués liés à un défaut de formation renforcent le risque d'accident. Il s'agit du mauvais usage des gants, de l'interruption de la tâche par un tiers traduisant un manque d'expérience professionnelle, d'où la nécessité de renforcer la formation des travailleurs.

4.5 PRÉVALENCE

49,3% des professionnels ont été au moins victime d'un AES. Cette prévalence élevée est liée au manque d'expérience professionnelle, à une multitude de paramètres notamment l'absence de sensibilisation sur les accidents d'exposition au sang (AES), le non-respect voire l'ignorance des mesures de protection universelles et cela, malgré la manipulation courante et quotidienne d'objets tranchants, piquants et le contact récurrent avec le sang et les autres liquides biologiques. De surcroît, il faut considérer la pratique courante de gestes proscrits tels que le recapuchonnage d'aiguille, le port non systématique de

gants lors des actes de soins, la mauvaise gestion des déchets biologiques. D'autres études africaines ont rapporté des prévalences plus élevées, notamment au Nigeria (93%) [7] et en Côte-d'Ivoire (60%) [14].

Parmi les accidentés, 66,7% ont déclaré l'accident au médecin du personnel contrairement au Maroc où un taux de déclaration plus bas a été rapporté soit 7,7% [15].

33,3% des victimes recensées n'ont pas déclaré l'accident, d'où l'urgence d'insister sur la formation et la sensibilisation. Les motifs les plus manifestes sont notamment le refus, l'ignorance et la banalisation du risque. En effet, la répétition des accidents d'exposition au sang (AES) chez certains professionnels, contribue à accroître la banalisation et la sous déclaration. Toutefois, il existe un registre de déclaration au niveau du service de médecine générale et au niveau du laboratoire où sont recensées et suivies les victimes. Malgré tout, cette organisation a une limite car ne permet pas de prendre en compte l'exhaustivité des accidents d'exposition au sang (AES).

Les services les plus pourvoyeurs d'AES sont la maternité, les urgences et la pédiatrie. En effet, la profession de soignant dans les maternités est l'une des plus à risque d'AES [16]. Nos résultats sont conformes à cette observation. Le service de maternité du Centre hospitalier de Kolda est le lieu où la prévalence des AES était la plus élevée (25%). Cela s'expliquerait par certaines spécificités inhérentes très exposantes telles que la projection oculaire de sang au moment de l'accouchement, la réalisation de voies veineuses à répétition et des épisiotomies. Au niveau du service des urgences, la réception de malades souvent en situation de détresse vitale et/ou émotionnelle, parfois agités, dans les suites de circonstances telles que les accidents de la voie publique, contribue à accroître le stress des professionnels avec tous les risques inhérents.

En ce qui concerne la pédiatrie, certaines contraintes particulières liées à l'âge, à la taille, au poids, à la fragilité du réseau veineux superficiel, souvent peu visible des enfants, majorent la difficulté et la délicatesse de réaliser certains soins et gestes à l'instar des voies veineuses. La survenue d'agitation secondaire à la douleur déclenchée par de tels actes rend la tâche délicate et majore le risque d'accident d'exposition au sang (AES).

Le laboratoire à l'instar des services médicaux est également concerné. Au-delà des soignants, le risque n'épargne pas les brancardiers et les techniciens de surface. Cela renforce la nécessité de sensibiliser tout le personnel.

5 CONCLUSION

Les accidents d'exposition au sang (AES) constituent une réalité au Centre hospitalier régional de Kolda. Ils exposent le personnel à une contamination au VIH et à l'hépatite B. De surcroît, ils génèrent une anxiété majeure chez ce personnel et un sentiment de démotivation contribuant à l'installation d'un cercle vicieux. Nous préconisons un certain nombre de stratégies afin de réduire la prévalence de ces AES. La création d'un service de médecine du travail pilotant la politique de sensibilisation de l'établissement sur les accidents d'exposition au sang (AES) peut y contribuer. De même, la disponibilité permanente du matériel de protection est indispensable. Le soutien psychologique du personnel est également une nécessité. La plupart des accidents d'exposition au sang (AES) sont évitables par l'application des précautions standards d'où, la nécessité d'impliquer tous les acteurs de la structure pour minimiser ce fléau. A cela, il faut ajouter la généralisation de la vaccination antivirale B qui est d'une importance capitale pour lutter contre l'hépatite virale B d'origine professionnelle.

REFERENCES

- [1] Louis N., Vela G., et le Groupe Projet. Evaluation de l'efficacité d'une mesure de prévention des accidents d'exposition au sang au cours du prélèvement de sang veineux. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 2002 ; 51 :260-1.
- [2] Abiteboul D, Forestie-Auter AF, Domart M et al. Accidents avec exposition au sang –I. Prise en charge des professionnels de santé. *Concours Med* 2000; 122 (7):471-6.
- [3] Tarantola A, Abiteboul D, Rochine A. Infection risks following accidental exposure to blood or body fluids in health care workers: a review of pathogens transmitted in published cases. *Am J Infect Control* 2006; 34:365-75
- [4] O. Laraqui, S. Laraqui, D. Tripodi, et al. "Evaluation des connaissances, attitudes et pratiques sur les accidents d'exposition au sang en milieu de soins au Maroc." *Médecine et maladies infectieuses* 2008 ; 38 :658–666.
- [5] Djeriri K, Charof R, Laurichesse H, et al. Comportement et conditions de travail exposant au sang : Analyse des pratiques dans trois établissements de soins au Maroc. *Med Mal Infect* 35: 396-401
- [6] Florentin A, Giorgi M, Louet M. " Accidents de travail avec exposition au sang survenus en 1994 dans trois établissements pédiatriques de l'AP-HP." *Arch Mal Prof* 1997 ; 58(4) : 346–7.
- [7] Olobuyide IO, Olawuyi F. Self reported incidence of accidental exposures to patients' blood and body fluids by resident doctors in Nigeria. *J R Soc Health* 1995; 115(4): 235–41.

- [8] YeboueKouam BY, Bonny JS, Wognien SB et al. Comportement et surveillance des salariés victimes d'AES au CHU de Yopougon, Abidjan. *Arch Mal Prof* 1998 ; 59(6) :413-61.
- [9] Zabsonre T, Trinh Minh T. Prévention des risques d'exposition aux infections des praticiens de santé au Burkina Faso : étude à propos de 200 agents de santé. *Méd Mal Infect* 2008; 38:S138
- [10] Koziol DE, Henderson DK. Risk analysis and occupational exposure to HIV and HBV. *Cur Op Inf Dis* 1993;6:506-10
- [11] Rabaud C, Guillemin F, Mur JM, et al. Etude du comportement du personnel hospitalier face aux accidents avec exposition au sang : recherche de relation entre personnalité et comportement. *Arch Mal Prof* 1997;58:512-21
- [12] Gounongbé F.C.A., Ayélo A.P., Aguemon B., et al. Facteurs de risques des accidents d'exposition au sang chez les professionnels de la santé de la zone sanitaire Parakou-N'dali (nord Bénin). *Rev CAMES SANTE* 2013; 1(1): 11-15
- [13] Hutri M, M. Lindeman. The role of stress and negative emotions in an occupational crisis. *Journal of Career Development* 2002; 29(1): 19- 36.
- [14] S.P. Eholie, E. Ehui, B.Y. Yebouet-Kouame, et al. Analyse des pratiques et connaissances du personnel soignant sur les accidents d'exposition au sang à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Med Mal Infect* 2002;32 :359-68.
- [15] Younes Azzouzi, Mohamed EL Bakkali, Abderrazzak Khadmaoui, et al. Les accidents avec exposition au sang chez les soignants: connaissances, attitudes, pratiques et prévention dans la région de Gharb au Maroc. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2014; 7(2):557-70
- [16] A. Vincent, M. Cohen, C. Bernet, et al. Les accidents d'exposition au sang chez les sages-femmes dans les maternités françaises. Les résultats de la surveillance nationale en 2003. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction* 2006;35(3) :247-56.

Faible appropriation des projets par les communautés partenaires de l'ONG Plan International Togo (PIT), Unité de programme de Sokodé au Togo

[Low ownership of projects by the partner communities of the NGO Plan International Togo PIT), Sokode Program Unit in Togo]

Abasse Tchagbèlè

Maître-Assistant en Sociologie, Université de Kara, BP 404, Togo

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

ABSTRACT: The rural communities benefiting from PIT NGO's funding struggle to take ownership of the projects carried out in their localities, despite their participation. This is the case of the communities in the area of intervention of the Sokodé Program Unit which has 256 villages in the prefectures of Tchoudjo and Tchamba.

This article aims to identify the factors that explain the non-continuation of projects after the end of their funding. Thus, while all the respondents state that PIT is the initiating institution of participatory diagnoses, they are 8,08% of respondents to find effective the training of the facilitators (external and local), against 63,64% who consider it less effective and 28,28% who find it completely ineffective.

In addition, 100% of the members of the ad-hoc committees, against 60% and 40% of those of CVD, 75% and 25% of agents partners and 20% and 10% of agents of PIT, respectively recognize in this NGO and communities, the structures that identify the projects to be carried out. Moreover, during the implementation of the projects, all the respondents denounced the haste with which the community trainings are organized, the lack of practices on the ground after the sessions in theaters and the post-project monitoring mechanism.

All these factors are the result of the injunctions and deadline requirements that International Plan has to face from the donors and the combined lack of qualified resources within the partner structures for the development of a mobilization mechanism. funding, as well as post-project monitoring.

KEYWORDS: Community Participation, Participatory Diagnosis, Community Capacity Building, Development Projects, PIT, Technical Partners, Community Organizations, Project Failure.

RÉSUMÉ: Les communautés rurales bénéficiaires des financements de l'ONG PIT peinent à s'approprier les projets réalisés dans leurs localités pourtant avec leur participation. C'est le cas des communautés de la zone d'intervention de l'Unité de Programme de Sokodé qui compte 256 villages dans les préfectures de Tchoudjo et de Tchamba.

Cet article se propose d'identifier les facteurs explicatifs de la non poursuite des projets après la fin de leurs financements. Ainsi, si tous les enquêtés affirment que PIT est l'institution initiatrice des diagnostics participatifs, ils sont 8,08% d'enquêtés à trouver efficace la formation des facilitateurs (externes et locaux), contre 63,64 % qui la jugent moins efficace et 28,28 % qui la trouvent complètement inefficace.

En outre, 100% des membres des comités ad-hoc, contre 60% et 40% de ceux de CVD, 75% et 25% d'agents partenaires et 20% et 10% d'agents de PIT, respectivement reconnaissent en cette ONG et des communautés, les structures qui identifient les projets à réaliser. Par ailleurs, durant la mise en œuvre des projets, tous les enquêtés dénoncent la précipitation avec laquelle s'organisent les formations communautaires, l'absence de pratiques sur le terrain après les séances en salles et de mécanisme suivi post-projet.

Tous ces facteurs sont la résultante des injonctions et des impératifs de délai auxquels doit se soumettre PIT de la part des bailleurs de fonds et de l'absence conjuguée de ressources qualifiées au sein des structures partenaires pour l'élaboration d'un mécanisme de mobilisation des financements, ainsi que celui de suivi post-projet.

MOTS-CLEFS: Participation communautaire, diagnostic participatif, renforcement des capacités communautaires, projets de développement, PIT, partenaires techniques, organisations communautaires, échec des projets.

1 INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, les institutions internationales de développement telles que la Banque mondiale et le PNUD et les organisations non gouvernementales, n'ont cessé d'appuyer les processus de développement en faveur des pays pauvres. Ces appuis sont organisés autour des plans et programmes divers et ont permis la réalisation de multiples projets, dont les objectifs visés sont entre autres, d'accroître l'accès des populations aux services sociaux de base de qualité, d'améliorer la qualité de la vie, le bien-être social et d'assurer leur épanouissement. Malheureusement, nombre de ces projets échouent pour de multiples raisons. Au nombre de celles-ci, l'on peut évoquer les stéréotypes sur les acteurs locaux (Olivier De Sardan, J.-P., 1995), l'ignorance des contextes sur lesquels on pense agir (Hobart M. ed., 1993), les analyses peintes aux couleurs des promoteurs du projet suivant leurs intérêts et objectifs (Naudet D., 1999), l'ignorance des réalités locales par la logique technicienne d'équipes (Philippe Lavigne Delville, 2015), l'ignorance des réalités sociales des régions d'intervention, la méconnaissance des logiques sociales, économiques ou techniques des populations que l'on veut « développer » (Yao Assogba, 1993), etc..

Consciente de cette situation, l'ONG PIT (PIT) depuis 2003, a fait du processus participatif, une stratégie d'intervention en milieu rural qui responsabilise les populations dans la promotion de leur développement. Ce processus aboutit à la réalisation des projets dans un certain nombre de ses domaines d'intervention. Entre autres réalisations, l'on peut citer les projets d'installation des infrastructures scolaires, d'eau et d'assainissement. Mais paradoxalement, la plupart de ces projets s'arrêtent toutes les fois que prennent fin les financements et s'apparentent aux « éléphants blancs dans les projets africains (Pascal Henchoz, 2016). Et pourtant les activités sont mises en œuvre en partenariat avec les ONG et les services techniques de l'Etat. Du coup, les acquis desdits projets sont bien loin d'être pérennes et limitent l'impact sur les bénéficiaires. Ce qui suscite chez nous étonnement et curiosité quant aux raisons qui expliquent une pareille situation.

Ainsi, l'objet du présent article, est de nous interroger sur les facteurs explicatifs de la non pérennité des projets réalisés dans les communautés rurales des préfectures de Tchaoudjo et de Tchamba.

A cet effet, il se pose un certain nombre de questions auxquelles tenterait de répondre cet article, à savoir, (i) comment les populations bénéficiaires de projets expliquent-elles l'arrêt de ceux-ci après la fin des financements ? Comment est-ce que les populations participent aux cycles de gestion des projets réalisés avec l'appui de l'ONG PIT ? (ii) quels sont la structure et le fonctionnement du système de suivi-évaluation en vigueur au sein de cette institution ? (iii) quelle est l'efficacité du mécanisme de renforcement des capacités des acteurs dans la mise en œuvre des projets ? (iv) quelle est la stratégie de partenariat en vigueur dans cette institution ?

Pour répondre à ces questions, l'article sera structuré autour des centres d'intérêts tels que la démarche méthodologique, le cadre théorique de référence de la recherche, les résultats et les discussions.

2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

La démarche méthodologique adoptée dans la présente recherche repose sur l'analyse quantitative et qualitative à travers l'utilisation d'un nombre assez important d'outils au regard de l'importance du sujet et de la problématique définie.

PIT, depuis de longues années, intervient dans 256 villages de l'Unité de Programme de Sokodé composée des préfectures de Tchaoudjo et de Tchamba. Depuis le démarrage des opérations de cette institution dans ces communautés, celles-ci ont bénéficié déjà d'au moins un projet et sont par conséquent toutes concernées par la présente étude. Ainsi, sur la base d'un taux de sondage statistiquement acceptable de 10% appliquée à ces villages, il a été retenu en tout 26 villages dont 14 dans Tchaoudjo et 12 dans Tchamba et ce en fonction du nombre de villages que compte chaque préfecture. La procédure employée à cet effet, a été le tirage au sort. Du point de vue organisationnel, tous ces villages disposent de comités villageois de développement (CVD), de comités eau et de comités éducation nécessaires pour cette recherche. En raison des ressources disponibles pour l'enquête, seule une personne a été retenue dans chaque comité, sur la base de son dynamisme, son niveau d'instruction, son niveau de connaissance des problématiques communautaires et surtout sa participation aux projets; ce qui

fait au total 3 personnes dans chaque communauté et 78 dans les 26 villages retenus. En outre, PIT compte treize partenaires intervenant sur des projets. Au sein de chaque institution partenaire, a été choisi soit un coordinateur de projet ou un agent de terrain; ce qui fait au total 13 personnels des partenaires techniques de PIT. Quant à PIT, le personnel retenu est composé d'un responsable de programme et de 2 responsables de suivi-évaluation, au niveau du bureau national, du directeur adjoint de l'Unité de Programme de Sokodé, des 2 coordinateurs de zone (Tchaoudjo et Tchamba) et de 2 facilitateurs communautaires à raison d'1 par préfecture, soit 8 personnes au total.

Les techniques de collecte utilisées sont les suivantes :

- L'enquête par questionnaire menée auprès de 78 membres d'organisations communautaires sur les thématiques de participation aux projets, de mise en œuvre et suivi-évaluation des projets, de renforcement des capacités communautaires et sur les raisons de l'arrêt des projets à la fin de leurs financements, etc...
- Dix-huit entretiens individuels réalisés avec le personnel de PIT et de ses partenaires sur les mêmes thématiques que celles-ci-dessus
- Une étude documentaire faite sur les rapports de projets, d'activités, de diagnostic participatif, de suivis et d'évaluation, de formation, le système de suivi-évaluation des projets ainsi que sur les documents scientifiques des chercheurs en sciences sociales notamment.
- Des visites de projets organisées dans certains villages pour voir de visu les projets en question.

Le traitement des données quantitatives issues des enquêtes a été fait sur EPI Data et leur transfert sur SPSS pour les analyses, alors que celles qualitatives ont été présentées par le biais de l'outil, l'analyse thématique de contenu.

3 CADRE THÉORIQUE DE RÉFÉRENCE

Notre recherche, s'inscrit dans les théories du développement local et participatif développées par un certain nombre de chercheurs en sciences sociales notamment sur lesquels nous nous baserons pour alimenter cette importante partie.

En effet, les premiers d'entre eux auxquels nous allons nous intéresser sont Valérie Angeon et Jean-Marc Callois (2005). Ainsi, d'après eux, le développement local désigne une dynamique d'initiatives locales (privées ou publiques) qui met en mouvement des acteurs. Ces derniers qui se réunissent autour d'un projet – dont le principe de valorisation de ressources est l'essence – font collectivement par ce biais exister le territoire. L'élaboration de projets se concrétise à travers la mobilisation des acteurs autour d'une stratégie commune. Elle trouve sa traduction opérationnelle dans une programmation cohérente d'actions. Le développement local peut être ainsi assimilé à un cadre favorable à l'action collective au sein duquel le territoire se construit.

L'aboutissement de l'action collective suppose que les acteurs parviennent à s'entendre sur les objectifs visés et les moyens de les atteindre. La mise en cohérence des diverses représentations du territoire que portent les acteurs est, en effet, le garant d'une dynamique effective de coopération. Au sein d'un territoire, la coopération entre acteurs se matérialise à travers l'établissement de partenariats locaux. Ces réseaux d'acteurs locaux renforcent la cohésion sociale et favorisent la cohérence territoriale. Cette cohérence peut elle-même être renforcée et rendue plus efficace par un cadre institutionnel adapté.

Pour Bah Isaak Kouakou (2014), le concept de développement local est apparu dans un contexte où la vision centralisée de l'Etat était critiquée par certains acteurs locaux. Ces derniers considéraient que le développement d'un territoire devait prendre en compte les besoins et les aspirations des habitants. Une nouvelle logique d'autonomie est alors revendiquée vis-à-vis des centres décisionnels, politiques ou économiques. Le développement local se rapporte ainsi à des actions partenariales entre des acteurs intéressés à l'amélioration des conditions de vie dans leur environnement immédiat. C'est vers la fin des années 1950 que prend forme la théorie du développement endogène avec les chercheurs comme John Friedman et Walter Stöhr. Une approche volontariste, qui conçoit le développement comme une démarche partant du bas et privilégiant les ressources endogènes.

Aussi, d'après Jean-Pierre Chauveau et Philippe Lavigne Delville (2013), dans le champ de l'aide internationale, la notion de développement participatif (DP) désigne un ensemble d'approches et de techniques qui ont en commun de valoriser l'implication des populations et partenaires aidés dans la définition et/ou la mise en œuvre des interventions, en opposition à des formes d'intervention externes (parfois en partie « réinventées » *ex post*) technicistes, autoritaires, « descendantes ». Le principe du développement participatif, tel qu'il est conçu depuis l'époque coloniale à l'usage des pays en voie de développement (PVD), a des liens idéologiques et institutionnels clairs, mais encore peu analysés, avec celui du « développement communautaire », « local » ou « participatif » dans les pays industrialisés, notamment en Grande-Bretagne et aux États-Unis. La notion de participation implique toujours l'idée d'une action, menée par ou avec l'appui d'acteurs

extérieurs, pour moderniser, transformer, autonomiser, voire « régénérer », des communautés dont les capacités propres d'évolution sont considérées comme entravées par des circonstances historiques particulières (enclavement, colonisation, régime politique, guerre, crise, marginalisation, etc.).

Jean-Pierre Chauveau (1992) évoque pour sa part, trois thèses qui éclairent d'un jour un peu différent la nature et ce que l'on peut attendre du programme présumé alternatif de développement fondé sur la participation : 1) Sur le plan de l'histoire des idées, il semble patent que la "participation des populations" a très tôt constitué la pierre angulaire des conceptions en matière de développement rural ; elle constitue en réalité le modèle de référence des discours "développementalistes" depuis la fin de la première guerre mondiale ; 2) Sur le plan de l'histoire des organisations de développement, on peut observer de la même manière une très forte continuité dans le type de structure suscité par le secteur du développement en milieu paysan : dès la période de l'entre-deux-guerres, les administrations coloniales mettent en place et encouragent des structures inspirées par le modèle participatif : sociétés indigènes de prévoyance, mutuelles, coopératives, associations ; 3) Il est difficile d'opposer radicalement, d'une part les tentatives "anciennes" d'associer les paysans au développement, qui seraient caractérisés au mieux par une simple rhétorique participative, et, d'autre part, les pratiques récentes des structures contemporaines de développement "à la base" qui seraient capables de mettre en œuvre une participation effective. L'on semble ainsi avoir affaire à une configuration à la fois intellectuelle, culturelle et sociale à peu près constante, typique du dispositif institutionnel du développement tel qu'il s'est cristallisé à partir de la Première Guerre mondiale tant dans les métropoles que dans les colonies africaines d'alors, et tel qu'il s'est reproduit depuis sans grand changement. Le "modèle participatif" de développement rural est-il "alternatif" ?

4 RÉSULTATS

4.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES ENQUÊTÉS.

Pour rappel, il faut préciser que les acteurs ayant participé à l'enquête sont essentiellement issus des organisations communautaires.

Tableau 1. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés

N°	Structure	Nombre	Effectif des enquêtés	%
1	CVD	26	26	26,26
2	Comités éducation	26	26	26,26
3	Comités eau	26	26	26,26
6	Partenaires de PIT	13	13	13,13
7	Personnels de PIT	8	8	8,08
Total		99	99	100

Source : Données de l'enquête, mai 2018

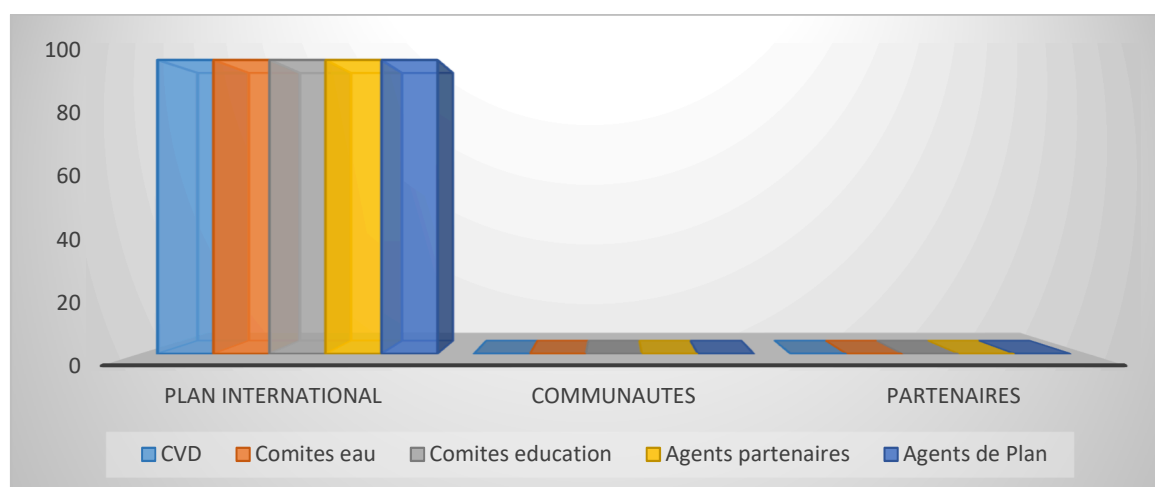
D'après le tableau ci-dessus, au total 78 membres d'organisations communautaires, 13 agents des structures partenaires et de 8 agents de PIT, ont été visités. Les structures communautaires sont représentées ici par les CVD, les comités eau et les comités éducation identifiés en fonction des projets qui se sont arrêtés après le retrait du financement. Retenons qu'en général dans les communautés, les CVD se réduisent à leurs présidents de par leur dynamisme et engagement en faveur du développement de leurs localités. Les autres membres brillent souvent par leur faible motivation dans la participation communautaire étant donné qu'en général le travail se fait de façon bénévole. Mais en tous les cas, ils sont beaucoup plus dynamiques que les membres des comités spécialisés dont certains ignorent même leurs rôles et responsabilités.

4.2 DÉMARCHE D'IDENTIFICATION DES PROJETS DE DÉVELOPPEMENT APPUYÉS PAR L'ONG PIT

La poursuite d'un projet même après la fin des financements s'explique d'après des chercheurs par plusieurs facteurs, notamment le faible respect des principes de la démarche participative. Qu'en est-il exactement des communautés rurales des préfectures de Tchaoudjo et de Tchamba où de nombreux projets ont arrêté après le retrait des bailleurs de fonds ? La description et l'analyse de la démarche participative dans la gestion des projets à l'ONG PIT permettent de traiter cette question.

4.2.1 RÉALITÉ DES DIAGNOSTICS PARTICIPATIFS ET DE LA PLANIFICATION DES ACTIONS DE DÉVELOPPEMENT À L'ONG-PIT

L'ONG PIT inscrit ses actions dans la démarche participative depuis pratiquement plus de 20 ans avec notamment l'organisation des diagnostics participatifs assortis de l'élaboration des plans d'action villageois (PAV). Elle dispose d'importantes ressources humaines qualifiées rompues aux tâches d'organisation et de réalisation des actions participatives, à savoir le renforcement des capacités des facilitateurs externes et locaux pour conduire et animer les processus de collecte, d'analyse des données, d'élaboration des documents PAV et des rapports de diagnostic. Ce sont des moments passionnants et intenses où l'on apprend beaucoup, nous a confié un agent de terrain qui visiblement en est très satisfait dans la mesure où renchérit un membre de CVD, « nous travaillons beaucoup et apprenons de nouvelles manières de faire intéressantes ». Même son de cloche chez les partenaires d'ONG et de services étatiques qui n'ont pas tari d'éloges les processus participatifs qui leur font découvrir les réalités d'une localité grâce à la manipulation d'une panoplie d'outils. Au-delà de ces témoignages sur l'importance des processus participatifs promus par PIT, les acteurs relèvent de sérieux manquements constatés dans la démarche de préparation et d'organisation de ces processus. Ces manquements sont résumés dans le graphique ci-après :



Graphique 1 : Répartition des enquêtes par rapport à la structure initiatrice des diagnostics participatifs

Source : Enquête menée en juillet 2018

Les statistiques présentées sur le graphique ci-dessus sont sans appel en ce qui concerne la structure initiatrice des diagnostics participatifs. Les enquêtés, qu'ils soient communautaires, agents des ONG partenaires de PIT ou même agents de PIT, sont tous unanimes pour reconnaître que celle-ci est l'initiatrice des diagnostics participatifs et de l'élaboration des plans d'action villageois.

En effet, d'après un facilitateur de développement communautaire (FDC) de PIT, rejoint par des agents de terrain d'organisations partenaires, l'idée d'organiser les diagnostics participatifs n'émane pas des communautés bénéficiaires. L'initiative est prise par PIT et partagée avec ses partenaires techniques. Celle-ci planifie le processus et invite les communautés à y participer « pour qu'enfin on en reconnaisse un caractère participatif » d'après un membre de comité. C'est « une participation communautaire de façade dans la mesure où l'initiative n'est pas l'émanation des communautés elles-mêmes », dénonce un membre de CVD. Les agents de PIT interrogés sur cette question, ne cachent pas leur peine de toujours demander aux communautés « de se réveiller et de prendre leur destin en mains ». Plutôt que de charger PIT comme le font les autres acteurs, ils relèvent les difficultés rencontrées par leur institution d'appartenance et surtout les contraintes temporelles qui les obligent eux-mêmes à prendre l'initiative avant d'encourager les communautés à y adhérer. Ce qui forcément limite l'esprit véritablement participatif du processus, reconnaissent-ils.

Par ailleurs, les enquêtés sont également nombreux à révéler l'inefficacité des mécanismes de renforcement des capacités lors des exercices participatifs. Les détails sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2. Répartition des enquêtés par rapport à leur opinion sur l'efficacité des mécanismes de renforcement des capacités lors des diagnostics participatifs

Enquêté	Efficace	Inefficace	Moyennement efficace	Total	%
CVD	0	6	20	26	26.26
Comites eau	0	10	16	26	26.26
Comites éducation	0	12	14	26	26.26
Agents partenaires	8	0	5	13	13.13
Agents de Plan	0	0	8	8	8.08
Total	8	28	63	99	100
%	8,08	28,28	63,64	100	--

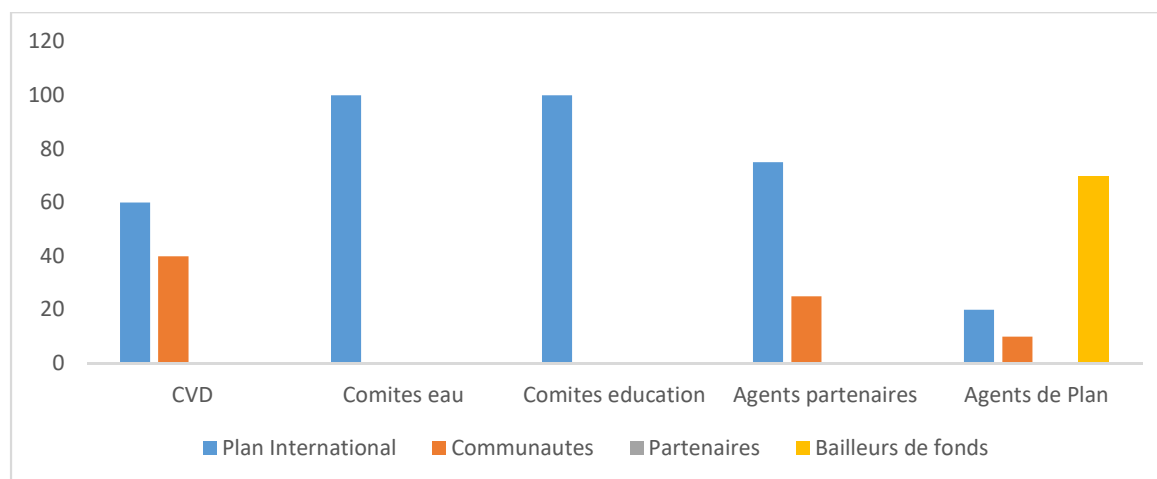
Source : Enquête menée en juillet 2018

Outre les réunions préparatoires de l'équipe d'appui, les processus participatifs démarrent très souvent par les séances de formation des facilitateurs externes et locaux sur les outils de diagnostic participatif. Ces séances sont destinées à renforcer les capacités des acteurs en vue de leur permettre d'assurer la collecte, l'analyse des données et la production des rapports sans oublier l'élaboration des plans d'action villageois (PAV). Mais, pour 63,64 % de personnes interrogées lors de l'enquête, ces initiatives brillent par leur faible efficacité, contre 28,28 % d'entre eux qui les trouvent plutôt inefficaces. En revanche, seuls 8,08 % des enquêtés pensent qu'elles sont efficaces. Les 28,28 % sont exclusivement les membres des organisations communautaires qui jugent inefficaces les séances de formations à l'endroit des facilitateurs locaux, en raison disent-ils, de la durée très limitée des formations qui prédisposent ceux-ci à la faible maîtrise des outils de diagnostic. Ils ajoutent qu'en pareilles circonstances, les acteurs communautaires, bien que formés, ne sont jamais en mesure de conduire eux-mêmes les ateliers de diagnostic si ce n'est la mobilisation des informateurs et l'appui des facilitateurs externes sur certaines réalités communautaires. A ce sujet, un agent de terrain dénonce ce qu'il a appelé « la formation à la va-vite » qui n'a rien de sérieux pour assurer un transfert de compétences comme ce devait être. Pour les mêmes raisons que celles ci-dessus évoquées, les 63,64% d'enquêtés jugent ces séances de formation moyennement efficaces en ce sens qu'elles ont au moins permis aux facilitateurs communautaires d'avoir connaissance des outils de diagnostic quittes à ce qu'ils soient suffisamment renforcés avec plus de temps pour qu'ils se les approprient. Pour ce qui est des 8,08% autres, ils trouvent ces séances efficaces en raison du fait qu'elles permettent de conduire le processus jusqu'à terme avec la participation des communautaires qui « ne sauraient pas en si peu de temps maîtriser les outils de diagnostic ». Ce faisant, poursuivent-ils, l'on ne saurait mettre en cause l'efficacité des formations à cause de la durée insuffisante de leur organisation. Ils affirment qu'elles sont plutôt efficaces par ce qu'elles permettent de réaliser sur le terrain en si peu de temps.

4.2.2 PROCESSUS D'IDENTIFICATION DES PROJETS DE DÉVELOPPEMENT DANS L'ONG PIT

Diverses réalités vécues par les acteurs de mise en œuvre des projets dans les communautés donnent lieu à différentes interprétations relatives à la structure à l'origine de l'identification des projets en faveur des communautés. C'est une étape importante et déterminante dans la réussite ou l'échec d'un projet.

Voici dans le graphique ci-dessous, ce qu'il en est dans les communautés bénéficiaires de projets financés par PIT :



Graphique 2 : Répartition des enquêtes selon la structure identifiant les projets

Source : enquête réalisée en juillet 2018

Le choix d'un projet à réaliser dans les communautés est sujette à plusieurs tractations au point où les acteurs s'illustrent par l'absence d'unanimité au sujet de la ou les structure (s) qui identifie (nt) les projets en faveur des populations rurales. Ainsi, tous les membres des comités eau et éducation, contre 60% de ceux de CVD, 75% d'agents partenaires et même 20% d'agents de PIT, tous enquêtés, déclarent que PIT est l'institution qui identifie les projets à réaliser dans les communautés. Ils dénoncent l'absence des bénéficiaires dans le choix des projets réalisés dans un certain nombre de communautés couvertes par cette ONG. Les décisions, disent-ils, sont prises au bureau de l'institution d'appui, notamment le choix des types de projets et des communautés bénéficiaires au cours des séances de travail qui s'organisent entre les chargés de programmes et les facilitateurs de développement communautaire. Dès que les choix sont opérés, les communautés sont invitées à formuler des demandes de projets avec l'appui des FDC en vue de les annexer aux projets élaborés par les FDC sous le format de PIT que les communautés bénéficiaires n'ont pas besoin ni de connaître ni de maîtriser. Voici à ce sujet, le témoignage d'un membre de CVD qui en dit long sur quelques dérapages constatés : « je m'interroge sur l'utilité de nos PAV quand je constate que ces documents ne sont nullement pris en compte dans le choix des projets. Tout nous est parachuté de l'extérieur ». Interrogés sur cette déclaration, les 70% d'agents de PIT disent reconnaître la réalité des faits, et justifient cela par le fait que l'ONG- PIT a des priorités et opère des choix en conséquence et que les bailleurs de fonds proposent à l'institution les domaines autour desquels celle-ci doit préparer des notes conceptuelles afin de bénéficier des financements. A titre d'exemple, les projets de promotion de l'éducation de la jeune fille en milieu rural, du leadership des filles à travers le football ou encore de la réadaptation à base communautaire (RBC), n'ont pas été identifiés par les communautés qui du coup les considèrent comme étant des « projets Plan ». Pour ceux qui pensent que le choix des projets émanent des communautés, notamment 40% de CVD, 25% d'agents d'ONG partenaires et 10% d'agents de PIT, celle-ci fait des propositions de projets dont elle laisse le choix aux communautés. Ils poursuivent en disant que contrairement à ce qu'affirment les autres acteurs, PIT n'identifie pas les projets à la place des communautés, elle donne plutôt des orientations en fonction des objectifs et des priorités nationales qui, reconnaissent-ils, intègrent les priorités communautaires. Ils disent craindre également « la désirabilité sociale » qui consiste à respecter le choix des communautés, qui parfois ne suit aucune logique sérieuse. Parfois même, elles choisissent les mêmes projets que ceux réalisés dans des communautés voisines.

4.3 ANALYSE DES STRATÉGIES DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DES ACTEURS COMMUNAUTAIRES DANS LA MISE EN ŒUVRE DES PROJETS DE DÉVELOPPEMENT

Lorsqu'on parle de durabilité ou encore de pérennité des projets de développement, il n'est pas rare d'évoquer les conditions d'organisation des formations au bénéfice des représentants communautaires qui ont la responsabilité de mener des activités de mise en œuvre des projets. Cela suppose d'explorer l'efficacité de ces formations au regard de leur durée et de leur caractère pratique pendant leur déroulement et l'appropriation des acquis de ces formations par les apprenants.

4.3.1 EFFICACITÉ DES FORMATIONS SUIVIES PAR LES COMMUNAUTAIRES AU REGARD DE LA DURÉE LIMITÉE DE CELLES-CI DANS LA GESTION DES PROJETS

Transférer les compétences nécessite assez de temps et de tact ; ce qui malheureusement n'est pas le cas dans nombre d'initiatives de renforcement des capacités des partenaires communautaires dans le cadre de la mise en œuvre des projets. Tel est en substance le sentiment général des acteurs surtout communautaires qui dénoncent la précipitation avec laquelle ils sont formés pour mettre en œuvre et suivre les projets. La formation des acteurs est une activité parmi tant d'autres de la mise en œuvre des projets. Elle nécessite à ce titre, du temps et devait être autant importante que les autres activités. Mais les réalités de la mise en œuvre des projets sont telles qu'à titre d'exemple et d'après un gestionnaire de projet interrogé sur cette question, « la dimension technique des projets à l'ONG-PIT comme un peu partout d'ailleurs, a plus de considération que leur dimension humaine qui pourtant devait être la plus importante en raison du fait que ce sont les hommes, fussent-ils des bénéficiaires, qui mettent en œuvre des projets ». Un agent d'une ONG partenaire ne dédouane pas lui non plus PIT. Celui-ci estime les temps de formations largement insuffisants pour espérer une réaction de la part des communautaires. Il poursuit en traçant quelques pistes en ce sens que, d'après lui « en principe, la formation des acteurs communautaires, plutôt que d'être ponctuelle, devait se faire en continu, afin de leur transmettre efficacement et durablement les compétences pour la gestion de leurs projets ». Interrogé sur ce sujet lors de l'enquête, un responsable de programme de PIT, invoque comme plus haut, les échéances, les clauses des contrats et conventions signés avec les bailleurs de fonds que l'ONG-PIT est obligée de respecter afin d'appuyer la réalisation des projets dans les délais. Ce qui constitue un véritable casse-tête quant à l'appropriation communautaire des projets qui reste un défi à relever, souligne-t-il.

4.3.2 EFFICACITÉ DES FORMATIONS À L'ÉPREUVE DE L'ABSENCE D'EXERCICES PRATIQUES SUR LE TERRAIN

Tous les enquêtés de toutes catégories confondues disent ne pas comprendre qu'il n'y ait presque jamais de pratiques sur le terrain à l'issue des formations en salles dont bénéficient les acteurs communautaires. Si quelques efforts sont faits pour les simulations, les sorties de terrain ou mieux les exercices d'application pour renforcer la compréhension des participants sont plutôt rares voire inexistantes. Même les évaluations pré et post-formation ne sont pas systématiques. Les enquêtés se disent abasourdis par une telle attitude des responsables de Plan qui « n'aident véritablement pas les acteurs communautaires à assumer pleinement leur rôle et à s'approprier les processus ». Un exemple illustrant cet état de fait est celui évoqué par un membre d'un comité eau en ces termes : « je suis membre d'un comité eau qui d'ailleurs n'a jamais véritablement fonctionné. Je suis un artisan réparateur au sein dudit comité, j'ai suivi une formation pendant laquelle je n'ai pas eu l'occasion de faire la pratique, notamment autour d'un point d'eau déjà en panne; même s'il n'en existait pas dans mon village, pour des besoins d'efficacité on devait aller dans d'autres villages pour le faire, mais hélas ». Une deuxième déclaration est celle d'un membre d'un comité éducation qui reconnaît avoir participé à des séances de formation lors de la mise en œuvre du projet de promotion de l'éducation de la jeune fille, mais il se dit aujourd'hui incapable d'appuyer sa communauté quelques années après la fin dudit projet en raison dit-il, de n'avoir pas eu le temps de s'exercer suffisamment après les formations. Il dénonce le fait d'avoir privilégié les conditions de mise en œuvre des activités au détriment de la capacité des communautaires à assumer leurs responsabilités. Le développement du capital humain est un facteur de qualité et de réussite des projets ; c'est le moins que l'on puisse retenir des différentes interventions passées au peigne-fin.

4.4 FAIBLE EFFICACITÉ DU SYSTÈME DE SUIVI-ÉVALUATION DES PROJETS

La plupart des projets réalisés avec l'appui de PIT font rarement l'objet de suivi après le retrait des financements et ce pour plusieurs raisons. Ainsi, au nombre de facteurs à l'origine de cette situation, l'on peut citer les raisons financières, les raisons logistiques et la non appropriation communautaire des projets dont les détails sont présentés sur le tableau ci-dessous :

Tableau 3. Répartition des enquêtés selon les raisons expliquant l'absence de suivi post-projet

Enquêtés	Raisons financières	Raisons logistiques	Non appropriation communautaire des projets
CVD	26	0	26
Comités eau	26	0	0
Comités éducation	26	0	0
Agents partenaires	0	13	13
Agents de Plan	8	8	0
Total	86	21	39
%	86,87	21,21	39,39

Source : Enquête menée en juillet 2018

Le tableau ci-dessus confirme l'absence d'un véritable mécanisme de suivi post-projet au sein de l'ONG PIT. En effet, ils sont 86,87%, 39,39% et 21,21% d'enquêtés, à affirmer que l'absence de suivi post-projet est due respectivement au facteur financier, à la non appropriation communautaire des projets et aux moyens logistiques. Les réponses à la question posée étaient à choix multiple ; ce qui explique que le pourcentage total ne fait pas 100%. Alors, pour la majorité des enquêtés, l'arrêt du financement des projets explique les difficultés de poursuivre le suivi des projets qui nécessite les frais de mission, mais aussi le carburant pour les 21,21% autres. A ce sujet, un agent de PIT rapporte qu'une discussion autour de la question du suivi post-projet avait été engagée entre tous les partenaires d'ONG et de services techniques afin d'y trouver une formule adéquate. Mais les participants étaient butés sur la question de ressources financières qui constituent, dit-il, le principal moyen pour la mise en œuvre des projets. Les partenaires techniques avaient ainsi posé le problème de carburant dont ils ont besoin pour effectuer les visites communautaires ; ce qui revient inévitablement à évoquer en dernière analyse les moyens financiers. La décision finale prise était que les acteurs puissent mobiliser les fonds supplémentaires pour poursuivre les activités. Mais le système n'a jamais vu le jour, regrette un agent partenaire. Même son de cloche pour les acteurs communautaires qui lient la poursuite des activités de projets à la disponibilité des fonds même si en général toutes les activités ne nécessitent pas forcément les moyens financiers. Et c'est justement la raison pour laquelle 39,39% des enquêtés montrent du doigt l'incapacité pour les structures d'appui d'assurer l'appropriation communautaire des projets. Ainsi, pour les communautaires, les méthodes d'intervention dans leurs communautés sont telles qu'elles ne suscitent pas enthousiasme et motivation dès que les projets prennent fin. De plus, ils disent être soulagés toutes les fois que prend fin un projet en raison disent-ils, du travail et de nombreux sacrifices que cela leur exige au détriment de leurs propres occupations surtout champêtres.

5 DISCUSSIONS

Plusieurs raisons sont souvent évoquées pour justifier les échecs des projets de développement. Celles fréquemment énoncées à cet effet, sont entre autres, l'absence de participation et d'implication des populations bénéficiaires dans la gestion des projets. Cette conception est partagée par Marcel Zadi Kessy (1998), pour qui les échecs des politiques de développement rural sonnent comme le glas de l'échec des politiques et stratégies de développement « imposées du sommet ». Pour lui, l'amélioration des résultats est conditionnée par l'approche fondée sur le développement de proximité, seule option pour la réussite et la pérennité des projets. Il ajoute que, l'une des plus grosses erreurs qu'il déplore est de croire que l'on peut faire le bonheur des populations rurales malgré elles. Bien souvent, les concepteurs des projets pensent à la place de leurs bénéficiaires. En essayant de faire un rapprochement avec notre recherche, nous voyons que les raisons d'échecs des projets de développement ci-dessus évoquées, nous édifient dans l'analyse des facteurs défavorables à la pérennisation des acquis des projets. Sur un autre plan, il faut relever que les échecs des projets ne se perçoivent pas seulement au niveau rural comme l'a souligné plus haut Marcel Zadi Kessy, mais la question est aussi abordée par Djossou Raymond (2009), parlant des projets publics ou gouvernementaux. En effet, prenant l'exemple de la Côte d'Ivoire, il fait ressortir que le bilan de la gestion des différents projets et programmes de développement et leurs impacts réels, révèlent des réussites incontestables et des échecs. Il s'est appesanti plus sur les échecs en les justifiant par :

- la mauvaise planification du projet en termes d'activités mal identifiées, de la stratégie de mise en œuvre mal élaborée ;
- la faiblesse de coordination des interventions entre le gouvernement et les bailleurs de fonds, les bénéficiaires et les partenaires sociaux ;
- l'absence de systématisation de la fonction de suivi-évaluation axée sur les résultats et le processus d'exécution du projet ;
- le déficit de compétence en matière de gestion de projets axée sur les résultats chez certains gestionnaires de projets ;
- la faible implication des bénéficiaires (non prise en compte de l'approche participative) dans le processus de gestion du projet.

Devant toutes ces insuffisances, l'auteur propose, pour toute nation, d'optimiser la performance de ses projets afin qu'ils constituent des instruments réels de développement socio-économique. La stratégie de D. Raymond passe par l'instauration d'une bonne gouvernance dans la mise en œuvre des projets afin de les pérenniser. Des auteurs ont abordé le thème sur la pérennisation des acquis des projets dont nous pourrions nous inspirer pour notre recherche.

Hamidou Benoît Ouédraogo (1992), évoque lui aussi plusieurs causes d'échec des projets. Il relève d'abord la confusion qu'il y a autour du concept même de l'appropriation. Malgré le fait qu'on en parle dans les documentations de projets à la base, la signification de concept, dit-il, n'est pas élucidée. Ensuite, les causes d'échecs peuvent relever des programmes d'aide qui se caractérisent par le fait que les bailleurs de fonds et les agences d'exécution se précipitent pour apporter ce qu'il a

appelé "un projet clé en main" ; ce qui ne facilite pas l'appropriation des projets par les populations, débilite les initiatives paysannes, ruine la confiance en soi, et empêche les populations à la base d'acquérir les savoir-faire et les problèmes ; l'inexistence des études techniques ou socio-économiques de faisabilité inexistantes, ou si elles existent, elles sont incomplètes ou erronées. Ce qui, crée des situations qui portent préjudice à la bonne exécution ou la durabilité des ouvrages du projet ; des interventions rigides conçues à partir de l'extérieur et inadaptées aux conditions socio-économiques locales, au rythme de progression, à la capacité d'absorption et aux besoins réels des populations ; la mise en place d'agences d'exécution ayant leurs centres de décision à l'extérieur du milieu d'intervention; ce qui retarde le partage de connaissances et d'information et procure un encadrement inefficace ; les avis qui ne sont pas pertinents à cause de l'ignorance qu'on a des autres, de la méconnaissance du milieu, du manque d'empathie, de respect et de confiance. Par ailleurs, les causes d'échecs des projets peuvent être liées aux structures administratives ou plus fondamentalement politiques adoptant une approche bureaucratique, de pression et descendante sans aucune considération à la participation des populations-cibles aux diagnostics participatifs et au manque de communication. C'est donc une approche coercitive qui n'encourage les populations à ne s'organiser que dans le seul but de bénéficier du financement de projets, de dépendre ainsi de l'extérieur sans apprendre à compter sur leurs propres forces. Enfin, les échecs peuvent être aussi le fait des populations elles-mêmes pour les raisons suivantes:

- La méfiance aux innovations et la résistance à un changement introduit de l'extérieur et qui remet en cause toute la question de priorités des objectifs et du couple "sécurité-risque";
- Les problèmes de rationalité, de motivation et de perceptions, chacun interprétant les actions et les innovations dans les catégories culturelles qui lui sont propres;
- Les problèmes de leadership, de luttes d'influence et de l'accaparement du projet par les promoteurs et les élites anciennes du village qui refusent les partages de responsabilités;
- Les problèmes dus à l'absence d'un système de gestion et d'un contrôle;
- Les situations conflictuelles pouvant résulter de l'implantation de certaines technologies qui imposent des réaménagements de l'espace social et des paliers de la vie sociale (redistribution de l'espace dû par exemple à des aménagements hydro-agricoles, modification de certains éléments de la vie sociale, redistribution du pouvoir, conflits fonciers etc.).

6 CONCLUSION

Ce bref parcours des facteurs qui sont à l'origine de l'arrêt des projets après leurs financements dans la zone d'intervention de PIT notamment dans les préfectures de Tchoudjo et de Tchamba est révélateur des difficultés rencontrées par cette institution pour assurer l'appropriation communautaire des projets. Le fait que ce soit toujours cette structure qui agit à la place des communautés et ce pour répondre aux impératifs de délai imposés par les bailleurs de fonds, ne saurait, si cela perdure, contribuer à la pérennisation des projets au sein des communautés. Ce qui est encore en cause, c'est l'attitude plutôt paradoxale de cette ONG qui apparemment ne fait pas suffisamment d'efforts pour un véritable transfert de compétences aux communautés en prélude à la décentralisation qui est toujours à la traîne. Cette posture adoptée par PIT rend incapables les acteurs locaux de prendre en mains leur propre destinée tant dans la planification participative que dans la gestion des projets. De plus, les partenaires, pour le fait qu'ils ne disposent pas assez de bailleurs, dépendent largement de PIT et s'illustrent ainsi par leur faible capacité à assurer la relève des projets après la fin des financements. Aussi curieux que cela puisse paraître, ces partenaires qu'ils soient étatiques ou d'ONG, attribuent l'absence de suivi post-projet par la non disponibilité du carburant qu'ils espèrent vainement de PIT. Cette institution n'apprécie guère cette démarche des partenaires qu'elle ne trouve pas suffisamment impliqués dans la recherche de stratégies de pérennité des projets puisqu'ils attendent systématiquement tout de PIT.

REFERENCES

- [1] Olivier De Sardan, J.-P., Anthropologie et développement. Essai en anthropologie du changement social, Paris, APAD/Karthala, 1995.
- [2] Hobart M. ed., An Anthropological Critique of Development. The Growth of Ignorance, London, EIOS/Routledge, 1993.
- [3] Naudet D., Trouver des problèmes aux solutions, Vingt ans d'aide au Sahel, Paris, OCDE, 1999.
- [4] Philippe Lavigne Delville, Un projet de développement qui n'aurait jamais dû réussir ? La réhabilitation des polders de Prey Nup (Cambodge), 2015.
- [5] Yao Assogba, Entre la rationalité des intervenants et la rationalité des populations bénéficiaires : l'échec des projets en Afrique noire, Volume 37, numéro 100, 1993.
- [6] Pascal Henchoz, les éléphants blancs dans les projets africains, Publication sur Atramenta, 2016.

- [7] Valérie Angeon et Jean-Marc Callois, Fondements théoriques du développement local : quels apports du capital social et de l'économie de proximité ?, 2005.
- [8] Pour Bah Isaak Kouakou, le développement local participatif dans le contexte de la décentralisation en Côte d'Ivoire: le cas du chef-lieu de la région du Nàçézi (Dimbokro), Université Félix Houphouët Boigny de Cocody - Doctorat Unique, 2014
- [9] Jean-Pierre Chauveau, Philippe Lavigne Delville, « Développement participatif », in CASILLO I. avec BARBIER R., BLONDIAUX L., CHATEAURAYNAUD F., FOURNIAU J-M., LEFEBVRE R., NEVEU C. et SALLES D. (dir.), *Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation*, Paris, GIS Démocratie et Participation, 2013, ISSN : 2268-5863.
URL : <http://www.dicopart.fr/es/dico/developpement-participatif>.
- [10] Jean-Pierre Chauveau, Éléments pour une anthropologie de la culture des "développeurs", 1992.
- [11] Marcel Zadi Kessy, dans son ouvrage « Culture Africaine et Gestion de l'Entreprise moderne », Abidjan, Edition CEDA, 1998.
- [12] Djossou Raymond, « Gouvernance et performance des projets publics », Mémoire de Hautes Etudes de Gestion de Politique Economique (HE-GPE), Abidjan, 2009.
- [13] Hamidou Benoît Ouédraogo, L'APPROPRIATION DES PROJETS DE DÉVELOPPEMENT Le cas des Micro-réalisations au Burkina Faso, Actes et instruments de la recherche en développement régional NO 9, 1992.

Adaptation endogène des agroécosystèmes et de la sécurité alimentaire aux perturbations et changement climatiques au Sud-Kivu (RD Congo)

[Endogenous adaptation of agroecosystems and food security to climate change and perturbation in South-Kivu (DR Congo)]

BYENDA Mutuga Bienfait¹, KANYENGA Lubobo Antoine², BALUKU Bajope Jean Pierre³, MUNYULI Mushambanyi Theodore⁴, and BABOY Longanza Louis²

¹Université de Bukavu Centre (UBC), Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires (ISEAV-Mushweshwe), Unité de Recherche et d'Enseignement en Environnement et Agrosociétés (UREA), RD Congo

²Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi (UNILU), RD Congo

³Université de Bukavu centre (UBC) et Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN-Lwiro), RD Congo

⁴Institut Supérieur d'Etude Médicale (ISTM-Bukavu) et Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN-Lwiro), RD Congo

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

ABSTRACT: The study in relationship with endogenous adjustment of agroecosystems and security feeding to climate change and perturbation has been conducted to South-Kivu throughout an investigation by questionnaire near 422 chiefs of agricultural households in the global purpose to contribute to a lasting management of agroecosystems and the comprehension of dynamic functioning of exploitations of natural resources throughout the identification of strategies set by the agricultural household to fight against harmful effects of climate perturbation in their activities. The study has shown that in South-Kivu, adjustment strategies are especially reactive and their adoption by agroecosystems exploiters is very slow and in the government programs, the adjustment of the sector of the feeding production to climate change is not yet among priorities. This conducts to encourage political deciders, farmers and Scientists to set agroecological techniques and practices the systems of assurances to agricultural risks and installs the precocious alert system in each territory to warman inform agricultural on the evolution of environmental parameters.

KEYWORDS: Adjustment strategies, climate change, agroecosystems, farmer, feeding production, agroecological practices.

RÉSUMÉ: L'étude en rapport avec l'adaptation endogène des agroécosystèmes et de la sécurité alimentaire aux perturbations et changement climatiques a été conduite au Sud-Kivu à travers une enquête par questionnaire auprès de 422 chefs de ménages agricoles dans l'objectif global de contribuer à la gestion durable des agroécosystèmes et la compréhension de la dynamique du fonctionnement des exploitations des ressources naturelles à travers l'identification des stratégies mis en place par les paysans agriculteurs pour faire face aux effets néfastes des perturbations climatiques sur leurs activités. Cette étude a montré qu'au Sud-Kivu, les stratégies d'adaptation sont surtout réactives et leur adoption par les exploitants des agroécosystèmes est lente et dans les programmes du gouvernement, l'adaptation du secteur de production alimentaire au changement climatique n'est pas encore parmi les priorités. Ceci conduit à encourager les décideurs politiques, les fermiers et les scientifiques à mettre en place les techniques et pratiques agroécologiques, les systèmes des assurances aux risques agricoles et installer le système d'alerte précoce dans chaque territoire pour avertir et informer les agriculteurs sur l'évolution des paramètres environnementaux.

MOTS-CLEFS: Stratégies d'adaptation, changement climatique, agroécosystèmes, agriculteurs, production alimentaire, pratiques agroécologiques.

1 INTRODUCTION

Les changements et perturbations climatiques et leurs impacts constituent de nos jours l'un des sujets les plus préoccupants pour la communauté scientifique internationale et la société civile. Le continent africain est soumis à un climat fortement variable et imprévisible, ce qui fragilise les systèmes agricoles qui ne répondent plus aux pressions actuelles du climat (Yegbemey et al., 2014). Les populations rurales dépendant principalement des activités agricoles pour subvenir à leurs multiples besoins subissent les effets néfastes des fluctuations des facteurs climatiques. Les incidences des variabilités climatiques sur les écosystèmes gérés et sur leurs différentes productions, sur la sécurité alimentaire, l'économie et la vie de chaque jour peuvent parfois être dramatiques. Au seuil de sévérité, leurs conséquences peuvent être irréversibles.

Ces variabilités et changements climatiques représentent un défi majeur à l'adaptation des agroécosystèmes, de la production agricole et de la sécurité alimentaire, bases de la stabilité et de la promotion de la vie dans les milieux ruraux (Byenda, 2016).

La capacité d'adaptation constitue l'élément essentiel d'un système soumis aux conditions contraignantes comme la fluctuation de la température et de la pluviosité. Elle mérite de ce fait, une attention particulière pour les scientifiques, les décideurs et les acteurs de développement. Selon IPCC (2001) l'adaptation est un ajustement des systèmes naturels ou humains, suite à des stimuli climatiques réels ou attendus ou à leurs effets, qui réduit les effets nocifs ou exploite les possibilités bénéfiques (Kengoum, 2013). L'adaptation désigne donc un processus d'action au sein d'un système (ménage, communauté, groupe, secteur, région et pays) lui permettant de mieux résister, de mieux gérer et de mieux s'ajuster à certaines évolutions comme le stress, le danger, le risque ou l'opportunité (Sogoba et al., 2014). Et Nefzi (2012) de souligner que l'adaptation implique un changement des pratiques agricoles en réponse à un changement des conditions climatiques et suppose que les agriculteurs ont accès aux pratiques et aux technologies alternatives qui sont déjà pratiquées ailleurs.

Dans cet article, l'adaptation endogène est un processus d'ajustement des systèmes agricoles et des habitudes alimentaires permettant de gérer rationnellement les incidences de la forte variabilité tant temporelle, spatiale que qualitative et quantitative des facteurs climatiques. L'ajustement fait intervenir les pratiques et savoirs paysans qui sont transmis d'une génération à l'autre. Les connaissances locales doivent, de ce fait, être valorisées pour renforcer l'adaptation qui est un élément crucial dans un contexte des milieux vulnérables aux variabilités climatiques. C'est à travers ces connaissances et savoirs que les pratiques et techniques culturelles, les habitudes alimentaires etc. sont transmises dans l'histoire des générations. Il est nécessaire de tenir compte non seulement de la disponibilité des connaissances endogènes et exogènes mais également de leur accessibilité pour définir les stratégies d'adaptation. Les stratégies que les populations développent pour s'adapter aux effets néfastes des perturbations et changement climatiques sont diversifiées. Dans cet angle, Sabaï et ses collaborateurs (2014) ont identifié soixante-trois mesures d'adaptation développées par les béninois dans la gestion de la fertilité des sols face au changement climatique qui vont de la prière adressée aux divinités à la diversification des activités génératrices de revenu et dépendent du niveau de prospérité du producteur.

Le Sud-Kivu présente, en raison de son étendue et son relief, une grande diversité des zones agroécologiques très favorables à l'agriculture (Kanyenga, 2012) cependant, ses agroécosystèmes ayant des terres spécialisées dans la production d'une diversité des plantes cultivées sont fragiles et très vulnérables aux fluctuations des facteurs climatiques comme la pluie et la température car son agriculture est essentiellement pluviale. Cette province est transformée par l'histoire et l'évolution des pratiques culturelles qui dégradent la qualité de son sol surtout dans les territoires les plus peuplés. Son paysage agricole connaît plusieurs modifications dues à une pression anthropique sur les ressources naturelles renforcée par les effets néfastes du climat. Alors la question suivante a été posée pour orienter la présente recherche. Quelles sont les effets des perturbations climatiques actuelles et quelles sont les stratégies d'adaptation développées par les paysans agriculteurs du Sud-Kivu pour faire face à ces changements et perturbations climatiques ?

C'est ainsi que l'étude portant sur l'adaptation endogène des agroécosystèmes et de la sécurité alimentaire aux changements et perturbations climatiques au Sud-Kivu a été envisagée. Elle s'inscrit dans le thème en rapport avec les **effets des perturbations climatiques sur les agroécosystèmes, les services écosystémiques et la santé humaine au Sud-Kivu**, afin de contribuer à la gestion durable des ressources naturelles, à la promotion de la sécurité alimentaire et à la compréhension du phénomène changement climatique dans le contexte local. Spécifiquement cette étude s'intéresse à identifier les stratégies d'adaptation développées par les communautés rurales elles-mêmes pour faire face aux effets du changement climatique dans le secteur de production agricole. Les effets climatiques sur la production agricole, les agroécosystèmes et la sécurité alimentaire seraient diversifiés et multiples stratégies d'adaptation endogènes pour y faire face seraient envisagées par les paysans agriculteurs du Sud-Kivu.

Pour parvenir à la compréhension du phénomène des effets de la fluctuation des facteurs climatiques et des stratégies adoptées par les paysans agriculteurs au niveau local, un questionnaire d'enquête a été conçu et administré pour récolter les

données y relatives au près des ménages agricoles ciblés dans cinq territoires de huit que compte le Sud-Kivu. Cet article se construit sur trois parties essentielles dont l'*Introduction* qui fait le point sur la problématique, les objectifs et les hypothèses, la *Méthodologie* qui présente le milieu d'étude, les matériels et méthodes, et le dernier point relatif aux *Résultats et discussion* sur les stratégies d'adaptation développées pour faire face aux impacts des perturbations climatiques dans la région.

2 CADRE METHODOLOGIQUE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le Sud-Kivu est une Province de la République Démocratique Congo située à l'Est entre 00°58'0" de latitude Nord, 4°51'21" de latitude Sud et 26°10'30" de longitude Est dont l'altitude varie entre 700 et 3000m. Sa superficie est de 66 814 Km² et la population est de 6 432 984 personnes (Statistique du ministère de l'intérieur de la province du Sud-Kivu, 2015). Cette Province partage ses frontières de l'Est avec trois pays voisins dont la République Rwandaise, la République du Burundi et la Tanzanie ; ce qui ouvre non seulement la Province mais également le pays à la coopération internationale. A l'interne elle est limitée au nord par la province du Nord-Kivu, au Sud par l'ancienne province du Katanga et à l'Ouest par le Maniema. La province du Sud-Kivu compte au total 8 territoires dont Fizi, Uvira, Kabare, Kalehe, Walungu, Shabunda, Mwenga, et Idjwi. Ce dernier est une île dans le lac Kivu. Les territoires de Kabare, Kalehe, Idjwi, Walungu et Uvira ont été ciblés dans le cadre de cette étude car ils font partie des zones les plus vulnérables à la manifestation actuelle du phénomène de variation des facteurs climatiques. Et ils sont les plus peuplés par rapport aux autres territoires avec une densité moyenne de 104,5 (à Kalehe) et 757, 4 (à Idjwi).

2.2 MATÉRIEL

Pour réaliser cette étude, les données utilisées ont été obtenues des enquêtes qui ont eu lieu sur terrain pendant deux années consécutives, 2015 et 2016, auprès des agriculteurs ruraux afin d'identifier leurs stratégies d'adaptation aux aléas climatiques. Un questionnaire renfermant des questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées a été administré aux chefs de ménages des paysans agriculteurs dont l'âge varie entre 35 et 70 ans. Les observations sur terrain ont complété les informations recueillies par le questionnaire.

2.3 MÉTHODES

La taille de l'échantillon de cette étude était de 422 ménages agricoles issus d'une population de 447 522 ménages. La table de TAKTO¹, pour P = 0.5 et un niveau de confiance de 95% donc t = 1.96 de précision et une marge d'erreur de 0.05, donne l'effectif de l'échantillon de 384 ménages. La marge de 10% a été majorée pour essayer de corriger les éventuels cas de non réponse. C'est pourquoi l'échantillon retenu a été de 422 chefs de ménages. Cet échantillon a été réparti en fonction des effectifs des ménages par territoire. Ainsi, il y a 30 ménages dans le territoire d'Idjwi, 93 à Kabare, 80 à Kalehe, 118 à Walungu et 101 à Uvira retenus pour cette étude. Dans l'échantillon total de 422 personnes, les hommes qui ont participé à l'étude représente 52,61% (soit 222 hommes) et les femmes représentent 47,39% (soit 200 femmes) leur âge est compris entre 35 et 70ans.

Lors de l'enquête, l'itinéraire était choisi après rotation du stylo par terre dans un lieu pris comme centre du territoire et le chercheur devait suivre les deux sens indiqués par les points du stylo avec un intervalle de sondage de cinq maisons. Si les personnes (chefs des ménages) de la maison incluse dans l'intervalle refusent de collaborer avec l'enquêteur c'est la maison suivante qui devait être enquêtée. Si l'homme et la femme, préalablement remplissant les conditions d'éligibilité, sont présents au moment de l'enquête et que tous deux acceptent de répondre à notre questionnaire, un tirage au sort permettait au chercheur de choisir la personne à interroger dans le ménage.

Pour de raison de bonne communication avec l'enquêté(e), les questions étaient traduites en Kiswahili, langue locale de la région et en cas de nécessité en dialectes locales pour certaines questions selon les différents territoires. C'est ainsi que le Kitembo, le Kihavu, le Kifuliro, le Kibembe et le Mashi ont été utilisés selon la spécificité du milieu. Pour les milieux les plus reculés et surtout pour les personnes plus âgées, les entretiens se sont faits, dans la plupart des cas, en présence de trois personnes : l'enquêté, l'interprète et l'enquêteur dans un climat d'intimité et d'assurance que les données sont confidentielles et que l'anonymat sera respecté.

¹ <http://www.takto.qc.ca/infotakto/it0402.pdf>

Les données brutes récoltées étaient encodées en Excel 2007. Les fréquences d'occurrence des déclarations des agriculteurs ont été calculées et pour mesurer la force de la relation entre les impacts et les stratégies envisagées, le modèle généralisé linéaire a été utilisé pour déterminer l'influence des connaissances des impacts du changement climatique sur le choix et l'adoption des stratégies d'adaptation. Les analyses préliminaires consistaient à conduire des analyses statistiques descriptives par la détermination des moyennes, écart type, erreur standard de la moyenne, coefficient de variation, maximum, minimum, mode, distribution des facteurs climatiques, les fréquences d'occurrences des stratégies d'adaptation. Toutes les analyses statistiques y compris les modèles généralisés linéaires (GLM), étaient donc construites dans le logiciel STATA version 11 pour Windows 2012.

3 RESULTATS

3.1 LES STRATÉGIES D'ADAPTATION ENDOGÈNE FACE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Pour faire face aux effets néfastes des perturbations et changement climatiques, les populations paysannes du Sud-Kivu ne restent pas insensibles. Elles développent des mesures et stratégies endogènes (locales) qui font suite aux connaissances qu'elles ont des impacts des variabilités climatiques.

Il ressort du tableau-1 ci-dessous relatif à la connaissance des stratégies pour adapter les éléments des systèmes de culture, des principales cultures de la province, que le manioc avec 64.21%, le haricot avec 12.79%, le bananier avec 8.76% et le maïs avec 8.29% sont les principales cultures de la région auxquelles s'ajoutent l'ananas qui est une spécialité du territoire d'Idjwi avec 2.84% , le Paddy qui est une spécialité du territoire d'Uvira 1.89% et le café qui se trouve plus représenté comme culture principale par certains agriculteurs du territoire de Kalehe. L'arachide, le soja, le sorgho etc., sont des cultures en voie de disparition dans les territoires en étude. La majorité des paysans agriculteurs (59.95%) affirment qu'ils pratiquent actuellement les semis tardifs pour la plupart des principales cultures de la région ($\chi^2 = 31.36$, $P < 0.001$ Df = 4) à cause de l'incertitude et d'autres (23.93%) préfèrent pratiquer les semis précoces ($\chi^2 = 27.36$, $P < 0.001$ Df = 4). La cause majeure de changement de la densité de semi dans tous les territoires est, selon 63.27% des enquêtés, la réduction des rendements des cultures suite aux aléas climatiques et aux bioagresseurs ($\chi^2 = 35.94$, $P < 0.001$ Df = 4). Beaucoup d'agriculteurs (78.90%) ont actuellement changé la densité de semi étant donné que le rendement actuel des cultures est estimé très réduit ($\chi^2 = 56.08$, $P < 0.001$ Df = 4) au point que certains agriculteurs (43.83%) pratiquent plus de ressemis dans une seule campagne agricole pendant que d'autres (43.81%) en pratiquent très moins. Cette pratique de ressemis est très significativement diversifiée dans tous les territoires ($P < 0.05$).

La cause majeure de l'abandon de certaines cultures, selon 52.13% des agriculteurs est le mauvais rendement ($\chi^2 = 64.72$, $P < 0.001$, Df = 4), bien que les variétés peu résistantes à la chaleur et celles de cycle long soient aussi entrain d'être abandonnées progressivement. Certaines variétés de riz à haut rendement et le soja sont entrain d'être cultivées dans la pleine de la Ruzizi pour le riz et dans d'autres territoires pour le soja afin de maximiser les récoltes pour la consommation et la vente (40.99% des enquêtés). On trouve que, pour essayer de s'adapter au changement climatique, certains paysans (52.84%) cultivent des variétés locales ($\chi^2 = 61.55$, $P < 0.001$, Df = 4) et d'autres des variétés améliorées, l'amendement le plus utilisé est de type organique et ils sont rares qui pratiquent le traitement phytosanitaire alors que la majorité (78.19%) préfèrent ne rien appliquer comme traitement des cultures ($\chi^2 = 46.30$ $P < 0.001$, Df = 4). Les techniques de régénérescences des sols comme l'agroforesterie, le reboisement, la rotation des cultures etc. sont pratiquées de façon disparate par les agriculteurs. Cette faible adoption des techniques de régénérescence des sols fragilise le secteur agricole face aux effets des perturbations climatiques (Tableau-2).

A ces stratégies s'ajoutent au tableau-3, la lutte antiérosive, la construction des diguettes et la protection des bas-fonds mais qui ne sont pas encore très rependues dans la région toutefois la population commence déjà à s'y intéresser actuellement par rapport au passé ($P < 0.001$, Df = 4) et selon les connaissances des beaucoup de paysans (64.69%), une exploitation excessive des bas-fonds est actuellement observable partout dans les territoires ($\chi^2 = 42.03$ $P < 0.001$, Df = 4). Quelques-uns se lancent dans le petit commerce (34.36%), d'autres comptent sur la diaspora et attendent de l'aide venant des familiers vivants ailleurs dans les villes et autres pays (3.08%) alors que la majorité (62.55%) n'a aucune autre activité alternative et donc vouée à vivre sous le choc des effets du climat. Dans tous les territoires en étude, cette situation reste généralisée ($P < 0.05$). Quant à la connaissance du plan stratégique des actions à mener pour s'adapter aux perturbations climatiques, les données contenues dans le tableau-4 montrent que la majorité (61.13%) des agriculteurs de tous les territoires affirment recourir à Dieu par la prière en cas de retard dans l'arrivée des pluies ($\chi^2 = 13.74$, $P = 0.008$, Df = 4) et parfois d'autres (22.51%) consultent les devins et les sages lorsque la même situation se présente; c'est ainsi qu'ils développent plus des cultures maraichères (36.25%) surtout sur les surfaces irrigables et dans les parcelles près des maisons d'habitation pendant que chez d'autres (35.07%) le maraichage devient quasi impossible surtout aux endroits où l'irrigation est difficile. C'est pourquoi certains agriculteurs

47.15% pensent que la dispersion des champs ou l'entretien des cultures peuvent les aider à s'adapter. Toutefois une bonne partie de la population paysanne (39.10%) n'envisage aucune stratégie d'adaptation ne faisant rien et assistant impuissamment aux affres du climat. Ceci montre que les gens prennent petit à petit conscience de changement climatique et commence à se rechercher pour avoir des stratégies d'adaptation. Aux tableaux-5 (a et b), les résultats montrent que les agriculteurs connaissent plusieurs stratégies pouvant les aider à s'adapter au changement climatique qui sévit dans leur région entre autres pratiquer une agriculture écologique, promouvoir la filière des variétés résistantes, spécialiser les zones agricoles, constituer des stocks semenciers et banques céréalières et entreprendre les concertations entre agriculteurs pour valoriser les connaissances endogènes. Et ainsi travailler et valoriser les espaces pour augmenter les récoltes. Une fraction très élevée des paysans agriculteurs (57.81 %) pensent qu'augmenter les espaces par la location des terres dans tous les territoires peut être un moyen pour s'adapter à la perturbation des facteurs climatiques ($\chi^2 = 48.13$, $P < 0.001$, $Df = 4$).

Les agriculteurs du Sud-Kivu connaissent également que le drainage, le reboisement, l'agroforesterie, les cultures sous abris, la spécialisation des zones agricoles suivant leurs aptitudes, la gestion des résidus des champs et la sensibilisation des communautés à former des synergies de lutte contre les effets des changements climatiques peuvent les aider à bien s'adapter au changement climatique, bien que leur adoption soit encore à ses débuts et demande de mettre en place des projets intégrateurs.

Quant à la reconnaissance des difficultés rencontrées par les agriculteurs dans la conduite des activités au sein des agroécosystèmes (Tableau-6), plusieurs difficultés sont enregistrées par les agriculteurs dans l'exercice de leur métier entre autres le manque de moyen financier pour les travaux en champs, les perturbations et incertitudes des facteurs climatiques, beaucoup de conflits fonciers, les plantes attaquées par les bioagresseurs, le faible rendement des cultures et la baisse de prix pendant la récolte, le manque des routes de dessertes agricoles, l'insuffisance des terres agricoles, la rareté et l'exigüité des terres arables, la non implication de l'Etat dans la réglementation des activités agricoles, la qualité de sol dégradée, l'insécurité dans la région, l'éboulement des terres, les érosions, le feu de brousse, le sol devenu infertile et la main d'œuvre est essentiellement constituée des enfants appartenant aux ménages (44.07%). Cette connaissance des différentes difficultés est très significative dans tous les territoires du Sud-Kivu ($P < 0.05$). Pour les assurances contre les risques climatiques (Tableau-7), tous les paysans (100%) reconnaissent que les activités au sein des agroécosystèmes sont très vulnérables car elles ne sont pas assurées contre les risques climatiques ($\chi^2 = 52.81$, $P < 0.001$, $Df = 4$) et la majorité des agriculteurs (75.35%) ne reçoivent pas des aides du Gouvernement ($\chi^2 = 82.81$, $P < 0.001$, $Df = 4$). Quelques organisations non gouvernementales appuient les paysans en intrants et matériels agricoles cependant leur impact reste insignifiant car n'ont pas encore atteint tous les paysans vu l'ampleur de l'état actuel des agroécosystèmes au Sud-Kivu et le besoin criant en la matière. Les paysans attendent des subventions en engrais, intrants agricoles et des matériels du Gouvernement et ont un besoin urgent des assurances contre les risques climatiques.

Tableau 1. *Connaissances des effets des changements et perturbations climatiques sur les éléments des systèmes de culture de principales cultures de la province du Sud-Kivu*

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Les principales cultures de chaque territoire du Sud-Kivu								
Maïs	35 (8.29)	0	0	9	0	26	73.14	<0.001
Manioc	271 (64.21)	14	53	54	83	67	48.16	<0.001
Haricot	54 (12.79)	2	29	10	13	0	49.14	<0.001
Arachide	0 (0.00)	0	0	0	0	0		PNT
Soja	0 (0.00)	0	0	0	0	0		PNT
Paddy	8 (1.89)	0	0	0	0	8	32	<0.001
Café	5 (1.18)	0	0	5	0	0	20	<0.001
Bananier	37 (8.76)	2	11	2	22	0	45.83	<0.001
Ananas	12 (2.84)	12	0	0	0	0	48	<0.001
Causes d'abandon de certaines variétés culturales								
Cycle long	76 (18.01)	25	10	21	8	12	14.39	0.006
Variété peu résistante à la sécheresse	80 (18.95)	3	23	13	27	14	22	<0.001
Mauvais rendement	220 (52.13)	0	54	42	71	53	64.72	<0.001
Autres	46 (10.90)	2	6	4	12	22	28.34	<0.001
Nouvelles cultures pratiquées dans les territoires du Sud-Kivu								
Soja	77 (18.24)	3	34	15	25	0	53.84	<0.001
Riz	90 (21.32)	0	11	10	23	46	69.22	<0.001
Riz et soja	50 (11.84)	0	13	11	26	0	46.6	<0.001
Autres	39 (9.24)	0	7	10	22	0	42.15	<0.001
Aucune	166 (39.33)	27	28	34	22	55	20.08	<0.001
Causes de pratiquer des nouvelles cultures								
Païement rapide	32 (7.58)	0	11	0	7	14	25.18	<0.001
Vente et consommation	173 (40.99)	3	36	37	58	39	45.46	<0.001
Meilleur rendement	52 (12.32)	0	14	10	22	6	26.46	<0.001
Pas de terre fertile adaptée	56 (13.27)	18	5	11	8	14	9.17	0.057
Manque de nouvelle culture	45 (10.66)	2	0	0	23	20	58.66	<0.001
Rien à signaler	64 (15.16)	7	27	22	0	8	39.59	<0.001
Perception de semis actuelle								
Semis tardif	253 (59.95)	29	61	29	69	65	31.36	<0.001
Semis précoce	101 (23.93)	0	26	20	29	26	27.36	<0.001
Sans changement	68 (16.11)	1	6	31	20	10	42.14	<0.001
La densité de semis actuel par rapport au temps passe								
Même densité de semis	89 (21.09)	5	17	34	18	15	24.42	<0.001
Changement de la densité	333 (78.90)	25	76	46	100	86	56.08	<0.001
Causes de changement de densité de semis								
Réduction rendement	267 (63.27)	28	59	34	80	66	35.94	<0.001
Augmentation	94 (22.27)	2	23	28	23	18	21.42	<0.001
Sans changement	52 (12.32)	0	11	18	15	8	18.57	0.001
Faciliter l'entretien des cultures	9 (2.13)	0	0	0	0	9	36	<0.001
55. Pratique de ressement actuellement								
Plus pratiqué	185 (43.83)	25	16	22	43	79	70.55	<0.001
Moins pratiqué	184 (43.60)	2	62	39	63	18	78.55	<0.001
Sans changement	53 (12.55)	3	15	19	12	4	18.22	0.001

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif, PNT = pas des tests statistiques appliqués.

Tableau 2. Techniques et stratégies endogènes d'adaptation aux perturbations climatiques

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Techniques de régénérations des agroécosystèmes								
Rotation des cultures	137 (32.46)	21	30	18	41	27	11.72	0.020
Reboisement et agroforesterie	38 (9.00)	2	7	26	16	7	31.13	<0.001
Jachère	28 (6.63)	0	6	12	10	0	22	<0.001
Engrais verts et organique	144 (34.12)	1	43	18	44	38	48.84	<0.001
Reboisement, engrais verts	26 (6.16)	0	7	6	7	6	6.69	0.153
Rotation culture et engrais	24 (5.68)	6	0	0	0	18	51	<0.001
Rotation culture reboisement	5 (1.18)	0	0	0	0	5	20	<0.001
Rien n'est fait	0 (0.00)	0	0	0	0	0		
Pratiques culturales								
Variétés améliorées	152 (36.01)	14	26	21	26	65	52.40	0.006
Variétés précoce	36 (8.53)	1	12	12	8	3	14.27	0.006
Variétés locales	223 (52.84)	15	55	36	84	33	61.55	<0.001
Autres	11 (2.60)	0	0	11	0	0	44	<0.001
Types d'amendements								
Fumure organique	311 (73.69)	28	82	38	99	64	56.34	<0.001
Engrais chimiques	36 (8.53)	0	1	22	2	11	48.72	<0.001
Engrais organique et chimique	51 (12.08)	2	1	20	2	26	55.37	<0.001
Autres	24 (5.68)	0	9	0	15	0	39.75	<0.001
Lutte contre les ennemis des cultures								
Traitement phytosanitaire	92 (21.80)	6	22	23	21	20	19.71	0.030
Pas de traitement	330 (78.19)	24	71	57	97	81	46.30	<0.001

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P;

Tableau 3. Stratégies d'adaptation au changement climatique utilisées par les paysans du Sud-Kivu

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Utilisation des haies antiérosives								
HAE utilisées	120 (28.43)	8	32	29	41	10	34.58	<0.001
HAE non utilisées	302 (71.56)	22	61	51	77	91	45.94	<0.001
Diguettes pour s'adapter au changement climatique								
Construction des diguettes	88 (20.85)	7	11	25	13	32	24.95	<0.001
Pas de construction diguette	334 (79.14)	23	82	55	105	69	56.17	<0.001
Exploitation des bas-fonds des collines								
Bas-fonds plus exploités	273 (64.69)	30	69	36	88	50	42.03	<0.001
Bas-fonds non exploités	149 (35.30)	0	24	44	30	51	52.77	<0.001
Les autres stratégies pour atténuer le choc dû au changement climatique								
Commerce	145 (34.36)	27	30	35	37	16	9.44	0.051
Aide de la diaspora	13 (3.08)	0	0	11	0	2	35.07	<0.001
Aucune autre activité	264 (62.55)	3	63	34	81	83	87.96	<0.001

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif, PNT = pas des tests statistiques appliqués.

Tableau 4. Connaissances paysannes sur le plan stratégiques des actions à mener pour s'adapter aux perturbations climatiques.

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Actions en cas des pluies tardives								
Prier Dieu	258 (61.13)	30	61	52	64	51	13.74	0.008
Consultation des devins et sages	42 (9.95)	0	1	7	10	24	44.42	<0.001
Ne rien faire	95 (22.51)	0	27	16	37	15	40.73	<0.001
Prier Dieu et consultés les devins	27 (6.39)	0	4	5	7	11	12.07	0.017
Autres	0 (0.00)	0	0	0	0	0		
Stratégies adoptées pour augmenter les chances des réussites								
Dispersion des champs	199 (47.15)	1	49	45	80	24	87.50	<0.001
Aucune stratégie	165 (39.10)	29	44	31	38	23	8.06	0.089ns
Entretien des cultures	58 (13.74)	0	0	4	0	54	194.75	<0.001
Autres	0 (0.00)	0	0	0	0	0		
Développement de maraichage								
Augmentation	153 (36.25)	9	38	20	26	60	49.64	<0.001
Diminution	148 (35.07)	1	37	31	56	23	54.56	<0.001
Sans changement	121 (28.67)	20	18	29	36	18	10.61	0.032

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif

Tableau 5a. Actions endogènes menées pour s'adapter aux perturbations et changement climatiques au Sud-Kivu

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Actions locales en vues pour s'adapter au changement climatique								
Concertation des agriculteurs	75 (17.77)	3	28	7	27	10	36.4	<0.001
Filière résistantes	140 (33.17)	21	27	19	41	32	11.28	0.024
Agriculture régénératrice	79 (18.72)	0	15	21	26	17	24.22	<0.001
Stock semenciers et banques céréalières	20 (4.73)	0	0	13	2	5	29.5	<0.001
Spécialiser les zones agricoles	76 (18.01)	6	15	8	19	28	20.71	<0.001
Concertation création filière	20 (4.73)	0	4	4	3	9	10.5	0.033
Filières et agri régénératrice	8 (1.89)	0	4	4	0	0	12	0.017
Toutes ces actions ci-haut citées	4 (0.94)	0	0	4	0	0	16	0.003
Travail sur les superficies pour augmenter les récoltes								
Achat	96 (22.94)	1	18	33	29	15	33.16	<0.001
Location	244 (57.81)	21	70	31	77	45	48.13	<0.001
Emprunt	18 (4.26)	0	1	13	4	0	33.66	<0.001
Achat et location	53 (12.55)	6	4	3	8	32	55.39	<0.001
Achat et emprunt	2 (0.47)	2	0	0	0	0	8	0.092
Location et emprunt	9 (2.13)	0	0	0	0	9	36	<0.001

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif, PNT = pas des tests statistiques appliqués.

Tableau 5b. Projection sur les actions pouvant être envisagées dans la quête de l'adaptation aux changements et perturbations climatiques

Autres actions à mener dans la perspective d'une adaptation aux aléas climatiques								
Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Utiliser des haies antiérosives, des diguettes, l'arrosage et le drainage	58 (13.74)	2	3	7	12	34	59.41	<0.001
Sensibilisez les communautés à agir en synergie contre les effets du cc	30 (7.11)	5	4	9	12		5.46	0.141
Reboisement; agroforesterie, culture sous abris et bonne gestions des résidus des champs	124 (29.38)	15	33	35	23	18	12.77	0.012
Spécialiser les zones agricoles suivant leurs aptitudes	30 (7.11)	0	15	0	15		30	<0.001
Privilégier les plantes et variétés résistantes et bien adaptées	40 (9.47)	0	12	0	21	7	39.25	<0.001
Prier Dieu et consultés les divinités du milieu	51 (12,08)	0	7	20	16	8	24.39	<0.001
Rien à faire on observe seulement la suite	89 (21.09)	8	19	9	19	34	24.65	<0.001

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif, PNT = pas des tests statistiques appliqués.

Tableau 6. Connaissances des difficultés rencontrées dans la conduite des activités au sein des agroécosystèmes

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Difficultés rencontrées dans la conduite actuelle des activités agricoles								
Beaucoup des conflits fonciers	29 (6.87)	4	6	6	11	2	7.72	0.102 ns
Eboulement de terre et érosion	4 (0.94)	0	0	4	0	0	16	0.003
Faible rendement des cultures et baisse de prix	30 (7.11)	0	16	5	5	4	23.66	<0.001
Feu de brousse et le manque de route	3 (0.71)	0	0	3	0	0	12	0.017
Insécurité dans le pays et vol des produits agricoles accompagnaient par la sorcellerie	6 (1.42)	0	0	0	0	6	24	<0.001
Le sol est devenu non fertile (qualité dégradée)	8 (1.89)	0	0	0	8	0	32	<0.001
Les plantes sont actuellement très attaquées par les maladies et ravageurs	28 (6.63)	4	0	10	7	7	10.21	0.037
Manque des moyens financiers pour les besoins (travaux au champ nourriture, soins et scolarité)	192 (45.49)	9	34	36	56	57	40.23	<0.001
Manque des routes de dessertes agricoles	10 (2.36)	0	3	1	6	0	13	0.011
Non implication de l'Etat dans l'agriculture chez le paysan	22 (5.21)	0	4	0	11	7	20.27	<0.001
Perturbation et incertitudes des facteurs et aléas climatiques	62 (14.69)	13	13	12	9	15	1.54	0.818
Rareté et exigüité des terres agricoles donc insuffisance des terres arables	8 (1.89)	0	8	0	0	0	32	<0.001
Rien à signaler comme difficultés	20 (4.73)	0	9	3	5	3	11	0.027
Ceux qui aident à travailler dans les agroécosystèmes(Champs)								
Enfant	186 (44.07)	27	30	56	55	18	32.11	<0.001
Main d'œuvre	163 (38.62)	2	40	17	38	66	72.98	<0.001
Aucune personne n'aide	58 (13.74)	1	18	6	22	11	25.27	<0.001
Enfant et main d'œuvre	15 (3.55)	0	5	1	3	6	8.66	0.070ns

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif, PNT = pas des tests statistiques appliqués.

Tableau 7. Connaissances sur les assurances des activités agricoles aux risques climatiques et mesures d'adaptation endogène et institutionnelle

Variables	Fréquence : N= 422(%)	Idjwi	Kabare	Kalehe	Walungu	Uvira	χ^2	P-Value
Assurances des activités agricoles contre les aléas climatiques								
Sont assurés	0 (0.00)	0	0	0	0	0		
Pas d'assurances	422 (100)	30	93	80	118	101	52.81	<0.001
Q98. Mesures d'adaptation								
Changement des variétés	280 (66.35)	0	57	43	85	95	101.24	<0.001
Introduction des nouvelles cultures	88 (20.85)	22	23	19	18	6	10.52	0.032
Autres activités	44 (10.42)	7	8	18	11	0	19.40	0.001
Remplacement des anciennes cultures	10 (2.36)	1	5	0	4	0	11	0.027
Rien n'est fait	0 (0.00)	0	0	0		0		
Recevez- vous des aides de la part des ONGs et du gouvernement								
Les aides sont reçues	104 (24.64)	20	17	18	28	21	3.59	0.463
Aides non reçues	318 (75.35)	10	76	62	90	80	82.81	<0.001
Q100. Nature des aides								
Subvention engrais/intrants	78 (18.48)	24	8	10	18	18	10.97	0.027
Don de matériels agricoles	47 (11.13)	4	9	24	10	0	35.23	<0.001
Rien à signaler	268 (63.50)	0	76	21	90	81	121.51	<0.001
Subvention intrant et don	29 (6.87)	2	0	25	0	2	80.13	<0.001
Impacts de ces aides reçus par certains fermiers								
Augmentation des revenus	106 (25.11)	30	14	26	21	15	9	0.061
Sans changement	141 (33.41)	0	31	54	36	20	56.62	<0.001
Rien à signaler	175 (41.46)	0	48	0	61	66	121.6	<0.001
Nature des aides attendues pour d'adapter aux perturbations climatiques								
Subvention engrais et intrants	51 (12.08)	20	5	14	8	4	17.72	0.001
Don en matériels	48 (11.37)	3	5	30	6	4	54.70	<0.001
Rien (aucune aide)	314 (74.40)	2	83	32	104	93	122.01	<0.001
Intrants et matériels	9 (2.13)	5	0	4	0	0	13.77	0.008
Autres	0 (0.00)	0	0	0	0	0		

Légende : Les différents niveaux de signification du test sont indiqués par les valeurs de P; ns= test non significatif

3.2 DÉTERMINANTS DES STRATÉGIES D'ADAPTATION MISE EN PLACE PAR LES AGRICULTEURS DU SUD-KIVU POUR FAIRE FACE AUX EFFETS DES PERTURBATIONS CLIMATIQUES

Les connaissances des paysans sur les stratégies et mesures d'adaptation au changement climatique, le choix et l'adoption de ces stratégies pour faire face aux atrocités du climat dans le contexte du Sud-Kivu sont influencés par plusieurs facteurs qui en déterminent la place dans les savoirs endogènes en matière d'adaptation des agroécosystèmes, la production agricole et la sécurité alimentaire au changement et perturbations climatiques.

Le modèle généralisé linéaire (GLM) a montré que le niveau des connaissances des bonnes stratégies d'adaptation aux perturbations climatiques était associé à plusieurs facteurs. Le facteur qui avait une influence positive était la lutte contre les ennemis des cultures (GLM : $Z = 3.66$, $P < 0.001$) et celui qui avait une influence négative était le fait que les agriculteurs développent certains mécanismes endogènes pour s'adapter au changement climatique (GLM : $Z = -2.27$, $P = 0.023$) (Tableau-8).

Quant à l'utilisation des pratiques culturales comme la construction des diguettes, l'utilisation des techniques de régénérescence des sols et les amendements, la lutte contre les ennemis des cultures etc. en tant que stratégies d'adaptation au changement climatique était associée à plusieurs facteurs dont l'augmentation des superficies emblavées pour augmenter les récoltes (GLM : $Z = 4.48$, $P < 0.001$), le changement des attitudes comme l'exploitation des variétés culturales perforées (améliorées), le recours à d'autres activités comme le petit commerce etc. (GLM : $Z = 3.50$, $P < 0.001$) qui avaient une influence positive et le facteur qui avait une influence négative était la connaissance sur l'utilisation des haies antiérosives (GLM : $Z = -2.39$, $P = 0.017$) (Tableau 9).

Les analyses par le même modèle généralisé linéaire (GLM) ont indiqué que le choix d'augmenter les rendements comme stratégie d'adaptation au changement climatique était influencé positivement par la construction des diguettes (GLM : $Z =$

2.87, $P = 0.004$), l'utilisation des superficies pour augmenter les récoltes (GLM : $Z = 4.56$, $P < 0.001$) et négativement les attitudes adoptées pendant le retard des pluies comme la consultation des sages, des devins et soit ne rien faire (GLM : $Z = -11.51$, $P < 0.001$) (Tableau-10).

Et le choix de la superficie comme un élément d'augmentation des récoltes parmi les stratégies d'adaptation au changement et perturbations climatiques était associé et influencé positivement par les stratégies d'augmentation des rendements des cultures (GLM : $Z = 4.56$, $P < 0.001$), les pratiques culturelles adoptées par les paysans (GLM : $Z = 4.48$, $P < 0.001$) et négativement par la construction des diguettes (GLM : $Z = -5.66$, $P < 0.001$), (Tableau-11). Quant à l'adoption des différentes mesures et attitudes envisagées par les paysans comme stratégies d'adaptation aux aléas du climat, le modèle généralisé linéaire (GLM) a montré qu'elle était associée à plusieurs facteurs (Tableau-12).

Les facteurs qui avaient une influence positive étaient les attitudes des paysans pendant le retard des pluies (GLM : $Z = 2.08$, $P = 0.038$), le faible amendement utilisé pour enrichir des sols (GLM : $Z = 3.30$ et $P = 0.001$), les pratiques culturelles adoptées (GLM : $Z = 3.50$, $P < 0.001$) et l'absence des assurances des activités agricoles contre les risques climatiques (GLM : $Z = 2.25$, $P = 0.024$), puis les facteurs qui avaient une influence négative étaient le recours à la superficie pour augmenter les récoltes (GLM : $Z = -5.66$, $P < 0.001$) et la connaissance des bonnes stratégies d'adaptation (GLM : $Z = -2.27$, $P = 0.023$). Pour l'influence de l'assurance des activités agricoles contre les risques climatiques comme stratégie d'adaptation au changement climatique, il a été trouvé que la proposition d'assurer les activités agricoles était associée positivement à plusieurs facteurs dont l'exploitation des bas-fonds (GLM : $Z = 2.14$, $P = 0.032$), l'adoption des différentes attitudes pour s'adapter (GLM : $Z = 2.50$, $P = 0.013$) et les facteurs qui avaient une influence négative étaient la pratique des haies antiérosives (GLM : $Z = -2.72$, $P = 0.007$) et la lutte contre les ennemis des cultures (GLM : $Z = -2.75$, $P = 0.006$) (Tableau-13)

Tableau 8. Modèle Linéaires Généralisés (GLM) testant les influences des facteurs indépendants (données sociodémographiques et les facteurs climatiques) sur la connaissance des bonnes stratégies d'adaptation aux perturbations climatiques mise en place actuellement au Sud-Kivu, Novembre 2015- Avril 2016

GLM: Gaussian identity model						
Variable dépendante: Connaissance des bonnes stratégies d'adaptation	Coef.	OIM Std. Err.	Z	P> z	[95% Confi. Interval	
Variables indépendantes						
Territoire ou site d'étude	.0126345	.0254963	0.50	0.620	-.0373373	.0626063
Sexe de l'enquêté (e)	.0148751	.0496725	0.30	0.765	-.0824811	.1122313
Age de l'enquêté (e)	-.0055928	.0069005	-0.81	0.418	-.0191175	.0079318
Activité principale	.0271375	.058347	0.47	0.642	-.0872205	.1414954
Nombre d'enfants par ménage	.0011168	.013613	0.08	0.935	-.0255642	.0277978
Stratégie de régénération des sols	.0292994	.0355564	0.82	.410	-.0403898	.0989886
Pratiques culturelles adoptées	-.0094022	.0504874	-0.19	0.852	-.1083557	.0895512
Les amendements pour enrichir le sol	.0474791	.0505659	0.94	0.348	-.0516283	.1465864
Lutte contre les ennemis des cultures	.1917293	.0523366	3.66	0.000	.0891514	.2943071
Pratique des haies antiérosives	.0431774	.06798	0.64	0.525	-.0900609	.1764157
Construction des diguettes	.0942905	.0800952	1.18	0.239	-.0626933	.2512743
Exploitation des bas-fonds	.0940545	.0698762	1.35	0.178	-.0429003	.2310094
Attitude pendant le retard des pluies	.0195815	.0664306	.29	0.768	-.1106202	.1497831
Stratégie d'augmentation des rendements	-.0092369	.061395	-0.15	0.880	-.129569	.1110952
Pratique de maraichage	-.0410167	.0585085	-0.70	0.483	-.1556911	.0736578
Superficie pour augmenter les récoltes	-.0093394	.0564837	-0.17	0.869	-.1200454	.1013667
Attitude pour s'adapter au changement climatique	-.1229086	.0542053	-2.27	0.023	-.229149	-.016668
Mesure d'adaptation au changement climatique	.0223559	.0601771	0.37	0.710	-.0955891	.140301
Assurances des activités agricoles aux risques climatiques	-.0568549	.0505927	-1.12	0.261	-.1560147	.0423049
Appuis attendus pour s'adapter au changement climatique	.0018312	.0590983	0.03	0.975	-.1139993	.1176616
Aides reçues pour s'adapter au changement climatique	-.0983908	.1352317	-0.73	0.467	-.3634401	.1666584
La nature des aides reçues	.0146459	.062946	0.23	0.816	-.108726	.1380177
Impact des aides sur l'adaptation	.0528331	.0721119	0.73	0.464	-.0885037	.1941698
Constant	1.230387	.4239357	2.90	0.004	.3994884	2.061286

Les autres statistiques : Number of observations= 422 ; Log likelihood = -290.6495863; AIC (Akaike's Information Criterion)= 1.49123; BIC (Schwarz's Bayesian Criterion) = -2307.947

Tableau 9. Modèle Linéaires Généralisés (GLM) testant les influences des facteurs indépendants (données sociodémographiques et les facteurs climatiques) sur les pratiques culturelles comme stratégies d'adaptation aux perturbations climatiques mise en place actuellement au Sud Kivu, Novembre 2015- Avril 2016

GLM: Gaussian identity model						
Variable dépendante: Pratiques culturelles adoptées comme stratégie	Coef.	OIM Std. Err.	Z	P> z	[95% Confi. Interval	
<i>Variables indépendantes</i>						
Connaissance des bonnes stratégies d'adaptation	-.009267	.0497618	-0.1	0.852	-.106798	.0882643
Territoire ou site d'étude	.0077639	.0253172	0.31	0.759	-.041857	.0573847
Sexe de l'enquêté(e)	.0616292	.049223	1.25	0.211	-.034846	.1581045
Age de l'enquêté(e)	.0004445	.0068563	0.06	0.948	-.012993	.0138826
Activité principale	.0151924	.0579369	0.26	0.793	-.098361	.1287468
Nombre d'enfants par ménage	.0140173	.0134967	1.04	0.299	-.012438	.0404703
Stratégie de régénération des sols	.0114771	.0353254	0.32	0.745	-.057759	.0807136
Les amendements pour enrichir le sol	-.077432	.0501067	-1.55	0.122	-.175639	.020752
Lutte contre les ennemis des cultures	.0881423	.0526429	1.67	0.094	-.015035	.1913204
Pratique des haies antiérosives	-.005082	.0675234	-0.08	0.940	-.137425	.1272611
Construction des diguettes	-.18887	.0790914	-2.39	0.017	-.343886	-.033853
Exploitation des bas-fonds	-.017881	.0695242	-0.26	0.797	-.154146	.1183839
Attitude pendant le retard des pluies	.0987489	.0657728	1.50	0.133	-.030163	.2276611
Stratégie d'augmentation des rendements	.1069111	.060718	1.76	0.078	-.012093	.2259162
Pratique de maraichage	.018892	.0581147	0.33	0.745	-.095010	.1327946
Superficie pour augmenter les récoltes	.2450309	.0547167	4.48	0.000	.137788	.352738
Attitude pour s'adapter au changement climatique	.1865497	.0533475	3.50	0.000	.081990	.2911089
Mesure d'adaptation au changement climatique	-.011904	.0597505	-0.20	0.842	-.129013	.105204
Assurances des activités agricoles aux risques climatiques	.0616645	.0502124	1.23	0.219	-.03675	.160079
Appuis attendus pour s'adapter au changement climatique	-.056877	.0586028	-0.97	0.332	-.171737	.0579817
Aides reçues pour s'adapter au changement climatique	-.005885	.1343454	-0.04	0.965	-.269197	.2574265
La nature des aides reçues	-.009485	.0624945	-0.15	0.879	-.131971	.113002
Impact des aides sur l'adaptation	-.010533	.0716382	-0.15	0.883	-.150941	.1298752
Constant	.583719	.4243013	1.38	0.169	-.247896	1.415334

Les autres statistiques : Number of observations= 422 ; Log likelihood = -287.5952976; **AIC** (Akaike's Information Criterion)= 1.476755; **BIC** (Schwarz's Bayesian Criterion) = -2309.355

Tableau 10. Modèle Linéaires Généralisés (GLM) testant les influences des facteurs indépendants (données sociodémographiques et les facteurs climatiques) sur la stratégie d'augmentation des rendements au Sud-Kivu, Novembre 2015- Avril 2016

GLM: Gaussian identify model						
Variable dépendante: Stratégie d'augmentation des rendements pour s'adapter	Coef.	OIM Std. Err.	Z	P> z	[95% Confi. Interval	
<i>Variables indépendantes</i>						
Attitude pendant le retard des pluies	-.5406615	.0469855	-11.5	0.000	-.6327514	-.4485715
Exploitation des bas-fonds	.0080828	.0571765	0.14	0.888	-.1039811	.1201466
Construction des diguettes	.1861637	.0648369	2.87	0.004	.0590857	.3132417
Pratique des haies antiérosives	.0096386	.0555261	0.17	0.862	-.0991906	.1184678
Lutte contre les ennemis des cultures	.0063952	.0434418	0.15	0.883	-.0787492	.0915396
Les amendements pour enrichir le sol	.0567207	.0412307	1.38	0.169	-.0240901	.1375314
Pratiques culturelles adoptées	.0722995	.041061	1.76	0.078	-.0081786	.1527776
Connaissance des bonnes stratégies d'adaptation	-.0061567	.0409222	-0.15	0.880	-.0863628	.0740493
Territoire ou site d'étude	-.0028238	.0208216	-0.14	0.892	-.0436333	.0379857
Sexe de l'enquêté(e)	.0266615	.0405361	0.66	0.511	-.0527877	.1061107
Age de l'enquêté(e)	.0018841	.0056375	0.33	0.738	-.0091652	.0129335
Activité principale	.0319134	.0476216	0.67	0.503	-.0614233	.1252501
Nombre d'enfants par ménage	-.0080087	.0111068	-0.72	0.471	-.0297776	.0137601
Stratégie de régénération des sols	.0004963	.0290536	0.02	0.986	-.0564478	.0574403
Pratique de maraichage	.0057804	.047796	0.12	0.904	-.0878981	.0994588
Superficie pour augmenter les récoltes	.2048848	.0449578	4.56	0.000	.116769	.2930005
Attitude pour s'adapter au changement climatique	-.0681313	.044408	-1.53	0.125	-.1551693	.0189068
Mesure d'adaptation au changement climatique	-.0248578	.0491224	-0.51	0.613	-.121136	.0714204
Assurances des activités agricoles aux risques climatiques	.0186675	.0413597	0.45	0.652	-.062396	.099731
Appuis attendus pour s'adapter au changement climatique	-.0047019	.0482484	-0.10	0.922	-.099267	.0898632
Aides reçues pour s'adapter au changement climatique	-.0067942	.1104785	-0.06	0.951	-.2233281	.2097398
La nature des aides reçues	.0136577	.0513892	0.27	0.90	-.0870633	.1143786
Impact des aides sur l'adaptation	.0006447	.0589132	0.01	0.991	-.114823	.1161124
Constant	1.472739	.3418728	4.31	0.000	.8026807	2.142798

Les autres statistiques : Number of observations= 422 ; Log likelihood = -205.0560803; **AIC** (Akaike's Information Criterion)= . 1.085574; **BIC** (Schwarz's Bayesian Criterion) = -2340.614

Tableau 11. Modèle Linéaires Généralisés (GLM) testant les influences des facteurs indépendants (données sociodémographiques et les facteurs climatiques) sur l'augmentation des superficies comme stratégie d'adaptation aux perturbations climatiques mise en place actuellement au Sud-Kivu, Novembre 2015- Avril 2016

GLM: Gaussian identify model						
Variable dépendante:	Coef.	OIM	Z	P> z	[95% Confi. Interval	
Superficie pour augmenter les récoltes		Std. Err.				
<i>Variables indépendantes</i>						
Stratégie d'augmentation des rendements	.2420609	.0531154	4.56	0.000	.1379566	.3461651
Attitude pendant le retard des pluies	.0452274	.0589135	0.77	0.443	-.070241	.1606957
Exploitation des bas-fonds	.0080442	.062148	0.13	0.897	-.1137635	.129852
Construction des diguettes	-.1890987	.0705665	-2.68	0.007	-.3274066	-.0507908
Pratique des haies antiérosives	-.078807	.0602267	-1.31	0.191	-.1968492	.0392351
Lutte contre les ennemis des cultures	-.088967	.0470091	-1.89	0.058	-.1811031	.0031691
Les amendements pour enrichir le sol	-.0300935	.0448966	-0.67	0.503	-.1180892	.0579023
Pratiques culturelles adoptées	.1957709	.0437167	4.48	0.000	.1100877	.281454
Connaissance des bonnes stratégies d'adaptation	-.0073546	.0444799	-0.17	0.869	-.0945336	.0798244
Territoire ou site d'étude	-.026542	.0225933	-1.17	0.240	-.0708241	.01774
Sexe de l'enquêté(e)	.0663138	.0439589	1.51	0.131	-.0198441	.1524716
Age de l'enquêté(e)	-.0028657	.0061269	-0.47	0.640	-.0148741	.0091427
Activité principale	-.0590594	.0517066	-1.14	0.253	-.1604025	.0422837
Nombre d'enfants par ménage	.0089775	.0120719	0.74	0.457	-.0146831	.032638
Stratégie de régénération des sols	.004473	.0315789	0.14	0.887	-.0574205	.0663665
Pratique de maraichage	.0030093	.0519523	0.06	0.954	-.0988154	.104834
Attitude pour s'adapter au changement climatique	-.2635453	.0465743	-5.66	0.000	-.3548292	-.1722613
Mesure d'adaptation au changement climatique	-.0377775	.053377	-0.71	0.479	-.1423945	.0668395
Assurances des activités agricoles aux risques climatiques	.0466927	.0449063	1.04	0.298	-.0413219	.1347073
Appuis attendus pour s'adapter au changement climatique	.0241501	.05243	0.46	0.645	-.0786107	.126911
Aides reçues pour s'adapter au changement climatique	-.1071206	.1199645	-0.89	0.372	-.3422467	.1280056
La nature des aides reçues	.0734512	.0557407	1.32	0.188	-.0357986	.1827009
Impact des aides sur l'adaptation	.0005379	.0640354	0.01	0.993	-.1249691	.1260449
Constant	1.82588	.36898	4.95	0.000	1.102693	2.549068

Les autres statistiques : Number of observations= 422 ; Log likelihood = -240.238568; **AIC** (Akaike's Information Criterion) 1.252315; **BIC** (Schwarz's Bayesian Criterion) = -2328.766

Tableau 12. Modèle Linéaires Généralisés (GLM) testant les influences des facteurs indépendants (données sociodémographiques et les facteurs climatiques) sur l'adoption de différentes stratégies d'adaptation aux perturbations climatiques mise en place actuellement au Sud-Kivu, Novembre 2015- Avril 2016

GLM: Gaussian identify model						
Variable dépendante: Adoption des différentes stratégies des pour s'adapter au changement climatique	Coef.	OIM Std. Err.	Z	P> z	[95% Confi. Interval	
Variables indépendantes						
Superficie pour augmenter les récoltes	-.2825361	.0499304	-5.66	0.000	-.380398	-.1846743
Stratégie d'augmentation des rendements	-.0862939	.0562464	-1.53	0.125	-.1965349	.023947
Attitude pendant le retard des pluies	.126106	.0607162	2.08	0.038	.0071045	.2451076
Exploitation des bas-fonds	-.0050674	.064349	-0.08	0.937	-.1311892	.1210544
Construction des diguettes	.0895804	.0735841	1.22	0.223	-.0546419	.2338026
Pratique des haies antiérosives	.082177	.062357	1.32	0.188	-.0400404	.2043945
Lutte contre les ennemis des cultures	-.0210708	.0488805	-0.43	0.666	-.1168747	.0747332
Les amendements pour enrichir le sol	.1514696	.0458884	3.30	0.001	.0615299	.2414093
Pratiques culturelles adoptées	.1597867	.0456941	3.50	0.000	.0702278	.2493455
Connaissance des bonnes stratégies d'adaptation	-.1037628	.0457616	-2.27	0.023	-.1934538	-.0140717
Territoire ou site d'étude	.0131138	.0234245	0.56	0.576	-.0327973	.0590249
Sexe de l'enquêté(e)	.0574787	.0455541	1.26	0.207	-.0318057	.146763
Age de l'enquêté(e)	-.0023539	.0063444	-0.37	0.711	-.0147888	.0100809
Activité principale	-.0290116	.0536051	-0.54	0.588	-.1340757	.0760525
Nombre d'enfants par ménage	-.0001308	.012508	-0.01	0.992	-.024646	.0243844
Stratégie de régénération des sols	-.0175756	.0326858	-0.54	0.591	-.0816386	.0464875
Pratique de maraichage	-.0025168	.0537917	-0.05	0.963	-.1079466	.1029129
Mesure d'adaptation au changement climatique	.015019	.0552963	0.27	0.786	-.0933598	.1233978
Assurances des activités agricoles aux risques climatiques	.1040746	.046266	2.25	0.024	.0133949	.1947543
Appuis attendus pour s'adapter au changement climatique	.0091521	.0542987	0.17	0.866	-.0972713	.1155756
Aides reçues pour s'adapter au changement climatique	-.0825079	.1242672	-0.66	0.507	-.3260672	.1610513
La nature des aides reçues	.0547777	.0577747	0.95	0.343	-.0584586	.1680139
Impact des aides sur l'adaptation	.0459922	.0662623	0.69	0.488	-.0838796	.1758639
Constant	1.126872	.3895464	2.89	0.004	.3633753	1.890369

Les autres statistiques : Number of observations= 422 ; Log likelihood = -240.238568; **AIC** (Akaike's Information Criterion)= 1.252315; **BIC** (Schwarz's Bayesian Criterion) = -2328.766

Tableau 13. Modèle Linéaires Généralisés (GLM) testant les influences des facteurs indépendants (données sociodémographiques et les facteurs climatiques) sur l'existence des assurances des activités agricoles aux risques climatiques au Sud-Kivu, Novembre 2015- Avril 2016

GLM: Gaussian identify model inverse						
Variable dépendante: Assurances des activités agricoles aux risques climatiques	Coef.	OIM Std. Err.	Z	P> z	[95% Confi. Interval	
<i>Variables indépendantes</i>						
Attitude pour s'adapter au changement climatique	.138593	.0555125	2.50	0.013	.0297905	.2473956
Superficie pour augmenter les récoltes	.0513542	.0555492	0.92	0.355	-.0575203	.1602286
Stratégie d'augmentation des rendements	.0486503	.0597544	0.81	0.416	-.0684662	.1657667
Attitude pendant le retard des pluies	.0097689	.0652587	0.15	0.881	-.1181358	.1376737
Exploitation des bas-fonds	.1561204	.0729254	2.14	0.032	.0131892	.2990516
Construction des diguettes	.0580891	.0832842	0.70	0.486	-.1051449	.2213231
Pratique des haies antiérosives	-.1893985	.0696535	-2.72	0.007	-.3259168	-.0528802
Lutte contre les ennemis des cultures	-.1422885	.051754	-2.75	0.006	-.2437244	-.0408526
Les amendements pour enrichir le sol	-.0056733	.0515715	-0.11	0.912	-.1067516	.095405
Pratiques culturelles adoptées	.0649733	.0514814	1.26	0.207	-.0359285	.1658751
Connaissance des bonnes stratégies d'adaptation	-.0496473	.0516889	-0.96	0.337	-.1509557	.0516612
Territoire ou site d'étude	-.0467297	.0271604	-1.72	0.085	-.0999632	.0065037
Sexe de l'enquêté(e)	-.0838416	.0500383	-1.68	0.094	-.1819149	.0142318
Age de l'enquêté(e)	.0024993	.0071303	0.35	0.726	-.0114759	.0164745
Activité principale	.0303393	.0586116	0.52	0.605	-.0845373	.1452159
Nombre d'enfants par ménage	-.0120229	.0142202	-0.85	0.398	-.0398939	.0158482
Stratégie de régénération des sols	.0239276	.0336435	0.71	0.477	-.0420125	.0898676
Pratique de maraichage	-.0626814	.0593573	-1.06	0.291	-.1790196	.0536567
Mesure d'adaptation au changement climatique	.0185902	.0657726	0.28	0.777	-.1103217	.1475022
Appuis attendus pour s'adapter au changement climatique	.0064437	.0600316	0.11	0.915	-.111216	.1241034
Aides reçues pour s'adapter au changement climatique	.0727226	.1359033	0.54	0.593	-.1936431	.3390882
La nature des aides reçues	-.0602672	.0652953	-0.92	0.356	-.1882437	.0677092
Impact des aides sur l'adaptation	-.0063771	.0699783	-0.09	0.927	-.1435321	.1307779
Constant	1.536197	.4108559	3.74	0.000	.7309343	2.34146

Les autres statistiques : Number of observations= 422 ; Log likelihood = -616.1299136; **AIC** (Akaike's Information Criterion)= 3.033791; **BIC** (Schwarz's Bayesian Criterion) = -2373.442

4 DISCUSSION

L'agriculture au Sud-Kivu est essentiellement pluviale, elle dépend plus des pratiques agricoles au sein des agroécosystèmes et des facteurs climatiques comme la pluviosité et la température. Actuellement, il s'observe une variabilité des ces facteurs climatiques et les effets sont ressentis par la population. Donc l'agriculture avec tous ses dépendants doivent être affectés. Pour faire face aux effets néfastes du changement climatique et des différentes perturbations observés actuellement, les populations paysannes du Sud-Kivu ne restent pas insensibles, elles entreprennent des mesures et stratégies dans le cadre d'ajuster leurs activités de production agricole en fonction de la variabilité des facteurs climatiques. Bien que la liste des principales stratégies d'adaptation entreprises par les paysans agriculteurs ne soit exhaustive, celles identifiées au Sud-Kivu (Tableau-14), rencontrent en partie celles identifiées par Chede et al. (2012) dans la commune de Save au Bénin lors d'une étude sur les risques climatiques et activités agricoles.

Tableau 14. Principales stratégies d'adaptation des agroécosystèmes, de la production agricole et de la sécurité alimentaire développées par les paysans agriculteurs au Sud-Kivu 2016

Stratégies	Mesures et pratiques d'adaptation
Techniques :	Pratique des semis tardifs comme le haricot et l'arachide Pratique des semis précoces pour certaines cultures comme le manioc, Changement de la densité de semi, Pratique de plus de ressemis, Pratique de la culture des variétés à haut rendement (Exemple le riz à haut rendement dans la plaine de la Ruzizi et le soja en territoire de Kabare), Culture des variétés locales qui sont rustiques, Utilisation de plus d'amendement de type organique, Pratique des techniques de régénérescence des sols, Pratique de la rotation des cultures, Cultures des plantes de couverture dans les agroécosystèmes, Pratique de la lutte antiérosive, Construction des diguettes, Protection et exploitation des bas-fonds, Développement des cultures maraichères, Irrigation des surfaces irrigables, Entretien des cultures, Promotion de la filière des variétés résistantes, Constitution des stocks semenciers et des banques céréalières, Pratique du drainage des marais, de reboisement, de l'agroforesterie, et des cultures sous abris, Gestion écologique des résidus des champs,
Culturelles:	Consultation de Dieu par la prière en cas de retard dans l'arrivée des pluies et de sécheresse prolongée, Consulter les devins et les sages
Institutionnelles:	Dispersion des champs dans les différentes zones agroécologiques, Spécialisation des zones agricoles suivant leurs aptitudes, Entreprendre les concertations entre agriculteurs, et entre éleveurs, Valorisation des connaissances et savoirs endogènes. Prise en compte et valorisation de la production des services écosystémiques. Augmentation des espaces par la location des terres (si disponible)

La plus part des stratégies développées par les paysans agriculteurs au Sud-Kivu sont des réactions aux effets des aléas climatiques mais ne sont pas préventives. Ceci rencontre ce que Dugue (2012) affirme dans une étude sur la caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne, cependant il y a une tendance vers les stratégies préventives comme l'adoption de l'agroforesterie, l'agriculture écologique et la pratique des techniques de régénérescence des qualités biologiques des sols. Néanmoins leur adoption par les paysans agriculteurs est très lente par rapport à la vitesse des perturbations des facteurs climatiques dans la région.

Parmi toutes ces mesures il y en a qui peuvent être déconseillées en fonction des zones et des cultures. C'est comme le semi tardif et la réduction de la densité de semis du maïs qui ont présentés des limites dans le contexte du Bénin (Tidjani et Akponikpe, 2012) dont le test dans le contexte du Sud-Kivu pourrait révéler une similitude. Quelques autres attitudes ont été identifiées lors de cette étude et montrent qu'au lieu d'être des stratégies pour faire face aux atrocités du changement climatique, fragilisent les capacités des agriculteurs et des agroécosystèmes dans le domaine d'adaptation au changement climatique.

Ce qui est donné ci-dessous n'est fait qu'à titre indicatif de ce qui est issu des résultats de cette étude.

- Une bonne partie de la population paysanne (39,10%) n'envisage aucune stratégie d'adaptation. Ne faisant rien, ils assistent impuissamment aux affres du climat
- Ils sont rares qui pratiquent le traitement phytosanitaire et la majorité (78,19%) préfèrent ne rien appliquer comme traitement des cultures pendant les attaques par les bioagresseurs.
- Une faible adoption des techniques de régénérescence des sols fragilise le secteur agricole face aux effets du changement et perturbations climatiques.
- l'abandon des certaines cultures importantes sans le remplacer.

Toutes ces stratégies préconisées et adoptées par les paysans agriculteurs du Sud-Kivu devraient être testées selon les zones agropastorales et la diversité biologique exploitée afin de constituer une base nécessaire à l'adaptation des agroécosystèmes, de la production alimentaire et de la sécurité nutritionnelle au changement variabilité climatiques dans la région.

5 CONCLUSION

Au Sud-Kivu, Province se trouvant à l'Est de la République Démocratique du Congo, le changement et la variabilité climatiques sont déjà très ressentis par les paysans, leurs impacts sur les agroécosystèmes, sur la production agricole et sur la sécurité alimentaire sont une réalité dans ces milieux paysans qui sont en train d'être fortement anthropisés.

Les paysans qui exploitent les agroécosystèmes dans les différentes zones agroécologiques du Sud-Kivu développent actuellement des moyens pour faire face aux atrocités du changement climatique. Ils connaissent que la lutte antiérosive, la lutte contre les ennemis des cultures, l'exploitation rationnelle des bas-fonds, les techniques de régénération des sols, le drainage, le reboisement, l'agroforesterie, les cultures sous abris, la spécialisation des zones agricoles suivant leurs aptitudes, la gestion des résidus des champs et la sensibilisation des communautés à former des synergies de lutte contre les effets de changement climatique peuvent les aider à bien s'adapter, bien que leur adoption soit encore à ses débuts et demande de mettre en place des projets intégrateurs.

Les résultats de cette étude sur les stratégies d'adaptation au changement et perturbation climatiques montrent que les agriculteurs dans les territoires du Sud-Kivu perçoivent effectivement les effets néfastes des perturbations climatiques au sein des agroécosystèmes et développent des mécanismes et stratégies pour l'adaptation, cependant la pratique des stratégies envisagées est encore rudimentaire et devrait faire preuve des suivis urgents pour renforcer les capacités d'adaptation qu'offre les milieu c'est pourquoi une étude de l'efficacité de chacune des stratégies s'avère importante afin des vulgariser celles qui se révéleront plus pertinentes, efficaces, praticables, faisable et accessible.

Bref toutes ces stratégies, qui du reste sont réactives, devraient être testées selon les zones agroécologiques et la diversité biologique exploitée. Elles doivent également être renforcées par les assurances des activités agricoles aux risques climatiques et l'installation des dispositifs d'alerte précoce dans chaque territoire pour avertir les agriculteurs sur l'évolution des paramètres environnementaux. Les stratégies de prévention des risques sont également recommandables dans le contexte des agroécosystèmes du Sud-Kivu comme le reboisement et la lutte contre la dégradation de l'environnement dans sa globalité.

REFERENCES

- [1] Byenda MB., Dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale : menace et défi des générations au Sud-Kivu. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17: 43-56, 2016.
- [2] Chede FD., Houdenou C., Sarr B et Yabi I., Risques climatiques et activités agricoles dans la commune de Save, *XXVIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 2 :159-163, 2012.
- [3] Dugue MJ., Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne, *in Agronomes et Vétérinaires sans frontières* 50 Pages, 2012.
- [4] Kanyenga LA., Adaptation des accessions variétales de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) Bio fortifié. « Influence des conditions pédoclimatique et des itinéraires techniques sur la performance et la stabilité du rendement et des micronutriments dans les différentes zones agro écologiques de la RDC » *Thèse, UNILU, Inédite*. 248 pages, 2012.
- [5] Kengoum F., Tiani AM., Politiques d'adaptation et d'atténuation au Cameroun: Pistes des synergies. *Document occasionnel 96. Bogor, Indonésie*. 54 pages, 2013.
- [6] Nefzi A., Evaluation économique de l'impact du changement climatique sur l'agriculture : étude théorique et application au cas de la Tunisie, *AgroParisTech UMR Économie Publique, Centre de Grignon, France*, 282 pages, 2012.
- [7] Sabai K., Dagbenonbakin G D., Agbangba CE., De Souza JF., Kpagbin G., Azontondé A., Ogouwalé E., Tinté B. et Sinsin B., Perceptions locales de la manifestation des changements climatiques et mesures d'adaptation dans la gestion de la fertilité des sols dans la Commune de Banikoara au Nord-Bénin, *in Journal of Applied Biosciences* 82:7418–7435, 2014.
- [8] Sogoba N., Abdulai J., Michel N., Revue de la recherche et des politiques relatives à l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de la santé en Afrique centrale, 32pages, 2014.
- [9] Tidjani MA., Akponikpe PBI., Evaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques : cas de la production du maïs au Nord-Bénin. *African crop science journal*, 20: 425-441, 2012.
- [10] Yegbemey RN., Yabi JA., Aihounon GB., Paraíso A., Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cah Agricxx* : 1-11. doi : 10.1684/agr.2014.0697, 2014.

Diagnostic de l'état d'exploitation du stock de *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 (Piscès; Clupeidae) au lac de barrage de Taabo par l'application de la méthode des indicateurs biologiques

[Diagnosis of stock exploitation of *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 (Piscès; Clupeidae) at the Taabo reservoir by the biological indicator method application]

Konan Eric Ahoutou¹, Kouassi Sebastino Da Costa², Yéhé Mathieu Dietoa³, and Essetchi Paul Kouamelan¹

¹Laboratoire d'Hydrobiologie, UFR. Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Station de recherche en pêche et Aquaculture continentales (SRPAC), Laboratoire d'Ichtyologie et de Conservation des gènes de poissons, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Bouaké, Côte d'Ivoire

³Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The reference diagnosis of *Pellonula leonensis* stock exploitation at Taabo Lake was established, in part, through the characterization of the shore seines used in the fishery this Fish species, and on the other hand, the rate of mature specimens, the percentage of fish at optimal size, and the percentage of super-breeders. The results of our study shows, that there is no correlation in the assembly of seines. The correlation between fall and length is - 0.43. The distance between the rope and the length is 0.07. The value of the relationship between pocket length and purse length is low (0.65). The mesh at the level of the net plies are composed of 4.63 to 25.04 mm and those of the pockets vary between 2.48 and 6.64 mm. The seines with *P. leonensis* are differentiated by their length with corollary 3 types of seines (large, medium and small). The current status of the technological characteristics of *P. leonensis* seines has a negative impact on this Fish species stock equilibrium at Lake Taabo. The biological indicators applied to this stock under exploitation shows, that this species is fully exploited. The rates of juveniles, and those at optimal size in the catches are respectively 49.38% and 61.27%. *P. leonensis* in Taabo Lake is threatened because the super-breeders reach 9.23% in catches. In addition, this species is captured before length of first sexual maturity. The length of this Fish species at the optimal size (33.49 to 40.93) and the size at first sexual maturity (31.85 mm) can serve as a reference for any co-management plan for "Mimie la go" fishery in Taabo Lake.

KEYWORDS: Reference diagnosis, biological indicator, *Pellonula*, Taabo Lake, Côte d'Ivoire.

RESUME: Le diagnostic de l'état d'exploitation du stock de *Pellonula leonensis* au lac de barrage de Taabo a été établi, d'une part, au travers de la caractérisation des sennes de rivage utilisées dans la pêche et, d'autre part, à partir de trois indicateurs biologiques à savoir, le pourcentage des spécimens matures, pourcentage de poisson à la taille optimale et le pourcentage des super reproducteurs. Les résultats obtenus montrent qu'il n'existe aucune corrélation dans le montage des sennes. La corrélation entre la chute et la longueur est de $r = -0,43$. Celle entre le cordage et la longueur est de 0,07. La valeur de la relation existant entre longueur des poches et celle des sennes est faible (0,65). Les mailles de côté au niveau des nappes de filet sont comprises de 4,63 à 25,04 mm et celles des poches varient entre 2,48 et 6,64 mm. Les sennes à *P. leonensis* se différencient par leur longueur avec pour corollaire 3 types de sennes (grandes, moyennes et petites). L'état actuel des caractéristiques technologiques des sennes à *P. leonensis* a un impact négatif sur l'équilibre du stock de l'espèce au lac Taabo. Les indicateurs

biologiques appliqués au stock soumis à exploitation montrent, que cette espèce est pleinement exploitée. Les taux de juvéniles, et ceux à la taille optimale dans les captures sont respectivement de 49,38% et 61,27%. L'espèce est menacée, car les super reproducteurs atteignent 9,23% dans les prises. Par ailleurs, cette espèce est capturée avant qu'elle ne soit mature. La longueur des poissons à la taille optimale (33,49 à 40,93) et la taille de première maturité sexuelle (31,85 mm) pourront servir de référence à tout plan de co-gestion de cette pêcherie.

MOTS-CLEFS: Pêcherie à *Pellonula leonensis*, engins de pêche, diagnostic référentiel, indicateurs biologiques, lac Taabo, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La pêche constitue un secteur économique très important dans de nombreux pays en développement [1]. Selon cet auteur, celle-ci est pourvoyeuse de devises. En effet, les produits de pêche font partie des denrées alimentaires de base les plus échangés au monde [2]. La pêche et, plus particulièrement, la pêche continentale occupe une place très importante en matière de sécurité alimentaire et pourtant souvent sous-estimée [3].

En Afrique, la production des ressources halieutiques continentales est passée de 2 502 885 t en 2008 à 2 855 870 t en 2014 [4]. En Côte d'Ivoire, cette production est comprise entre 41 350 t et 50 258 t [5]. Cela révèle une intensification de la pression de pêche sur la ressource dont la conséquence est de compromettre la durabilité des stocks halieutiques.

En Côte d'Ivoire, les pêches continentales, sont concentrées principalement sur les lacs de barrage de Buyo, Ayamé, Faé, Kossou et Taabo [6] [7]. L'exploitation intensive de ces plans d'eau par les populations riveraines a entraîné une baisse des captures des différentes pêcheries. Il s'agit des pêcheries au lac de Buyo [8], au lac de Kossou [9] et au lac de Faé [10]. Les espèces concernées sont *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus* au lac de d'Ayamé I [11] et de *Pellonula leonensis* au lac de barrage de Taabo [12]. Au regard des indications bibliographiques sur le lac de Taabo, on observe de 2006 à 2012, une baisse des rendements de ce poisson. La production annuelle de ce Clupeidae est passée de 20 t/up/an [13] à 10,59 t/up/an [12].

Les effets de la pêche sur les stocks s'observent à travers des changements de la biomasse mais également sur les structures de tailles [14] ; [15]. La taille moyenne des spécimens de *P. leonensis* capturés au lac de Taabo est nettement inférieure à celle des individus pêchés dans les autres lacs de barrage. Les travaux de [12] concernant les paramètres de population de *P. leonensis* indiquent, que cette espèce est sous-exploitée au lac de Kossou, alors que celle-ci est sujette à une pression importante au lac de Taabo.

Face à cet état de fait, la [16], indique que lorsque les ressources sont exploitées de manière irresponsable, ne rien faire pour y remédier aura des conséquences négatives. Cela peut conduire à une réduction critique des stocks halieutiques. Dans ce contexte, ce travail consiste à effectuer un diagnostic de la pêche de *Pellonula leonensis* au lac de Taabo. Cela passe d'une part par la caractérisation des sennes de rivage utilisées par les pêcheurs et d'autre part au travers d'indicateurs simples basés sur les fréquences de taille spécifiques, sur le pourcentage des poissons matures dans les captures, le pourcentage des poissons de taille optimale et le pourcentage des super reproducteurs, en vue de rationaliser son exploitation.

2 MATERIEL ET METHODES

Notre étude repose principalement sur les données de la période d'étude 2014-2015 au cours de laquelle un suivi mensuel régulier de l'exploitation de la pêcherie à "Mimie la go" a été opéré (Relevé des données de biologie de pêche et de capture). Pour les besoins du bilan diagnostic de l'évolution de l'exploitation des stocks de l'espèce considérée, nos données d'études de 2006-2007 au cours des quatre principales saisons climatiques au lac Taabo (Grande saison sèche, grande saison des pluies, petite saison sèche et petite saison des pluies) ont été utilisées pour évaluer les indicateurs biologiques indispensables à la comparaison avec les données d'exploitation de la période 2014 – 2015. Sur cette base, les sennes à Mimie la go et les déterminants de la biologie des pêches de *P. leonensis* sont caractérisés.

2.1 MESURE DES PARAMÈTRES TECHNOLOGIQUES DES SENNES A *P. LEONENSIS*

La caractérisation des sennes mises au point par les pêcheurs de *P. leonensis* et utilisées pour la capture de l'espèce considérée a porté sur un échantillon de quatorze sennes. Les différents paramètres technologiques mesurés sont,

respectivement : la longueur des sennes, la longueur totale des sennes (longueurs senne plus bras de halage), le diamètre d'ouverture et la longueur de la poche, la longueur des bras inférieur et supérieur. Le nombre de nappes de filet constituant la senne, leur longueur, taille des mailles de côté et type de fil pour filet ont été déterminés. La présence ou l'absence de renfort a été notée et leur taille de maille de côté enregistrée. Egalement, le type de fil et la maille de côté de la poche ont été notés. La base des données des paramètres technologiques enregistrés ont fait, par la suite, l'objet d'une analyse ACP, en vue d'établir la typologie des sennes à *P. leonensis*.

2.2 CALCUL DU COEFFICIENT DE MONTAGE OU RAPPORT D'ARMEMENT

Le coefficient de montage des nappes sur les ralingues supérieure et inférieure a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$E (\%) = \frac{Lr(m)}{Nm \times Mc \times 2} \times 100$$

E = Rapport d'armement ; Lr = longueur de la ralingue ; Nm = Nombre de maille ; Mc = Maille de côté.

2.3 ESTIMATION DES INDICATEURS BIOLOGIQUES POUR L'EXPLOITATION DES STOCKS DE P. LEONENSIS

L'estimation des indicateurs biologiques des stocks exploités vise le diagnostic de l'état d'exploitation des stocks de *Pellonula leonensis* soumis à la pression de pêche des sennes à Mimie la go pour les périodes 2006-2007 et en 2014-2015. Il s'agit de la taille de première maturité sexuelle, des pourcentages d'individus sexuellement matures, de poissons à taille optimale (L_{opt}) et des super reproducteurs. Ces indicateurs ont permis de déterminer la situation référentielle des périodes considérées.

2.3.1 MATURITÉ SEXUELLE

2.3.1.1 DÉTERMINATION DE LA TAILLE DE PREMIÈRE MATURITÉ SEXUELLE

La taille de première maturité sexuelle (LS 50) est la taille du plus petit individu mature dans les captures [17]. Elle représente également la taille à laquelle, 50% des poissons capturés sont matures. Selon [18], la LS 50 désigne la longueur standard moyenne à laquelle il y a autant d'individus matures que d'immatures. Dans cette étude, la LS 50 est déterminée graphiquement. A cet effet, les spécimens matures (stade sexuels 3 ; 4 ; 5 et 6 ont été considérés. Les pourcentages cumulés de ces stades ont été calculés globalement. Ces pourcentages des individus matures par intervalle de classe de taille de 2 mm, et pondérés par le nombre total d'individus pour chaque classe se trouvent en ordonnée. Le point d'abscisse correspondant à la projection de 50% sur la courbe, donne la taille de première maturité sexuelle.

2.3.1.2 DÉTERMINATION DU POURCENTAGE D'INDIVIDUS SEXUELLEMENT MATURES

Selon [19], les poissons ayant atteint le stade 3 de l'échelle de maturité sexuelle sont dits matures. C'est un indicateur en biologie des pêches dont le point de référence cible est de 100% des poissons matures dans les débarquements [20] L'objectif de la détermination de cet indicateur est de permettre aux poissons de pouvoir se reproduire au moins une fois avant qu'ils ne soient capturés. Ce qui contribue à la préservation du stock. Dans la présente étude, le point de référence est la gamme de 90 à 100% des poissons matures ($L_{90-100\%}$). Cette taille prend en compte la taille de première maturité sexuelle (LS 50). Le pourcentage d'individus sexuellement matures est déterminé, selon la formule suivante :

$$L_{90-100\%} = LS_{50} \times 1,14$$

Avec 1,14 représentant la valeur standard du rapport $L_{50}/L_{90-100\%}$ [21]

2.3.2 DÉTERMINATION DU POURCENTAGE DES POISSONS À TAILLE OPTIMALE (L_{opt})

Ce paramètre exprime le pourcentage de poissons qui ont une taille optimale dans les captures, avec un pourcentage de 100 % visé [20], c'est-à-dire la longueur où le nombre d'individus capturés dans une cohorte multipliée par leur poids individuel moyen est maximal. C'est précisément à cette taille que le rendement et les revenus maximums peuvent être obtenus. L'objectif est de capturer tous les poissons dans $\pm 10\%$ de la taille optimale notée ' L_{opt} '. Elle est généralement supérieure à la taille de première maturité sexuelle. Elle est calculée comme suit :

$$L_{opt} = L_{\infty} * \left(\frac{3}{3 + M/K} \right)$$

Avec M = mortalité naturelle ; L_{∞} = taille asymptotique du poisson et K = coefficient de croissance selon [22]

Pour une bonne gestion de la ressource, la taille de capture recommandée doit être comprise dans la classe de taille $[L_{opt} - L_{opt} * 0,1 \text{ à } L_{opt} + L_{opt} * 0,1]$ [20]

2.3.3 DÉTERMINATION DES SUPER-REPRODUCTEURS (SR)

Le pourcentage des super reproducteurs traduit le pourcentage des poissons âgés dans les captures, c'est à dire les individus qui ont atteint une taille au moins 10 % plus grande que la taille optimale. Ces individus jouent un rôle très important à long terme dans la survie des populations, car ils sont beaucoup plus féconds. Chez la plupart des espèces, le nombre d'œufs augmente de façon exponentielle avec la longueur [23]. Egalement les femelles plus âgées chez de nombreuses espèces produisent des œufs plus gros et des larves de plus grande taille [24][25]. La taille de l'œuf est donc un critère important de sa qualité puisqu'elle peut influencer la taille des alevins [26]. Le point de référence de cet indicateur biologique du type de gestion souhaité : (a)-si l'objectif est de mettre en œuvre une stratégie de pêche qui empêche la capture de super-reproducteurs, alors 0 % est la meilleure valeur ; (b)-si cet indicateur est utilisé pour renseigner sur l'état d'exploitation du stock à travers les captures, alors 30 à 40% des super-reproducteurs dans les captures indiquent un stock sain. Un pourcentage de moins de 20% indique le stock est menacé [20].

3 RÉSULTATS

3.1 TYPOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES TECHNOLOGIQUES DES SENNES À MIMIE LA GO

Au total, 20 sennes à *P. leonensis* appartenant à 20 unités de pêche de Mimie la go ont été enregistrées dont trois dégradées.

Les résultats de l'analyse ACP sur les caractéristiques technologiques des quatorze sennes enquêtées montrent, que les axes 1 et 2 sont les plus importants avec 43,21 % de l'inertie totale (fig 1). Le cercle de corrélation indique que l'axe F1 est clairement lié à quatre (04) paramètres. Il s'agit de la longueur des sennes (sans les bras), la longueur de la nappe de filet (section 2), de la chute et du nombre de maille des renforts supérieurs. L'axe F2 est quant à lui lié aux paramètres tels que les bras inférieur et supérieur, la maille de côté des renforts supérieurs et la chute de la nappe de filet (section 2).

Le nuage de points des caractéristiques des sennes inventoriées à Taabo montre trois groupes de sennes. Le premier groupe concerne les sennes 2 ; 3 ; 4 et 6, le deuxième est constitué des sennes 1 ; 5 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 et 14 et le troisième de la senne 13. Les sennes appartenant au premier groupe, à savoir les sennes 3 et 6, sont caractérisées, d'une part, par la longueur des sennes sans les bras et par la longueur de la nappe de filet de la section 3, d'autre part. Les sennes 2 et 4 sont caractérisées par une valeur plus élevée de la longueur et du diamètre des poches. Le groupe 2 est subdivisé en deux sous-groupes. Il s'agit des sennes 5 ; 8 ; 9 et 10) dont la chute des renforts inférieurs et la taille des mailles de côté de la première nappe de filet sont plus importantes. Le deuxième sous-groupe constitué par les sennes 1 ; 7 ; 11 et 12 se différencie par une valeur plus grande de la maille de côté de la nappe de filet (section 2) et par une chute et un nombre de maille des renforts plus élevés. Le groupe 3 représenté par l'unique senne 13 se distingue par une longueur plus grande.

Il ressort de cette analyse, qu'excepté la longueur des sennes (sans les bras), on n'observe pas de différenciation des sennes enquêtées du point de vue des autres paramètres technologiques enregistrés. Nous pouvons déduire de ces observations, qu'il n'existe pas d'architecture type des sennes à *P. leonensis* utilisées par les unités de pêche au lac de barrage de Taabo.

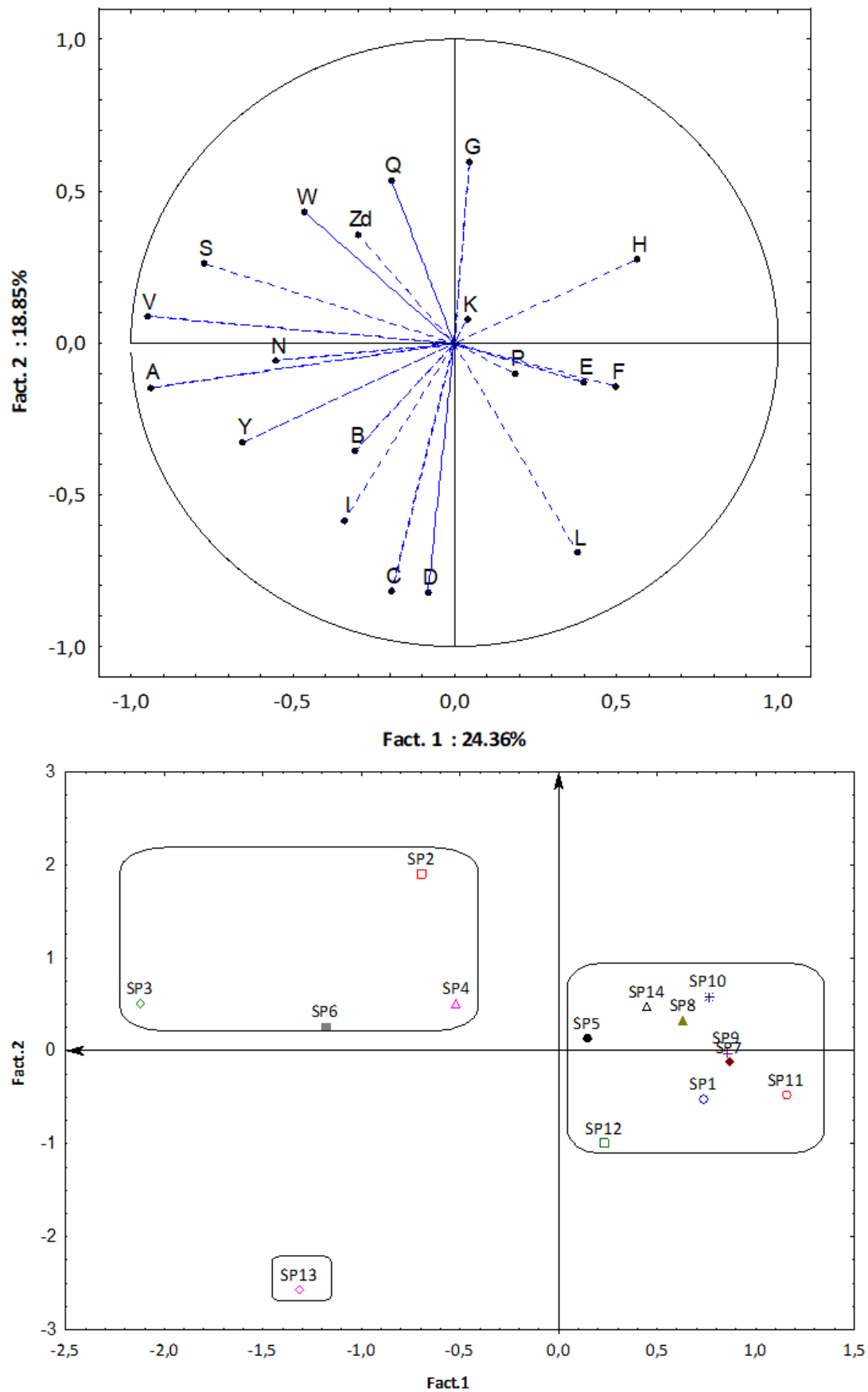


Fig. 1. Cercle de corrélation et nuage de points des caractéristiques des sennes à Mimie la go utilisées au lac Taabo

Sur la base de la longueur, on distingue trois types de sennes, soit respectivement : les petites sennes (Groupe 1), les sennes moyennes (Groupe 2) et les grandes sennes (Groupe 3). Leurs caractéristiques technologiques (Tableau 1) se présentent comme suit :

- **Petites sennes :**

Huit petites sennes à "Mimie la go" ont été dénombrées. Celles-ci mesurent entre $40,93 \pm 59,87$ m. Le nombre de nappes composant la senne varie de 3 à 4. Celles-ci sont dans l'ensemble en fil tressé. Les mailles des différentes nappes sont comprises entre 5,12 et 25,10 mm. L'agencement des nappes de filet, de l'aile vers la poche, se fait en fonction de la taille des mailles. Les plus grandes (12,09 et 25,10 mm) sont disposées vers l'aile. Ensuite, viennent les mailles intermédiaires et les plus petites (5,12 et 18,4 mm) vers la poche. Les valeurs de maille observées pour les sections de nappes de filet sont, respectivement, de 12,09 et 25,10 mm pour la section 1 ; 5,12 et 18,40 mm pour la section 2, et 4,75 et 5,1 mm pour la section 3, et 16,74 mm pour la section 4. Les petites sennes sont équipées, selon les cas, d'un supérieur ou d'un renfort inférieur. Les mailles de ces renforts varient de 2,3 à 20,02 mm. Les petites sennes ont une chute qui oscille de 3,94 à 6,90 mm. Le coefficient de montage des renforts sur les ralingues et des nappes sur les renforts fluctue respectivement, entre 58 et 89% et entre 36 à 71%. Les petites sennes identifiées sont équipées de bras et de cordage dont les dimensions sont variables. Les bras ont une longueur allant de 2 à 13,70 mm. En ce qui concerne le cordage, ceux utilisés mesurent entre 41 et 201,40 m. En général, les poches des petites sennes sont conçues avec des nappes en fil tressé. Celles-ci ont une maille de côté qui est comprise, entre 3,8 et 6,51 mm (partie supérieure de la poche) et entre 2,74 et 5,44 mm (partie inférieure de la poche). Des filets moustiquaires sont également utilisés au niveau de la poche. La longueur de la poche mesure entre 3,21 et 7,97 m. Le diamètre d'ouverture des poches au niveau de la nappe centrale oscille pour les petites sennes de 1,5 à 2,87 m.

- **Sennes moyennes :**

Les sennes moyennes mesurent entre 60 et 80 m. La confection des deux sennes moyenne enquêtées a nécessité 3 nappes de filet. Ces nappes sont, soit en fil tressé, soit en fil torsadé. Les unités de pêche utilisent pour ce type de sennes, des tailles de maille qui varient entre 4,90 et 19,54 mm. Les nappes de filets sont disposées de sorte à avoir une taille de maille décroissante de l'aile vers la poche. Les tailles les plus grandes (11,02 et 19,54 mm) correspondent, aux sections 1 de ces sennes au niveau des ailes. Ensuite, viennent des nappes intermédiaires (section 2) correspondant à la section centrale portant la poche présente les plus petites mailles (entre 4,90 et 5,65 mm). La section 3 de nappe de filet est similaire à la section 1 avec les plus grande maille de côté (11,02 et 19,54 m). Les sennes moyennes sont, selon les cas, pourvues de renforts. Lorsqu'ils existent, les valeurs de mailles de mailles de côté fluctuent de 11,02 à 71,56 mm. Ces sennes sont caractérisées par des chutes de l'ordre de 3,97 à 4,35 mm. Le coefficient de montage des renforts et des nappes de filets sur les ralingues est très variable. Les ratios observés oscillent entre 50 et 70% concernant les renforts et de 30 à 75% pour les nappes. Les bras et les cordages ont une longueur de 101,90 à 120,77 m. Les poches sont caractérisées par des mailles de côté nettement plus petites par rapport à l'ensemble des nappes. Les tailles de mailles de côté des poches des sennes moyennes décrites varient de 4,85 à 4,90 mm (partie supérieure de la poche) et entre 3,02 et 3,47 mm (partie inférieure de la poche). Le diamètre d'ouverture des poches de ces sennes fluctue entre 1,6 et 2,60 m pour des longueurs de l'ordre de 5,33 m. Celles-ci sont, généralement, en fil tressé.

- **Grande sennes :**

Quatre grandes sennes ont été identifiées au lac de Taabo. Ces sennes répertoriées au cours de l'enquête ont une dimension supérieure ou égale à 80 m. Celles-ci sont composées de 3 à 5 nappes en filet tressé. Leurs mailles de côtés des sections 1 varient entre 13,21 et 25,04 mm et sont généralement disposées du côté de l'aile. Les nappes dont les mailles sont plus petites (4,63 et 7,78 mm), sont insérées au niveau de la section centrale (section 2 pour les sennes à 3 nappes) abritant la poche. Le coefficient de montage des différentes sections de nappes, sur les ralingues inférieure et supérieure varie de 40 à 50 %. Les renforts supérieur et inférieur de maille de côté mesurant 71,56 mm ont été notés sur une seule grande senne. Les grandes sennes sont enquêtées ont des chutes variant de 3,97 à 4,31 m, des bras et des cordages oscillant respectivement, de 2,34 à 13,70 m et de 88,36 à 186 m de longueur. Les poches ont un diamètre mesurant entre 1,87 à 3,42 m et un des longueurs allant de 3,98 à 7,97 m. Celles-ci sont également constituées de deux sections notamment, une partie supérieure et une partie inférieure. Les tailles de mailles de côté varient de 4,43 à 6,64 mm pour la partie supérieure et mesurent de 2,48 à 3,07 mm pour la partie inférieure.

- **Corrélation entre la chute, la longueur du cordage, la longueur de la poche et la longueur de la senne**

Le coefficient de corrélation (r), exprime l'intensité de la liaison entre deux variables. Cette valeur est comprise entre -1 et $+1$. L'intensité des liaisons entre les différents paramètres des sennes utilisées par les pêcheurs est très variable (Figure 2). Le coefficient de corrélation entre le cordage des sennes et leur longueur est faible ($r = 0,07$). La droite de régression reliant ces

deux paramètres est de $y = 0,151x + 109,9$ avec $R^2 = 0,004$. Nos mensurations révèlent une corrélation négative faible ($r = -0,43$) entre la chute des sennes et leur longueur. Une corrélation positive forte avec $r = 0,65$ est, par contre observée, entre la longueur des poches et celle des sennes. La droite d'équation issues de ces deux variables est de $y = 0,037x + 2,63$ avec $R^2 = 0,42$.

Tableau 1. *Caractéristiques technologiques des sennes à Pellonula leonensis utilisées par les unités de pêche au lac Taabo*

Paramètres technologiques	Petites Sennes		Sennes Moyennes		Grandes sennes	
	<i>Lmin</i>	<i>Lmax</i>	<i>Lmin</i>	<i>Lmax</i>	<i>Lmin</i>	<i>Lmax</i>
Longueur totale senne sans les bras (toutes nappes confondues), m	40.93	59.87	68.3	77.26	83	116.67
Longueur totale senne + bras (toutes nappes confondues), m	108.84	262.16	183.65	194.57	208.13	283.9
Cordage (m)	41	201.4	101.9	120.77	88.36	186
Bras supérieur (m)	2	7.97	4.49	5.5	2.34	13.7
Bras inférieur (m)	2.1	8.4	4.49	5.5	2.34	13.7
Renfort supérieur senne - chute (m) / cf. mailles non étirées	0.17	9.8	0.36		0.1789	
Renfort supérieur senne - N mailles sur chute (m)	3	46	21.93			
Renfort supérieur senne - maille de cote (mm)	2.3	12.69	11.02			
Renfort inférieur senne - chute (m) / cf. mailles non étirées	0.08	57	0.36	0.76	0.21	
Renfort inférieur senne - N mailles sur chute (m)	1.68	5.5	21.93	32.5	1.5	
Renfort inférieure senne - maille de cote (mm)	2.3	20.02	11.02	13.21	71.56	
Nappe Centrale/Section 1 - Longueur (m)	24.1	43.76	29.15	30.23	31.3	54.8
Nappe Centrale/Section 1 - type nappe						
Nappe Centrale/Section 1 - maille de cote (mm)	12.09	25.1	11.02	19.54	13.21	25.04
Nappe Centrale/Section 1 - chute	3.94	6.9	4.35	4.85	3.97	6.3
Nappe Centrale/Section 1 - caractéristiques						
Nappe Centrale/Section 2 - Longueur (m)	1.68	15.4	10	16.8	2.39	31.51
Nappe Centrale/Section 2 - type nappe						
Nappe Centrale/Section 2 - maille de cote (mm)	4.78	18.4	4.9	5.65	4.63	7.78
Nappe Centrale/Section 2 - chute (m)	2.56	6.7	4.35	5.3	3.97	6.3
Nappe Centrale/Section 2 - caractéristiques						
Nappe Centrale/Section 3 - Longueur	4	9.6	29.15	30.23	11.65	42.58
Nappe Centrale/Section 3 - type nappe						
Nappe Centrale/Section 3 - maille de cote (mm)	4.75	5.4	11.02	19.54	5.01	25.04
Nappe Centrale/Section 3 - chute (m)	4.2	5.1	4.35	4.85	3.97	4.31
Nappe Centrale/Section 3 - caractéristiques						
Poche – Longueur totale (m)	3.21	6.04	5.3	5.33	3.98	7.97
Poche - type de nappe						
Poche - Longueur partie sup (m)	1.8	4.99	3.65	3.68	2.85	5.17
Poche - Longueur partie sup - Maille de cote (mm)	3.8	6.51	4.85	4.9	4.43	6.64
Poche - Longueur partie inf (m)	1.56	4.15	1.62	1.68	1.13	2.8
Poche - Longueur partie inf - Maille de cote (mm)	2.74	5.44	3.02	3.47	2.48	3.07
Poche - Diametre (m)	1.5	2.87	1.06	2.6	1.87	3.07

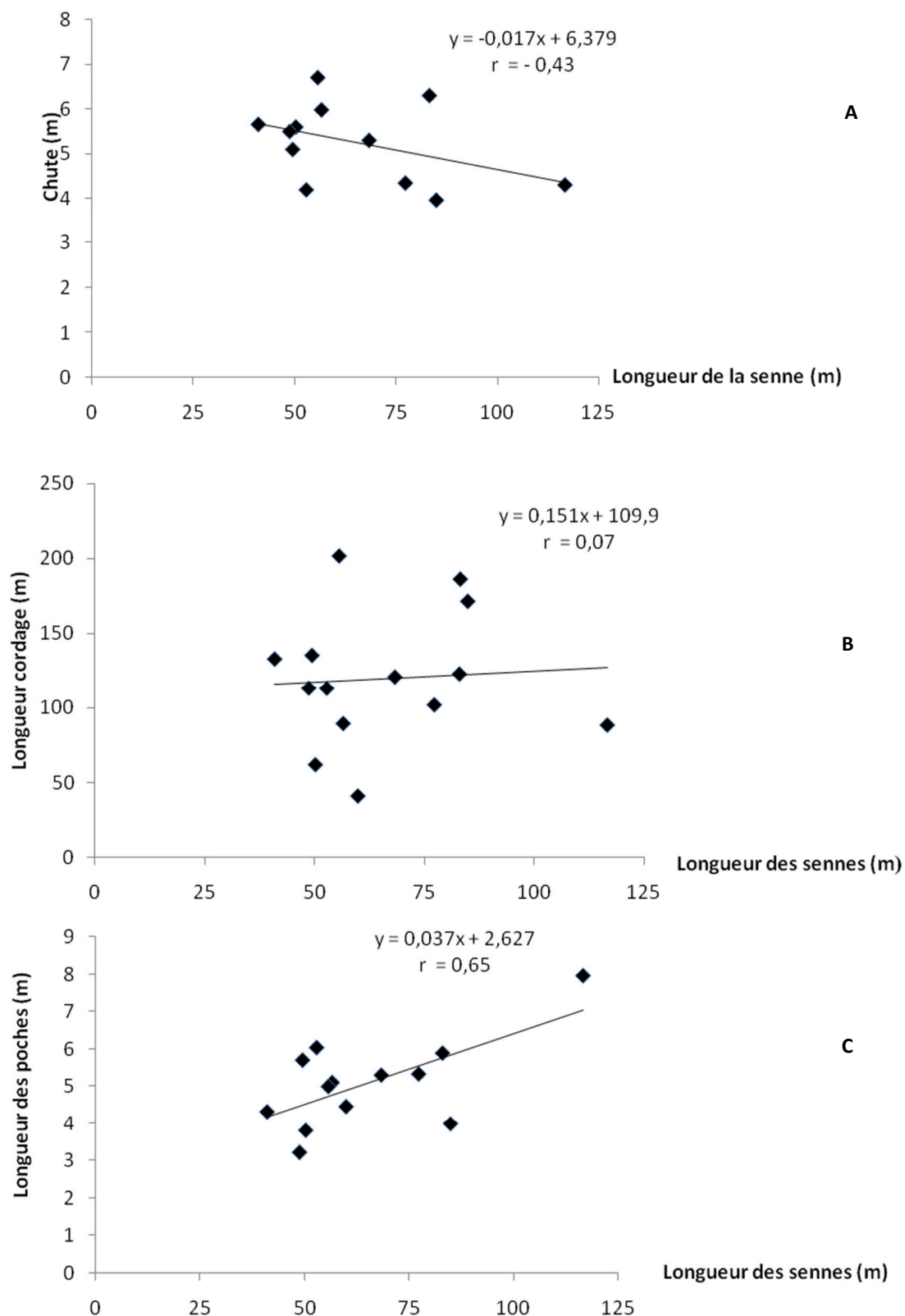


Fig. 2. Relation entre la chute de la senne-longueur (A); longueur du cordage-longueur senne (B); longueur poche-longueur senne (C)

3.2 ETAT D'EXPLOITATION DU STOCK DE *P. LEONENSIS*

3.2.1 FREQUENCE DES TAILLES EXPLOITÉES PAR TYPE DE SENNE À MIMIE LA GO

3.2.1.1 SITUATION EN 2006-2007

En 2006 – 2007, les données de capture dont les échantillons n'étant pas différenciées par type de senne, les caractéristiques de la population de *P. leonensis* exploitée est présentée globalement. Les spécimens capturés en cette période ont une longueur standard variant de 23 à 55,5 mm. La taille moyenne des individus est de $36,68 \pm 5,23$ mm. Les spécimens majoritaires dans les débarquements sont ceux de la classe de taille comprise entre 32,36 et 35,45 mm et ceux de taille allant de 35,45 et 38,54 mm avec respectivement 23,20 et 22,20%.

3.2.1.2 SITUATION 2014-2015

Capture des petites sennes : la taille des individus capturés par cette catégorie de senne est comprise entre 16,43 et 63,80 avec une moyenne de $32,23 \pm 4,80$ mm pour un total de 5659 spécimens. Le mode est observé à la classe [29,20 ; 32,50[représentant 30,02% des individus capturés. Viennent ensuite les classes [32,50 ; 35,80[et [25,90 ; 29,90[avec respectivement, 23,77% et 19,49% spécimens.

Capture des sennes moyennes : les spécimens capturés par ce type d'engin ($n = 662$) ont une longueur standard variant entre 20,23 et 53,44 mm. La taille moyenne est de $32,17 \pm 4,28$ mm. Les classes de taille les plus exploitées vont de 29,20 à 32,50 et allant de 32,50 à 35,80 avec des proportions dans les débarquements pouvant atteindre respectivement 32,63% et 25,68%. Ces engins capturent 87,62% ayant atteint la taille optimale.

Capture des grandes sennes : la taille des poissons capturés fluctue entre 17,60 et 63,34 mm pour une moyenne de $32,24 \pm 4,63$ mm. La classe [29,20 ; 32,50[constitue la classe modale avec 32,28% des spécimens capturés. Celle-ci est suivie par les classes [32,50 ; 35,80[et [25,90 ; 29,90[qui compte, respectivement, 25,80 et 16,24%. Les individus les moins exploités par ce type de senne ont des tailles comprises entre [16 ; 19,30[et [22,60 ; 25,90[. Il en est de même pour ceux appartenant aux classes de taille entre [42,40 ; 45,70[et [62,20 ; 65,50[. Ceux-ci représentent au total et, respectivement, 6,83 et 2,46%.

3.2.2 EXPRESSION DES INDICATEURS BIOLOGIQUES DES STOCKS EXPLOITÉS DE *PELLONULA LEONENSIS*

3.2.2.1 SITUATION DES STOCKS EN 2006-2007

L'analyse de ces données de capture de la période 2006 - 2007 indique une longueur standard maximale de 55,5 mm pour une taille moyenne de $36,68 \pm 5,23$ mm. La taille de première maturité notée est de 31,24 mm et la Taille de première capture est de 28 mm. Le coefficient de mortalité naturelle (M) et le coefficient de croissance (K) sont respectivement de 2,45 et 1,5. La longueur asymptotique est de 65 mm. Dans l'ensemble, la population de ce Clupeidae est constituée de 11,6% de juvéniles et de 88,40% d'individus matures. Cette proportion de spécimens matures comprend, 31,81% des poissons qui ont atteint la taille optimale. Les poissons ayant plus de 10% de la taille optimale à savoir les super reproducteurs atteignent 5,4% dans le stock débarqué.

3.2.2.2 SITUATION DES STOCKS EN 2014 - 2015

La taille de maturité sexuelle déterminée graphiquement (Figure 3) à l'aide des indicateurs biologiques sur le stock de *P. leonensis* au cours de cette étude est 31;85 mm. A cette taille, 50 % des individus capturés sont matures. La taille asymptotique (L_{∞}) de *Pellonula leonensis* capturé au cours de la période 2014-2015 est de 71,4 mm avec une mortalité naturelle égale à 2,48 cm. La taille de première capture (L_{50}) déterminée est de 28,5 mm. Les valeurs du coefficient de croissance (K) est de 0,9 pour un coefficient de mortalité naturelle (M) atteignant 2,48. La taille optimale de ce Clupeidae dans le lac de Taabo est de 37,21 mm soit $37,21 \pm 10\%$. La taille de première maturité sexuelle déterminée sur les spécimens matures est de 31,85 mm. Par ailleurs, le pourcentage de *P. leonensis* matures déduit de la L_{50} est de 36,48%. La population de *P. leonensis* capturée au lac de barrage de Taabo au cours de la période 2014 - 2015 est constituée de 49,43% de juvéniles et de 50,57% d'individus matures. De cette proportion de spécimens matures, 29,50% n'ont pas encore atteint la taille optimale. Les poissons ayant atteint la plus ou moins 10% de la taille optimale s'élèvent à 61,27% alors que seulement 9,23 % sont des super reproducteurs.

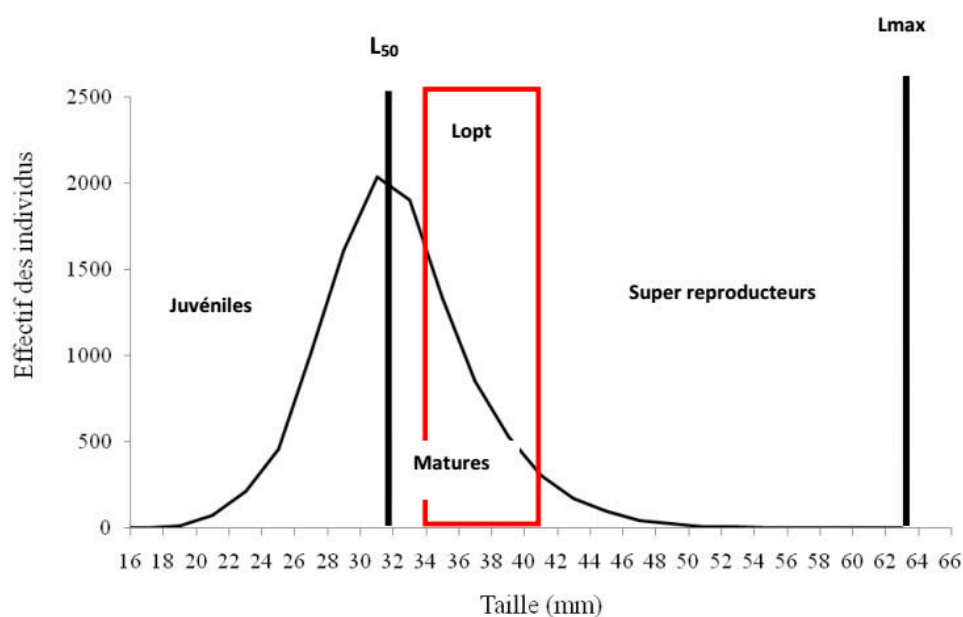


Fig. 3. Fréquence de taille de *P. leonensis* débarquée par les unités de pêche d'août 2014 à juillet 2015

3.2.3 EVOLUTION DES POURCENTAGES ANNUELS DES INDICATEURS

Les résultats issus de l'analyse des différents indicateurs montrent une augmentation des juvéniles dans les débarquements de 11,60 % à 49,38%. Les individus à la taille optimale augmentent de 2006 à 2015 en passant de 31,81% à 61,27%. Cette tendance est également notée pour les supers reproducteurs dont le taux passe de 5,4% à 9,20%. A l'inverse, la proportion de matures subit une baisse. Ces individus atteignent 88,4% dans les débarquements en 2006 et 50,62 en 2015 (Figure 4).

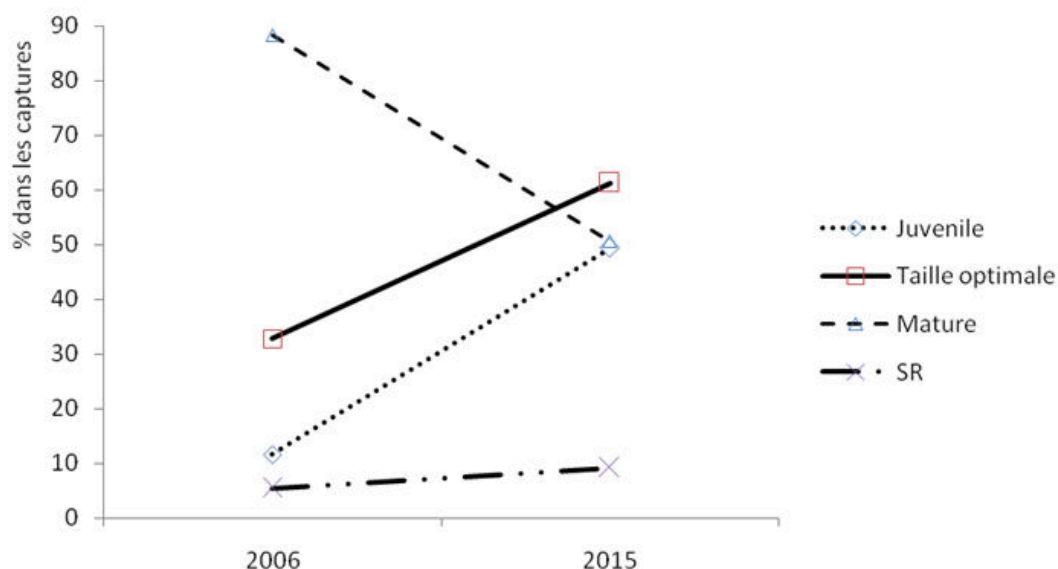


Fig. 4. Evolution des pourcentages des individus matures, de la taille optimale et des super reproducteurs de *Pellonula leonensis* dans les captures de 2006 et 2015

4 DISCUSSION

Les sennes à Mimie la go résultent du savoir-faire des pêcheurs autochtones. Ces engins de pêche utilisés dans la pêche de *P. leonensis* au niveau du lac de Taabo sont des sennes de rivage pourvues d'une poche dans leur section centrale. La longueur totale des sennes et des poches varie, respectivement, entre 40,93 et 116,67 m et entre 3,80 et 7,97 m. Selon [27], ces types de sennes ont des dimensions qui peuvent varier de 300 à 3000 m en Casamance.

Selon nos données d'étude, on distingue trois catégories de sennes de rivage. Il s'agit des petites, moyennes et grandes sennes dont la classification tient compte, principalement, de la longueur totale et, peu, de la hauteur de chute. Les petites et moyennes sennes ont des longueurs qui varient, respectivement, entre 40 et 60 m et entre 60 et 80 m. Les grandes sennes décrites au cours de notre étude mesurent plus de 80 m et atteignent une longueur maximale de 116,67 m. Concernant cette classification, nos travaux montrent, que la typologie indiquée par les pêcheurs ne coïncide pas avec la typologie par taille des sennes enquêtées. En effet, certaines sennes signalées petites par les pêcheurs se sont avérées après mensuration, être des "sennes moyennes" ou "grandes sennes" ou vis versa.

Par ailleurs, on observe, une corrélation positive relativement faible entre la longueur totale des sennes (sans les bras) et celle des poches ($r = 0,65$). La longueur des poches des sennes à "Mimie la go" varie très peu quelque soit le type. Les données enregistrées indiquent, en outre, que les petites sennes ont des longueurs de poche allant de 3,21 à 7,97 m, tandis que celles des sennes moyennes est de l'ordre de 5,83 m. La longueur de la poche des grandes sennes est comprise entre 3,98 et 7,97 m. Ces valeurs sont différentes de celles obtenues par [13]. Cet auteur, indique, que la longueur des poches des petites, moyennes et grandes sennes en 2006 – 2007 est, respectivement, de 3,70 ; 5,50 et 9,10 m. Ce qui indique une perte de la gradation de la longueur des poches des sennes à *P. leonensis* avec le temps (de 2006 à 2015).

Pour ce qui est des nappes de filets utilisées, leur nombre ne dépend pas de la longueur des sennes. Cependant, l'assemblage ou le montage des filets des ailes vers la poche tient compte des mailles de côté. Les nappes de filets ayant les mailles de côté les plus grandes sont disposées vers l'aile et les plus petites vers la poche. Les nappes de filets de mailles intermédiaires sont situées entre les deux. La plus grande valeur de maille enregistrée au niveau des sennes enquêtées est de 25,04 mm. Cette valeur est inférieure à celle obtenue par [13] qui était de 35 mm. Il ressort également, une baisse de taille des mailles des filets entre 2006 et 2015. Cette diminution de la taille des mailles observée serait due à l'amenuisement de la taille des spécimens de *P. leonensis*. En effet, [28] indiquent, que le premier réflexe du pêcheur est de diminuer les mailles des filets lorsque la ressource devient rare (cas du fleuve Sénégal).

Pour ce qui est de la structure des sennes observées, les nappes de filets sont fixées sur une ralingue supérieure (ralingue munie de flotteurs) et une ralingue inférieure (ralingue munie de plombs). Celles-ci sont fixées sur les côtés à des cordages reliant les ralingues supérieure et inférieure. Quelque fois des dispositifs (nappes de filets avec des fils pour filets de grand calibre) encore appelés renforts sont insérés entre la ralingue et les sections de nappes.

Les petites sennes utilisées par les unités sont équipées d'un seul renfort. Celui-ci est fixé, soit sur la ralingue inférieure, soit sur la ralingue supérieure. Pour ce qui concerne des deux sennes moyennes, les observations réalisées montrent, que l'une d'elles est pourvue de renforts supérieur et inférieur et l'autre dispose uniquement d'un renfort inférieur. Au niveau des grandes sennes observées, trois ne disposent ni de renfort supérieur ni de renfort inférieur. Cependant, on note à la fois des renforts supérieur et inférieur chez une seule grande senne.

L'opération d'assemblage des nappes de filets sur les ralingues se fait suivant un rapport appelé coefficient de montage ou coefficient d'armement. C'est une étape importante car elle détermine l'ouverture des mailles qui conditionne la forme réelle du filet, la longueur, la hauteur et donc la surface pêchante de la senne [29]. Dans l'ensemble, le coefficient de montage évalué est très variable d'une senne à l'autre, et d'une nappe de filet à l'autre. Le rapport d'armement ou coefficient de montage enregistré pour les trois types de sennes étudiées varie de 32 à 75%. Les petites sennes ont un coefficient de montage qui varie de 36 à 71%. Pour ce qui concerne les moyennes et grandes sennes, les ratios estimés sont compris, respectivement, entre 30 et 75% et entre 45 et 50%. En effet, la meilleure filtration d'une senne est obtenue lorsque le rapport d'armement est voisin de 70%. Selon [29], à cette valeur, le filet est plus facile à manœuvrer dans l'eau. Laquelle norme n'est pas observée au niveau des sennes à Mimie la go conçues par les pêcheurs. Par ailleurs, les rapports d'armement supérieur à 80% sont également à éviter. Pour ce qui concerne les sennes à Mimie la go, on n'a pas observé de cas de sennes dont le coefficient d'armement est supérieur au ratio indiqué.

Il ressort donc de nos données d'études, que les valeurs du rapport d'armement des sennes à "Mimie la go" font montre d'un montage hétérogène des nappes de filets. Ceci, contrairement à ce qui est observé à Siné-Saloum (Sénégal) pour les deux groupes de sennes rencontrées, notamment, les sennes de plage Opane et Diguel [30]. Celles-ci ont un coefficient d'armement unique de 55% sur toute la longueur de la ralingue. Cependant, le coefficient de montage des différentes nappes de filet (alèze)

le long des deux ralingues horizontales peut ne pas être le même. Par ailleurs, le rapport d'armement doit être plus important sur les côtés, que vers le milieu [29]. Ce qui n'est pas le cas des sennes utilisées par les pêcheurs au lac de Taabo. Ces résultats de notre étude indiquent le besoin d'améliorer les sennes à *P. leonensis* communément appelé "Mimi la go" pour atteindre un coefficient de montage de l'ordre de 70%.

Selon [13], la chute des différentes sennes à *P. leonensis* caractérisées en 2006 – 2007 est comprise entre 6 et 8,75 m. Ces valeurs diffèrent de celles obtenues au cours de notre étude sur la période 2014 - 2015, soit entre 3,97 et 4,85 m. Nos données d'étude montrent également, de 2006 à 2015, une tendance à la réduction de la taille des nappes de filets utilisées pour la confection des sennes. Selon les indications des pêcheurs, cette baisse de la chute des nappes est, d'une part, liée à des raisons économiques (coût élevé des filets) et, d'autre part, au besoin d'évitement des souches de bois présents dans la retenue de Taabo lorsque les sennes sont tirées vers le large. Ainsi, on observe une très faible corrélation négative entre la longueur et la chute des sennes examinées ($r = -0,43$).

Les sennes à *P. leonensis* sont équipées de bras et de cordages permettant aux unités de pêche de tirer l'engin depuis le large. La dimension des cordages n'est pas fonction de la longueur des sennes ($r = 0,007$), comme c'est le cas des sennes utilisées au lac Tanganyika [31]. En effet, sur ce lac, les petites sennes dont les longueurs atteignent 80 m ont des cordages qui peuvent atteindre 200 m de long, tandis que leurs grandes sennes dont les dimensions sont de 250 m ont des cordages pouvant atteindre 1,5 km [31]. Cette observation ressort avec acuité l'agencement anarchique des engins de pêche utilisés pour la capture de *P. leonensis*. Les dimensions des cordages des petites et moyennes sennes au lac de Taabo varient respectivement, entre 41 et 201,40 m et entre 101,90 et 120,77 m. Pour les grandes sennes, le cordage oscille entre 88,36 et 186 m de long. Ce qui traduit une absence totale de relation entre la longueur des sennes et celles des cordages.

Concernant les flotteurs, toutes les sennes à *P. leonensis* enquêtées ont des lests en ciment et des flotteurs en polystyrène qui leur assurent une flottabilité permettant de couvrir les masses pélagiques et épipélagiques. Contrairement à Taabo, à Siné-Saloum (Sénégal), les sennes de rivage sont équipées de lests en olive de plomb, pierre, terre cuite ou en ciment [30]. Cet auteur indique, également, que les flotteurs sont en liège ou en PCV expansé, creux, en plastique dur ou simplement, en bidon et en chaussures usées. Les types de fils pour filet entrant dans la confection des sennes à Mimie la go sont différents de ceux utilisées à Siné-Saloum. Le fil en nylon (polyamides) est toujours le plus utilisé pour la confection des filets à Siné-Saloum [32]. À Taabo, les fils des nappes de filets utilisées pour la confection des sennes sont, soit en fil torsadé, soit, en fil tressé. En effet, selon [30], la nature des matériaux utilisés est différente selon leur provenance, les moyens des pêcheurs, le type de filet à confectionner et l'espèce cible. Cela pourrait expliquer l'architecture atypique des sennes fabriquées pour la capture de *P. leonensis* au lac de barrage de Taabo.

Pour ce qui est de l'impact de ces engins sur le stock de *P. leonensis* au lac de Taabo, les résultats de cette étude indiquent, que les unités de pêche exploitent 49,38% d'individus immatures et 50,62% de spécimens matures. Ceci révèle une exploitation élevée (surexploitation de croissance) de spécimens de *Pellonula leonensis* immatures. Par ailleurs, la taille de première capture (28,40 mm) étant inférieure à la taille de première maturité sexuelle (31,85 mm), cette pêcherie n'est donc pas soutenable. Nos données d'étude, révèlent que la proportion d'individus immatures est inférieure à celle observée par [33], mais est nettement supérieure à celle signalée par [34]. Cependant, dans ces travaux, le premier auteur cité à indiqué, que les débarquements de *Pomatomus saltatrix*, les individus immatures atteignent 60,4%. Dans celui de *Mugil cephalus*, 67% sont des juvéniles. Le second auteur, révèle dans son étude sur *Epinephelus aeneus*, un taux d'immatures de 19%.

Par ailleurs, le taux d'individu de *P. leonensis* matures (50,62%) est plus élevé que ceux de *M. cephalus* (33%) et de *P. saltatrix* (39,6%). Le stock mature de *P. leonensis* dans les débarquements est constitué 29,50% des poissons n'ayant pas atteint la taille optimale et 61,27% qui ont atteint la Lopt. Ce taux d'individus à la taille optimale chez *P. leonensis* est de même ordre que celui noté dans le stock de *M. cephalus* (61%). Par ailleurs, le taux de ces individus dans les milieux sus-cités est nettement supérieur dans les captures de *P. saltatrix* (36,2%) selon les travaux de [33].

Le taux de super-reproducteurs de *P. leonensis* obtenu dans les captures au cours de notre étude est de 9,23%. Ce taux est supérieur à celui noté dans les travaux de [33] qui indique dans son cas d'étude, une proportion de super-reproducteurs atteignant à peine 5%. Dans les deux cas, il est important de noter, qu'une faiblesse des proportions de super-reproducteurs dans les captures indique, que le stock est menacé. C'est le cas de *P. leonensis* dont le taux de super-reproducteurs estimé sur la base des données de captures au lac de barrage de Taabo est nettement inférieur à 20%. Le stock est menacé, car les super reproducteurs jouent un rôle majeur dans la population. Ces individus, et plus particulièrement les femelles, ont l'aptitude à être plus fécondes. En effet, selon [35], le nombre d'œufs augmente exponentiellement avec la taille chez la plupart des poissons. Ainsi, les femelles de grande taille ont tendance à pondre des œufs de grande taille généralement de meilleure qualité, donnant ainsi une plus grande chance de survie aux larves ([36 ;37]. Leur raréfaction dans le stock d'une espèce considérée exploitée par la pêche ressort le risque de la rupture de l'équilibre du stock car le renouvellement du stock est

réduit. Ce constat issu de ces résultats, implique de prendre des mesures de gestion pour cette pêcherie, afin de limiter ou de réduire la capture des juvéniles et de super reproducteurs de *P. leonensis*.

5 CONCLUSION

Les unités de pêche exerçant au lac de Taabo utilisent pour leur activité trois types de sennes. Ce sont les petites sennes, les sennes moyennes et les grandes sennes. Cette typologie tient compte uniquement du facteur discriminant que constitue la longueur des sennes enquêtées. Par ailleurs, pour ce qui est de la structure de ces engins, il ne ressort pas de différence remarquable suivant la typologie ci-indiquée. L'assemblage des différentes nappes de filets ne suit pas norme technologique établie. Les pêcheurs ont plutôt tendance au cours des années, à réduire de plus en plus la taille des mailles de côtés des nappes de filets et, également, l'utilisation de toile moustiquaire comme doublure des poches des sennes dans quelques cas avec pour corollaire le stock de *P. leonensis* au lac de barrage de Taabo menacé.

Ainsi, sur la base des résultats de notre étude indiquant un état d'exploitation accrue de juvéniles et des super reproducteurs de *Pellonula leonensis*, il est nécessaire de prendre des dispositions dans le but de mettre en place les bases d'une gestion durable de la pêcherie à Mimie la go. Il est donc nécessaire de relever la taille minimale de capture, afin qu'elle soit supérieure à 33,31 mm LS. Cela permettra d'éviter les captures des juvéniles qui compromettent la capacité de renouvellement des stocks. Il faudra également préserver les super reproducteurs, en évitant les captures excessives des spécimens de taille supérieure à 40,93 mm, dans le but d'assurer la reconstitution et la pérennisation du stock de *Pellonula leonensis* au lac de barrage de Taabo. En effet, les données de cette étude peuvent constituer des points de référence à toute mesure de gestion de cette pêcherie au lac de barrage de Taabo. Pour ce qui relève de notre étude, la taille de référence de ce poisson pour l'exploitation par la pêche dans le plan d'eau doit être situé entre [33,49 ; 40,93]. Ce qui permettra d'exclure les juvéniles des captures en augmentant la taille de première capture à 36,31 mm ($L \geq L_{90-100}$).

Pour ce faire, les sennes à *P. leonensis* devront faire l'objet d'amélioration, en vue de respecter la taille de capture mise en évidence par notre étude. Cela, afin de reconstituer et préserver durablement l'équilibre du stock de l'espèce considérée dans la retenue de Taabo. En outre, une réglementation spécifique portant sur la pêcherie à *P. leonensis* devrait être mise en place dans le cadre d'un plan de co-gestion à développer, dans la mesure où celle en vigueur interdit l'usage des sennes de rivages dans les plans d'eau continentaux dont les lacs de barrage. Cela est d'autant important, que cela permettra de préserver l'économie de pêche à *P. leonensis* et permettre, ainsi, la participation inclusive des acteurs de la pêcherie à *P. leonensis* à l'économie des pêches en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) pour le soutien financier et matériel ayant permis la réalisation de ce travail qui s'inscrit dans le cadre de son programme de monitoring des pêcheries du lac de barrage de Taabo, en vue de de mise en œuvre d'un plan de co-gestion. Nos remerciements sont également adressés aux pêcheurs Kouadio Bertin et Aka Kouassi Archille intervenant dans la pêcherie de Mimie la go.

RÉFÉRENCES

- [1] Horeman B. L'état de la pêche artisanale en Afrique de l'ouest en 1997. FAO/DANIDA Programme de Développement Intégré des Pêche Artisanales en Afrique de l'Ouest (DIPA) Rapport Technique du DIPA; v 122; pp 51p, 1998
- [2] FAO. Situation des pêches et de l'Aquaculture, Rome. pp 241, 2012
- [3] FAO. Situation mondiale des pêches et de l'Aquaculture. Rome, pp 224, 2010
- [4] FAO. *Statistique des pêches et de l'aquaculture*. Rome. pp 255, 2014
- [5] Shep H., Allechi Y., Traoré et Konan K. Enquêtes cadre de la pêche artisanale continentale. Rapport national final Côte d'Ivoire. 2013
- [6] Da Costa K.S., Traoré K. et Yté W.,. Potential species for fishery enhancement in Lake Faé, Côte d'Ivoire. Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries In: I. G., Cowx (Ed.). *Fishing News Books, Hull, UK* , pp 344 – 352, 2002
- [7] Golé B. G., Koffi J.D. et Dadi S.G. Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. FAO/DFID/PMEDP, Projet Pilote Pêche, Kossou. GCP/INT/735/UK, . *Rapport Expertise* , pp 49p, 2005
- [8] Vanga A. F., Gourène G. et Ouattara M. (2002). Impact de la pêche sur la disponibilité en poisson dans les régions des lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire) . *Arch. Sc. Centre Recherche Océanologique Abidjan* , Vol. XVII, n°2 :pp 1-12.
- [9] Da Costa K. S. et Konan F. .. Lac de Kossou, Potentiel halieutique et modalité d'un développement durable de la pêche. FAO/PMEDP, Projet Pilote Kossou GCP/INT/735/UK. *Rapport d'Expertise* , pp 200, 2005

- [10] Da Costa K. et Dietoa Y. Production halieutique du lac Fae (Bassin de San Pedro) en région Sud ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*. 20(3) : pp 313-329, 2008
- [11] Gourène G., Teugels G., Hugueny B. et Thys Van Audernaerde D.F. Evaluation de la diversité ichtyologique d'un bassin Ouest Africain après la construction d'un barrage. *Cybum*, 23 (2):pp 147-160, 1999
- [12] Koné N. Etude de la pêche, des paramètres des populations et de la biologie de reproduction du Clupeidae *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 dans le lac de barrages de Kossou et Taabo (fleuve Bandama Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, Cocody pp 174, 2012
- [13] Yao A. Données préliminaires sur la pêche du petit pélagique *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 (Piscès; Clupeidae) dans le lac de barrage de Taabo (Bassin de Bandama, Côte d'Ivoire). Mémoire de D.A.A, ESA/INPHB/CNRA, Yamoussoukro. pp 87, 2008
- [14] Bianchi G., Gislason H., Graham K., Hill L., Jin X., Koranteng K., Manickchand Heileman S., Payà I., Sainsbury K., Sanchez F., et Zwanenburg K.,... Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. *ICES Journal of marine Science*, 57 : pp 558-571, 2000
- [15] Pet-Soede C., Van Densen W. et Machiels A.,. Impact of Indonesian coral reef fisheries on fish community structure and the resultant catch composition. *Fisheries Research*, 51 : pp 35-51, 2001.
- [16] FAO. Aménagement des pêcheries. *Directives techniques pour une pêche responsable*, 4, Rome, pp 91, 1999.
- [17] Kouassi N.,. Données écologiques et biologiques sur les populations d'Alestes baremoze (Joannis, 1835), Poissons Characidae du lac de barrages de Kossou. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences. Université Nationale de Côte d'Ivoire, pp 278, 1978
- [18] Legendre M. et Ecoutin J. M.,. Aspect de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron*: comparaison entre une population naturelle (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations. In: Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture (Pullin R.S.V., Lazard J., Legendre M., Amon Kothias J.B. et Pauly D., eds) ICLARM Conference Proceedings, 41: pp 375-386, 1996
- [19] Albaret J. J. et Legendre M. Biologie et Ecologie des Mugilidae en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) intérêt potentiel pour l'aquaculture. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 18 (4), pp 281-303, 1985
- [20] Froese R. Keep it simple : three indicators to deal with overfishing. *Fish and fisheries*, 5, pp 86-91, 2004
- [21] INCOFISH. In NDour I., Diadiou H., Le Loc F., Ecoutin J.M., Thiaw O. et Morais Luis T Diagnostic de l'état d'exploitation des stocks de *Mugil cephalus* et de *Pomatomus saltatrix* à l'aide d'indicateurs basés sur les fréquences de taille sur la côte Nord du Sénégal. *Sci. Halieut. Aquat.*, 6 :pp 194-206, 2013
- [22] Von Bertalanffy L. A quantitative theory of organic growth. (Inquiries on growth law II). *Human Biology*, 10, pp 181-213, 1938
- [24] Springate J.R. et Bromage N.R. Effect of egg size on early growth and survival in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson. *Aquacult.*, 47, pp 163-172, 1985
- [25] Abi-Ayad A.. Etude expérimentale de la biologie de la reproduction de la perche fluviatile (*Perca fluviatilis*). Effet de la composition en acide gras de la série (n-3) de l'alimentation des géniteurs sur la qualité des oeufs et des larves. Thèse Université de Liège. pp 147, 1997
- [26] Wallace I. et Aajord 1984. An investigation of the consequences of egg size for the culture of Arctic char (*Salvelinus alpinus*) J. Fish. Biol. V. 24 pp 427-435
- [27] CRODT. Approche globale du système pêche dans les régions du Sine et de la Casamance, contribution à l'élaboration d'un plan directeur pour le développement des pêches dans le sud du Sénégal. *Dot.int. Centre Recherche Océanologique Dakar-Tiaroye.*, pp 672, 1985
- [28] Diouf P.S., Kebe M., Le Reste L., Bousso T., Diadou D. et Gaya A.B.,. Plan d'action forestier : pêche et aquaculture continentale. Diagnostic, CRODT/MDRH/FAO. 1, pp 263, 1991
- [29] Nedelec C. Portier M. et Prado J. Techniques des pêches. Revue des travaux de l'institut des pêches Maritimes. Tome XLIII, Fascicule 2 et 3. pp 147-288, 1979
- [30] Bousso T. Typologie des engins et techniques de pêche artisanale utilisées au Siné-Saloum (Sénégal). pp 111, 1994
- [31] E.S.P.P. Engin de pêche du lac Tanganyika au tournant du millénaire, Partie B description détaillées des engins. pp 57. édition ? 2000
- [32] Seck P. Catalogue des engins de pêche artisanales du Sénégal. COPACE/PACE Serie 79/16(FR). FAO, Rome. DOPM Sénégal pp 97, 1980
- [33] NDour I., Diadiou H., Le Loc F., Ecoutin J.M., Thiaw O. et Morais Luis T. Diagnostic de l'état d'exploitation des stocks de *Mugil cephalus* et de *Pomatomus saltatrix* à l'aide d'indicateurs basés sur les fréquences de taille sur la côte Nord du Sénégal. *Sci. Halieut. Aquat.*, 6 :pp 194-206, 2013

- [34] NGom Sow, F., Thiam, N., et Samb, B.,. Diagnostic de l'état d'exploitation du stock de mérou *Epinephelus aeneus* (Geoffroy St. Hilaire, 1809) au Sénégal par l'utilisation des fréquences des tailles. *Journal des Sciences Halieutique et Aquatique*, 3, pp 82 – 88, 2011
- [35] Llegendre M. et Ecoutin J.. Suitability of brackish water tilapia species from Ivory Coast for lagoon aquaculture. I- Reproduction. *Aquatic Living Ressources*, 2, pp 71-79, 1989
- [36] Solemdal, P., Maternal effects- a link between the past and the future. *Journal of Sea Research*, 37, pp 213 -227, 1997.
- [37] Trippel, e.- A.,. Egg size and viability and seasonal offspring production of young Atlantic Cod. *Transactions of the American Fisheries Society*, 127, pp 339 – 359, 1998.

Common hippopotamus-human conflicts in Ouémé River area in central Benin Republic

Etienne M. DOSSOU¹, Laurent G. HOUSSOU², Toussaint O. LOUGBEGNON¹, and Jean T. Claude CODJIA¹

¹National University of Agriculture, BP 95 Kétou, Benin

²Faculty of Agronomy, University of Parakou, Benin

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

ABSTRACT: The common hippopotamus belongs to the threatened species that urgently need conservation programs. In this perspective, a study on the relationships between the species and human was conducted in areas surrounding the Ouémé River in Benin. This study aims to assess the types of damages caused by hippopotamus and conflict mitigation solutions- in order to facilitate pacific cohabitation between hippopotamus and human. A total of 180 people were interviewed in 6 villages using structured and semi-structured interviews. Our results indicated that the main damage caused by common hippopotamus was crops raiding (81.67 % respondents). Most respondents (53.89 %) declared that hippopotamus caused damage to their crops in farmland during the whole year, but period for raids varied significantly between villages ($\chi^2= 57.926$, $p < 0.0001$). This study highlights the necessity to implement mitigation measures in order to promote pacific cohabitation between hippo and human.

KEYWORDS: Human-wildlife conflict, Mitigation measures, *Hippopotamus amphibius*, Crops damages.

1 INTRODUCTION

Human-wildlife conflicts, are recurrent issues in wildlife conservation throughout the world, and have negative impacts on both human and wildlife populations [1]. It became a threat to the survival of many species, in particular to large herbivores such as the African elephant *Loxodonta africana* the common hippopotamus *Hippopotamus amphibius* and the Buffalo *Syncerus caffer* [2], [3], [4] but also to carnivores such as the lion *Panthera leo*, the leopard *Panthera pardus*, the hyaena *Crocuta crocuta* and the crocodile *Crocodylus niloticus* [5]. The destruction of crops, attacks on fishermen by the destruction of canoe nets/attacks, livestock depredation and loss of life are frequently forms of conflict observed with wildlife [6], [7], [8]. The fast human population growth, land use change, species habitat loss and climatic factors are previously reported as major factors which contributed to the aggravation of human-wildlife conflicts in Africa [9], [10], [11].

Human-hippopotamus conflict is a key example of such an interaction in Africa. The hippopotamus is a large mammal belonging to the Hippopotamidae family (suborder of Artiodactyla, order of Ungulates). [12] estimated that the common hippopotamus population were reduced by 7 to 20% the last century. This decline was attributed to human activities consequences, mainly habitat loss as wetlands are converted or impacted by agricultural development. According to [13], [14] during the last few decades, hippopotamus decline results mostly in the human-hippopotamus conflicts. These conflicts result not only in serious threats to hippopotamus population but have negative impacts on local economy and population livelihood due to crops destruction [4]. In Benin, apart from the protected areas where hippopotamus is well secured, their presence in the Ouémé River outside protected areas remain a great challenge for wildlife managers despite the species status [15]. The issue is evident in Ouémé river - one of the last refuge of common hippopotamus in central Benin, where the human and wildlife interactions continue to increase because of the changing human demographics and the related land use practices [16]. In this situation, a better understanding of the causes of the human-hippopotamus conflicts are essential for the development and implementation of effective mitigation strategies [2]. Unfortunately, few authors have considered the human-hippopotamus conflicts in Benin and in study area especially. Therefore, this study was implemented as a case study of human-hippopotamus conflicts in Benin and intend to find effective solutions for a pacific cohabitation between human and

hippopotamus which can be largely used. The study aims are: (i) to assess the causes and the manifestations of human-hippopotamus conflicts; (ii) to identify the mitigation strategies applied by local populations to cope with the hippopotamus attacks in order to promote pacific cohabitation between human and hippopotamus.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY AREAS

The study was conducted in the department of Collines in Benin located at the latitude 7°42' - 8°30' N and longitude 2°05' - 2°45' E. This area included two localities (Savè and Dassa-Zoumè) (Fig 1). The region belongs to the Sudano-Guinean climatic zone referring to the transition zone between the Guinean and Sudanian zones [17]. The rainfall regime is unimodal with a mean annual rainfall of 1000-1100mm (ASECNA, unpublished data). The mean annual temperature ranges from 26 to 28°C. The study area is mainly watered by the Ouémé River (450 km) which provides a safe haven particularly during the dry season for the common hippopotamus [18]. The main activities of local population in the area are agriculture "slash and burn cultivation" followed by livestock raising [16]. Uncontrolled logging for coal production is an increasing activity in the area [16]. Nowadays, despite law prohibition, lands as well as uncontrolled logging were done closed to the Ouémé river by local population. Unfortunately, this situation increases human-hippopotamus conflicts since shifting cultivation around rivers reduces hippopotamus grazing area and exacerbates the rivers filling by erosion. Three major socio-linguistic groups are listed and represented by "Idashaa", "Tchabè" and "Mahi" [19].

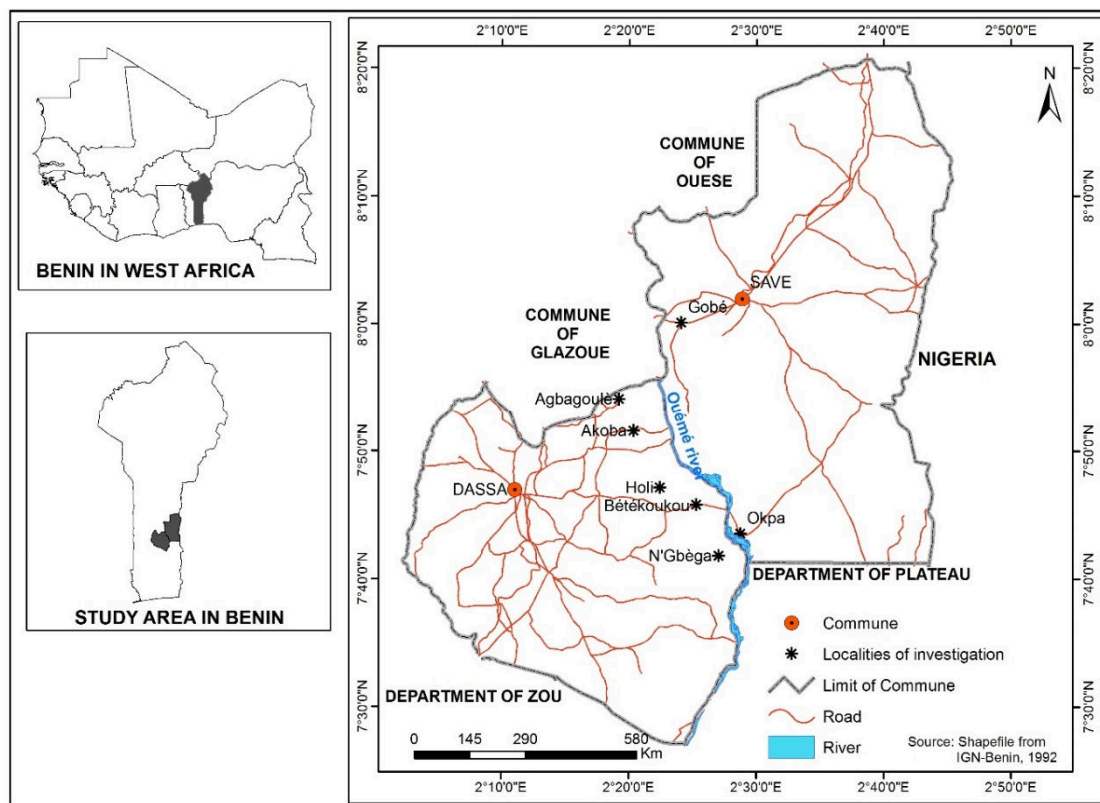


Fig. 1. Study area

2.2 METHODS

To collect data on human-hippopotamus conflicts, structured interviews using questionnaires were carried out with 180 victims of crop damages from hippopotamus chosen in 6 villages (Agbagoulè, Akobe, Bétékoukou, Holi, Okpa and Gobé) around the Ouémé River from June to November 2016. The main questions asked during the investigation were related to (i)- type of conflicts, (ii)- growth stage of the damaged crops, (iii)- distance from respondents' farmland to the river, (iv)- damages extent

based on the scale (1= low extent, 2 = intermediate extent and 3 = high extent) and (v)- types of mitigation/adaption measures used by population against hippopotamus damages.

2.3 DATA ANALYSIS

Chi-square test was used to assess whether the period of hippopotamus crop raiding occurrence depend on the investigated villages. Logistic regression was used to assess the factors which significantly influenced the probability of hippopotamus-human conflict occurrence in the area. The factors tested are: i)-farm distance from river, ii)-farm extent, iii)-crop growth stages and iv)-hippopotamus group size. A data matrix of the relative frequencies of the mitigation measures per village was submitted to principal component analysis to determine the relationship between the mitigation measures and the surveyed villages.

3 RESULTS

3.1 DAMAGES CAUSED BY HIPPOPOTAMUS

Four damages caused by hippopotamus were reported in the study area. Crop damages in the farmland, human death, injury and fluvial navigation disturbance were the reported damages by local population. About 81.67 % of all respondents quoted crop damage whereas 17.78 % and 8.89 % of respondents quoted respectively human injury and fluvial navigation disturbance. Fewer respondents (5.56 %) mentioned human mortality (Fig 2). There was no significant change for the types of damages between the investigated villages ($\chi^2 = 5.823$, $p = 0.983$).

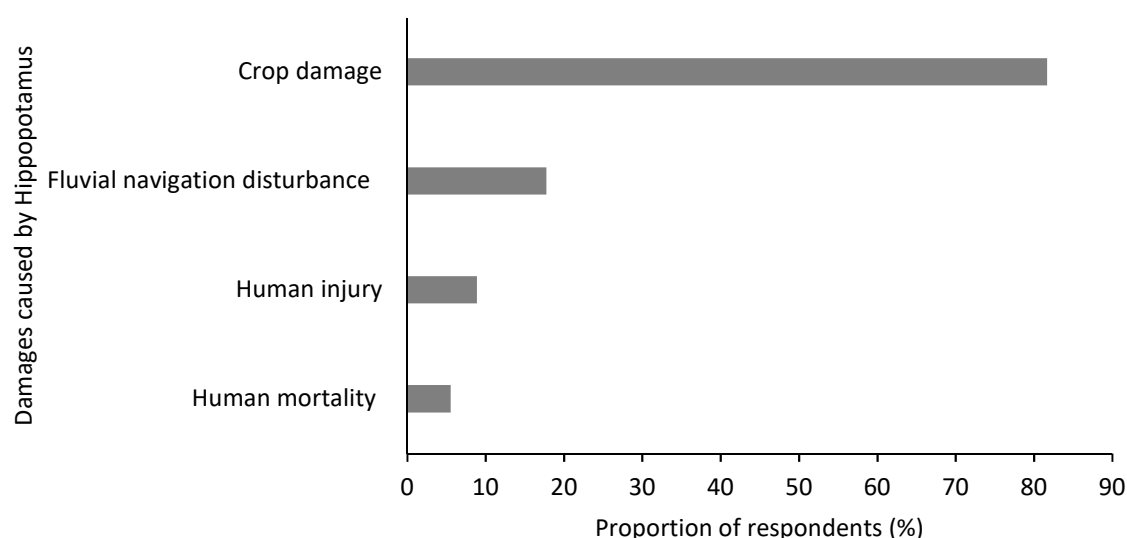


Fig. 2. Percentage of respondents reporting damages caused by hippopotamus

3.2 SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF HIPPO CROPS RAIDING

Maize, peanut, rice, cotton, cassava, yams and various vegetables crops were the most frequently attacked crops by hippopotamus in the study area. Survey showed that Okpa and Bétékoukou villages had the highest incidence of crop damage by hippopotamus. During a day, the period of the crops raiding was at night corresponding to hippopotamus time for grazing. Most respondents (53.89 %) opined that hippopotamus attacked cropland during the whole year, but period for raid varied significantly between villages ($\chi^2 = 57.926$, $p < 0.0001$). In dry season, the vegetables crops installed at the borders of wetlands are mostly attacked. Damages to crops also were intensified in rain period (July to October) during the vegetative or at maturity stage.

3.3 KEY DETERMINANTS OF HIPPOPOTAMUS CROP RAIDING

Logistic regression analysis showed that farms extent ($p = 0.226$), crops growth stage ($p = 0.856$), hippopotamus groups size ($p = 0.605$) or illegal poaching ($p = 0.461$) had no significant influence on the probability of hippopotamus crops raiding occurrence in the area. However, distance from the farmlands to water source showed significant effect on crop raiding ($p=0.003$) (Table 1). In general, the hippopotamus attacked in the farm was located in a ray of few kilometers from the Ouémé river (4.36 ± 3.26 km). Mann-Whitney test revealed a significant difference between the distance from water source to the attacked farms and distance from water source to non-attacked farms ($W = 2965.5$, $p < 0.0001$). Table 1. Factors determining hippopotamus crops raiding in farms.

Table 1. Factors determining hippopotamus crops raiding in farms

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.858	1.678	1.108	0.268
dist_farmland	-0.510	0.172	-2.967	0.003**
Farm_extent	0.942	0.779	1.210	0.226
Crop_growth_Stage	-0.118	0.652	-0.181	0.856
Hippo_group_size	0.053	0.103	0.517	0.605
Illegal_poaching	-0.569	0.7721	-0.737	0.461

3.4 MITIGATION MEASURES USED BY LOCAL POPULATION AGAINST HIPPOPOTAMUS CROP DAMAGES

Local farmers use traditional mitigation measures to prevent crop damages caused by hippopotamus in their farms. These include barbed wire fences, dry vegetation barrier; pole barrier, guarding farm, lighting fires, shouting and drums noise (Fig 3). Principal Component Analysis (PCA) revealed that farmers whose farms were not damaged, prioritized mitigation measures as: the guarding farm, the pole barriers and the barbed wire fences. Conversely, the farmers who use deterrents such as shouting, drumming and lighting fires had once suffered from hippopotamus damages (Fig 4).

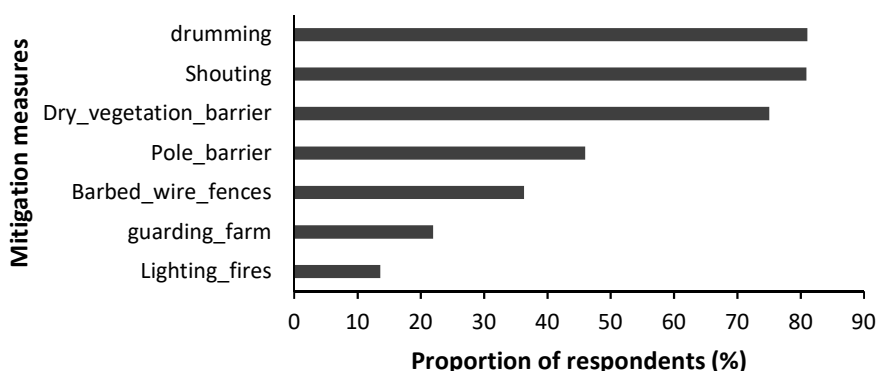


Fig. 3. Percentage of respondents reporting mitigate measures used by local population to prevent crop damage caused by hippopotamus

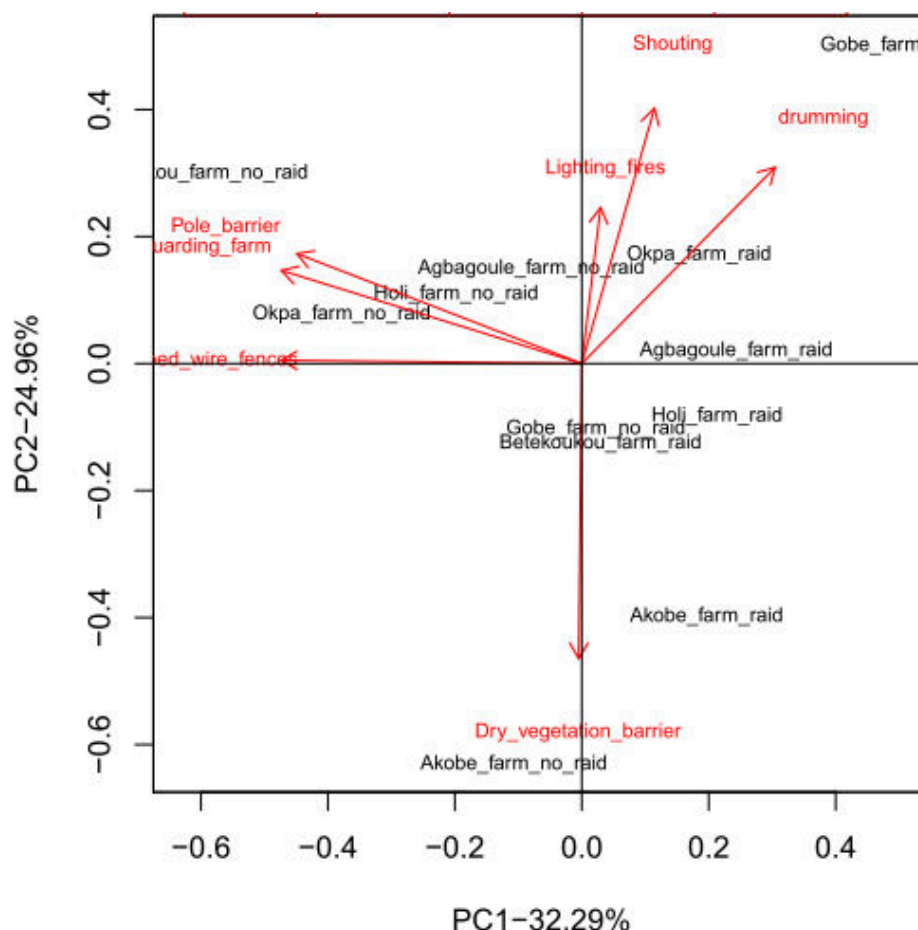


Fig. 4. Projection of mitigation measures/villages in the principal component analysis (PCA)

4 DISCUSSION

4.1 DAMAGES CAUSED BY HIPPOPOTAMUS

This study revealed four major damages and losses caused by hippopotamus in study area. The crops attacked in the field emerged as the source of human-hippo conflict. Previous studies performed on Adjamè community reserve in south-eastern Benin showed that human hippopotamus conflicts are linked in the majority to crops attacked by hippopotamus [4]. In Kenya, [20] reported that about 78 % of the conflict incidences (agricultural and physical threats) are associated with human-induced land use changes. Overall, wetlands conversion to agricultural land restricted access to water and the loss of hippopotamus grazing area and migratory corridors leading to conflicts between human and wildlife [13]. In addition to crops destruction, attacks on fishermen and loss of life are considered as an important factor contributing to the persistence of human-hippopotamus conflicts [4], [14], [18].

4.2 PERIOD AND FACTORS DETERMINING CROP DAMAGE

In this study, results showed that the occurrence of crop damages by hippopotamus is important in rainy periods (April in November) on maize, cassava and peanut. In dry season, the vegetables cultivated on the shore of Ouémé river are more attacked. Our findings are in accordance with the results of [20] which reported that the looting of the fields takes place mainly at the beginning of the dry season, either during the period where the majority of crops reached maturity in Kenya. The rapid progression trend of the agricultural frontline around the rivers and lakes is a great concern [21]. This situation highlights the increasing of human-hippopotamus conflicts. The proximity of farmland from rivers or lakes indubitably contributes to increase human-hippopotamus conflicts. Some authors also suggested that drought and competition with livestock can constrain hippopotamus to graze far from the river increasing the area of conflicts with humans [20].

4.3 MITIGATION MEASURES TO PREVENT

To cope with hippopotamus damages in the farmland, local population in the study region used different methods depending on their history with hippopotamus attacked in their farm. Repelling measures adopted by the farmers range from preventive measures (barriers settlement, shouting, drumming and lighting) to hippo killing. Ours results are in accordance with those of [4], [7] who reported the utilization of pole barriers, barbed wire fences, shouting, drumming and fires used to repel wildlife from the farm. However, the effectiveness of the methods used remain questionable. Methods such as shouting, drumming and lighting require the presence of human during the night when hippopotamus attacks the crops in the fields. Human presence in the field during the night represents a real limit to the success of these methods. Pole barriers made of traditional material and the barbed wire fences installation could be a good alternative to avoid permanent presence of human in the field during the night. Unfortunately, the settlement of such barriers (barbed wire fences) are costly for local farmers and required permanent maintenance due to its destruction by hippopotamus. In the case of elephant repelling from crops destruction, [22] mentioned that physical barriers installation can be effective but very expensive, since its require important investment and constant maintenance. For [23], strategies based on electric fences are effective to repel wildlife from the farmland. However, the high costs of these facilities make their application on large scale little realistic in the developing countries and cannot be installed by local farmers who practices subsistence agriculture [24]. In addition, the use of electric fences is little recognized because of the risk of materials theft which makes this approach little effective [22], [24]. Repelling methods based on fences are perceived as a source of equipment of traps for the poachers and involuntarily interfere with the conservation of other species [6].

This study demonstrated clearly that the arrow of methods used by farmers in the study area remain less effective. For a pacific cohabitation between hippopotamus and human, we suggest optimal delimitation of hippopotamus habitat in the study area which will be erected as community reserve where human activities which can compete with hippopotamus habitat will be locally prohibited. This reserve will be designed in closed collaboration with the local population, authorities and wildlife managers. Moreover, suitable alternatives activities generating income will be implemented towards local population to meet their daily needs.

5 CONCLUSION

The crop destruction in the farmland is the major damage caused by wild hippopotamus in study area. Maize, peanut, rice, cotton, cassava, yams and various vegetables crops were the most frequently attacked crops by the hippopotamus. Local farmers use traditional mitigation measures as barbed wire fences, dry vegetation barrier; pole barrier, guarding farm, fires, shouting and drums noise to prevent crop damage caused by hippopotamus in their farms. Farmland proximity from Ouémé river was the most important factor increasing human-hippopotamus conflicts in the study area. There is a need to find reliable solutions to cope with hippopotamus raids in the field and to promote pacific cohabitation between human and hippopotamus. Finally, the study suggests reserve designing in the present habitat occupied by the hippopotamus in the area.

ACKNOWLEDGMENT

We thank local people for sharing their traditional knowledge on common hippopotamus. We are grateful to Dr Sylvestre Chabi Djaoun for reading the earlier version of this manuscript.

REFERENCES

- [1] K. M. Dunham, A. Ghiurghi, R. Cumbi and F. Urbano, "Human-wildlife conflict in Mozambique: a national perspective, with emphasis on wildlife attacks on humans," *Oryx*, vol. 44, pp. 185-193, 2010.
- [2] N. W. Sitati, M. J. Walpole and N. Leader-Williams, "Factors affecting susceptibility of farms to crop raiding by African elephants: using a predictive model to mitigate conflict," *Journal of applied ecology*, vol. 42, pp. 1175-1182, 2005.
- [3] C. A. M. S. Djaoun, H. A. Akpona, N. Gichohi and P. Muruthi, "A stakeholder assessment of human-elephant conflict in Benin," *Pachyderm*, vol. 58, pp. 161-166, 2017.
- [4] E. A. Sogbohossou, P. E. Dansou and C. A. M. S. Djaoun, "Conflits hommes-hippopotames dans la Réserve Communautaire d'Adjamè au sud-ouest du Bénin," *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, vol. 82, pp. 22-31, 2017.
- [5] C. Packer, D. Ikanda, B. Kissui and H. Kushnir, "Lion attacks on humans in Tanzania," *Nature*, vol. 436, pp. 927-928, 2005.

- [6] R. Woodroffe, L. G. Frank, P. A. Lindsey, S. M. Ranah and S. Romanach, "Livestock husbandry as a tool for carnivore conservation in Africa's community rangelands: a case-control study," *Biodiversity and Conservation*, vol. 16, pp. 1245–1260, 2007.
- [7] A. H. M. Sarker and E. Røskaft, "Human–wildlife conflicts and management options in Bangladesh, with special reference to Asian elephants (*Elephas maximus*)," *Ecosystem Services & Management*, vol. 6, pp. 164-175, 2010.
- [8] S.M. Ertiban, "Population status and human conflict of common hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*, LINNAEUS, 1758) In Boye Wetland, Jimma, Ethiopia," *Am. J. Sci. Ind. Res.*, 7: 32-40, 2016.
- [9] R. Rigg, S. Findo, M. Wechselberger, M. L. Gorman, C. Sillero-Zubiri and D.W. Macdonald, "Mitigating carnivore–livestock conflict in Europe: lessons from Slovakia," *Oryx*, vol. 45, pp. 272-280, 2011.
- [10] T. P. Jackson, S. Mosojane, S. M. Ferreira and R. J. van Aarde, "Solutions for elephant *Loxodonta africana* crop raiding in northern Botswana: moving away from symptomatic approaches," *Oryx*, vol. 42, pp. 83-91, 2008.
- [11] M. Gusset, M. J. Swarner, L. Mponwane, K. Keletile and J. W. McNutt, "Human–wildlife conflict in northern Botswana: livestock predation by Endangered African wild dog *Lycaon pictus* and other carnivores," *Oryx*, vol. 43, pp. 67-72, 2009.
- [12] Lewison, R. & Oliver, W. (2008). *Hippopotamus amphibius*. In The IUCN Red List of Threatened Species. *Hippopotamus amphibius* (Common Hippopotamus, Hippopotamus, Large Hippo).
- [13] C.J. Kendall, "The spatial and agricultural basis of crop raiding by the Vulnerable common hippopotamus *Hippopotamus amphibius* around Ruaha National Park, Tanzania," *Oryx*, vol. 45, pp. 28-34, 2011.
- [14] L. M. González, F. G. Montoto, T. Mereck, J. Alves, J. Pereira, P. F. de Larrinoa and N. El-Kadhir, "Preventing crop raiding by the Vulnerable common hippopotamus *Hippopotamus amphibius* in Guinea-Bissau," *Oryx*, vol. 51, pp. 222-229, 2017.
- [15] K. G. Amoussou, G.A. Mensah and B. Sinsin, "Données biologiques, éco-éthologiques et socio-économiques sur les groupes d'hippopotames (*Hippopotamus amphibius*) isolés dans les terroirs villageois en zones humides des départements du Mono et du Couffo au Sud-Bénin," *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, vol. 53, pp. 22-35, 2006.
- [16] B. Tente, M. A. Baglo, J. C. Dossoumou and H. Yedomonhan, "Impacts des activités humaines sur les ressources forestières dans les terroirs villageois des communes de Glazoué et de Dassa-Zoumè au centre-Bénin," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, pp. 2022-2030, 2011.
- [17] Adomou, C.A., *Vegetation patterns and environmental gradients in Benin. Implications for biogeography and conservation*. PhD thesis, Wageningen University. 150 p, 2005.
- [18] Assogbadjo, A.E., Amoussou, G., Sinsin, B. and Neuenschwander, P., *Hippopotame*. In : P. Neuenschwander, B. Sinsin et G. Goergen, (Eds.), *Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin*. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. pp. 289-292, 2011.
- [19] Judex, M., Röhrig, J., Schulz, O. et Thamm, H.P. (Eds.), *IMPETUS Atlas du Bénin. Résultats de recherche 2000 – 2007*, Troisième édition. Département de Géographie, Université de Bonn, Allemagne, 2009.
- [20] E. M. Kanga, J. O. Ogutu, H. P. Piepho and H. Olff, "Human-hippo conflicts in Kenya during 1997- 2008: vulnerability of a megaherbivore to anthropogenic land use changes," *Journal of Land Use Science*, vol. 7, pp. 395-406, 2012.
- [21] R. H. Lamprey and R. S. Reid, "Expansion of human settlement in Kenya's Maasai Mara: what future for pastoralism and wildlife?," *Journal of Biogeography*, vol. 31, 997-1032, 2004.
- [22] R. Hoare, "Lessons from 15 years of human elephant conflict mitigation: Management considerations involving biological, physical and governance issues in Africa," *Pachyderm*, vol. 51, pp. 60-74, 2012.
- [23] M. M. Okello and D. E. D'Amour, "Agricultural expansion within Kimana electric fences and implications for natural resource conservation around Amboseli National Park, Kenya," *Journal of Arid Environment*, vol. 72, pp. 2179-2192, 2008.
- [24] F.V. Osborn, and C.M. Hill, Techniques to reduce crop loss: human and technical dimensions in Africa. *Conservation Biology Series-Cambridge*, vol. 9, 72p, 2005.

ANALYSE DES DETERMINANTS D'OCTROI DE CREDIT BANCAIRE AUX COMMERÇANTS DE KISANGANI PAR LA FIRST BANK OF NIGERIA (FBNBANK) - AGENCE DE KISANGANI

KIAYIMA KITENGIE Jules¹ and MUKALALIRYA KAMBALE Bernard²

¹Assistant, Institut Supérieur de Commerce de Kisangani, RD Congo

²Professeur, Institut Supérieur de Commerce de Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: The decision to grant credit to a small and medium-sized business (trader) by FBNBANK is essentially based on the analysis of its liquidity. However, other criteria such as the evolution of operation of the account, the guarantee or validity of demand, the seniority of the relations with the bank, the importance of the turnover, financial structure can also influence the decision of the banker. This study has highlighted determinants essential to decision to grant credit to merchants that must be used by commercial banks, and those used by FBNBANK.

At the end of this analysis, we say that FBNBANK's credit granting determinants to small and medium-sized businesses are a special way of managing credit risk for its clients. They are defined by the bank taking into account origin of credit risk as well as their implementation and constitute a common standard for the various parties involved in the credit granting decision in order to allow a good credit risk assessment. You have to analyze the credit file, analysis of balance sheet and profit and loss account, the analysis of financial balance and know personality of company manager. The bank focuses on company's debt capacity and the resource structure it has. This analysis is made on basis of calculation of different ratios before registration of loan requested by the merchant to examine consequences of its possible granting.

KEYWORDS: Analysis, determinants, granting, credit, traders.

RESUME: La décision d'accorder un crédit à une petite et moyenne entreprise (commerçant) par la FBNBANK repose essentiellement sur l'analyse de sa liquidité. Cependant, d'autres critères comme l'évolution du fonctionnement du compte, la garantie ou le bien-fondé de la demande, l'ancienneté des relations avec la banque, l'importance du chiffre d'affaires, la structure financière peuvent également influencer la décision du banquier. Cette étude a permis de mettre en évidence les déterminants essentiels à la décision d'octroi de crédit aux commerçants que doivent utiliser les banques commerciales, et ceux utilisés par la FBNBANK.

Au terme de cette analyse, nous disons que les déterminants d'octroi de crédit de la FBNBANK aux petites et moyennes entreprises constituent un moyen spécial pour la gestion des risques de crédit à ses clients. Ils sont définis par la banque en tenant compte de l'origine du risque de crédit ainsi que leur mise en œuvre et constituent un standard commun pour les différents intervenants de la décision d'octroi de crédit afin de permettre une bonne appréciation du risque de crédit. Il faut faire l'analyse du dossier de crédit, l'analyse du bilan et compte de résultat, l'analyse de l'équilibre financier et bien connaître la personnalité du dirigeant de l'entreprise. La banque porte son attention sur la capacité d'endettement de l'entreprise et sur la structure des ressources dont elle dispose. Cette analyse est faite sur base de calcul de différents ratios avant l'enregistrement du prêt demandé par le commerçant pour examiner les conséquences de son éventuel octroi.

MOTS-CLEFS: Analyse, déterminants, octroi, crédit, commerçants.

1 INTRODUCTION

Dans le monde économique, les institutions financières ont pour but d'apporter un appui financier aux entreprises, aux commerçants et à d'autres organisations pour promouvoir les investissements et relancer ainsi la production dans la société. Toutefois, chacune de ces institutions financières propose à ses partenaires économiques une panoplie de modalités d'octroi de crédits pour répondre aux besoins de ses clients. Bien que l'octroi de crédit constitue une source importante des revenus non seulement pour les banques commerciales elles-mêmes, mais également pour les commerçants, la rentabilité de ce mécanisme dépend d'une part des modalités définies par ces banques et d'autre part, de l'appréhension et la compréhension de ces modalités par les commerçants dans l'exercice de leurs activités commerciales. A cet effet, on parle de la notion de sécurité qui impose à la banque de sélectionner judicieusement ses débiteurs. De ce fait découle l'importance accordée à l'étude de crédit sur le plan comptable et financier pour un meilleur gage de sécurité [1]. Pour satisfaire leurs besoins de financement, les commerçants font souvent appel à des institutions financières. Ces dernières peuvent être les caisses d'épargne, les établissements financiers ou encore les banques qui restent les institutions les plus sollicitées [2]. Le recours au financement bancaire attire également l'attention des commerçants de la Ville de Kisangani. Cette réalité économique justifie la problématique de notre recherche.

2 MATERIELS ET METHODES

Sur ce, notre préoccupation se résume dans les questions que nous nous posons ci-après :

- Quels sont les facteurs qui interviennent dans la décision d'accorder un crédit aux commerçants de Kisangani par la FBNBANK ?
- Sur quoi repose l'analyse des déterminants d'octroi de crédit bancaire de la FBNBANK aux commerçants de Kisangani ?
- Comment la FBNBANK doit-elle gérer le risque inhérent aux crédits destinés aux commerçants de Kisangani ?

En guise de réponses provisoires aux questions soulevées par la problématique, nous estimons que :

- Le montage d'un bon dossier de crédit (apport des garanties exigées...) et le remboursement de crédit faciliteraient la décision du banquier et augmentent la chance d'accéder au crédit ;
- L'analyse des déterminants reposerait essentiellement sur la fiabilité des informations financières fournies par le commerçant ou sur sa solvabilité ;
- La FBNBANK améliorerait les déterminants d'octroi de crédit aux commerçants afin de limiter les risques.

Cette étude revêt un intérêt qui vise plusieurs cibles :

- Pour la FBNBANK et les autres banques commerciales comme partenaires des petites et moyennes entreprises, cette étude leur permettra d'améliorer leur sélection de la clientèle entreprise à financer, ainsi que la qualité de leur portefeuille crédit. Elle permettra également aux acteurs intervenants dans la décision d'octroi de crédit aux petites et moyennes entreprises de Kisangani de mieux cerner les fondamentaux de leur avis sur une demande de concours à partir de nos analyses.
- Pour les petites et moyennes entreprises qui souhaitent recourir aux financements bancaires, cette étude leur permettra d'appréhender les déterminants de la décision de crédit des banques de manière générale. De là, elle pourrait leur servir de support afin qu'elles travaillent à faciliter leur accès au crédit bancaire.
- Pour les experts-comptables, ce travail est un outil de référence. Il permet de décrire et de comprendre les déterminants d'octroi des crédits bancaires aux commerçants par la FBNBANK d'une part et d'autre part, une ligne de conduite pour bien orienter leurs clients qui veulent solliciter un crédit auprès de l'une des banques commerciales de Kisangani.

A cette réflexion, nous avons assigné les objectifs repris ci-dessous :

- Identifier les éléments décisifs qui influent sur la décision d'octroi de crédit de la banque aux commerçants ;
- Mettre à la disposition des commerçants un support de travail pour faciliter leurs accès au crédit bancaire et comprendre sur quelles bases sont prises les décisions d'octroi de crédit ;
- Contribuer à l'amélioration des déterminants d'octroi de crédit aux commerçants utilisés par la FBNBANK.

Pour cette recherche, nous avons utilisé les méthodes d'analyse documentaire et l'entretien. Ces méthodes nous ont permis d'examiner la documentation disponible au sein de la FBNBANK ainsi que tout autre document permettant d'avoir des informations sur les déterminants de la décision de crédit aux petites et moyennes entreprises.

Dans le cadre de ce travail, nous avons recouru aux techniques suivantes pour la collecte et l'analyse de données :

✓ **La technique documentaire**

Elle a consisté à consulter et examiner les documents ayant trait à l'objet de notre étude, tels que les différents rapports annuels, les anciens dossiers de crédits des commerçants et le livre de la politique d'octroi de crédit de la FBNBANK en vue d'y puiser les données nécessaires au présent travail. Nous avons en outre recouru à la recherche en ligne.

✓ **La technique d'enquête**

Celle-ci nous a permis de recueillir les informations en rapport avec les déterminants d'octroi des crédits auprès des cadres de la FBNBANK.

✓ **La technique d'interview libre**

Cette technique nous a permis d'entrer en contact avec les cadres de la FBNBANK à travers quelques questions qui nous ont permis de connaître les ratios majeurs dans la prise de décision lors de l'analyse des états financiers ; les éléments du dossier crédit ; la procédure d'analyse de dossier crédit ; les étapes du processus de décision d'octroi de crédit ; les déterminants stratégiques d'octroi de crédit aux PME ; etc.

2.1 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1.1 NOTION DE CRÉDIT

Du latin « credere » qui veut dire croire, le crédit est une expression de confiance. Et pour le dictionnaire Robert, « c'est un prêt consenti à un tiers » [3]. Le crédit est la faculté par laquelle on obtient la jouissance temporaire des capitaux d'autrui moyennant certains avantages réciproques. Il est considéré comme une sorte d'aptitude à contracter des emprunts et à obtenir des prêts [4]. Selon les économistes du monde contemporain, Raymond BARRE, le concept « crédit » est un échange dans le temps, par lequel une personne cède volontairement à une autre la disposition économique d'un bien moyennant une contrepartie future [5].

Il existe plusieurs crédits qui sont généralement classés selon deux critères : la durée et la nature de l'opération. Ainsi, les banques octroient aux commerçants différents crédits bancaires ci-après :

1. Les crédits d'exploitation

Les crédits d'exploitation sont des crédits à court terme, accordés habituellement par des banques ou des fournisseurs aux entreprises permettant de financer des actifs circulants dits aussi valeurs d'exploitation non couverts par le fonds de roulement [6].

2. Les crédits d'investissements

Les crédits d'investissement sont destinés à financer la partie haute du bilan, les immobilisations, l'outil de travail de l'entreprise, et le remboursement de ce crédit ne peut être assuré que par le jeu des bénéfices.

Il s'agit d'un crédit à moyen ou à long terme qui a une durée fixe, déterminée

2.1.2 NOTION DE BANQUE

La Banque est une entreprise qui reçoit en dépôt du public des fonds qu'elle utilise en opération d'escompte ou de crédit ou en opérations financières [7]. En d'autres termes, la banque est un établissement financier dont les activités basiques sont majoritairement tournées vers les particuliers (dépôts, placements, solutions d'épargne, crédit), les entreprises ou les collectivités publiques [8].

CATÉGORIE DES BANQUES

Sur base de l'origine principale des capitaux qu'elles ont à leur disposition, les banques se répartissent en deux catégories : les banques centrales et les banques de dépôt.

2.1.3 NOTION DES COMMERÇANTS

Sont commerçants ceux qui accomplissent des actes de commerce, et en font leur profession habituelle [9]. En principe, tout le monde peut accomplir des actes de commerce, mais la loi trace des règles spéciales en ce qui concerne les mineurs qui ne peuvent exercer le commerce que s'ils ont dix-huit ans accomplis et s'ils ont reçu une autorisation spéciale [10].

2.2 PRÉSENTATION DE LA FBNBANK ET DU PROCESSUS DE DEMANDE DE CRÉDIT

2.2.1 PRÉSENTATION DE LA FBNBANK

La First Bank of Nigeria DRC SA (FBNBANK) est née de la cessation de la Banque Internationale de Crédit (B.I.C.) par les initiateurs à Monsieur THORENS et consorts, et par ces derniers à la First Bank of Nigeria. Elle est devenue FBNBANK DRC SA en date du 12 septembre 2014, lorsque la Banque Centrale du Congo a approuvée son changement de nom après l'agrément accordé le 24 septembre 1993, et l'autorisation du Président de la République intervenue par Ordonnance Présidentielle du 06 avril 1994.

2.2.2 PROCESSUS DE DÉCISION D'OCTROI DE CRÉDIT

Pour bénéficier de crédits de la FBNBANK, les entreprises formulent leur demande auprès de leur gestionnaire ou conseiller clientèle, chargé de veiller à la constitution du dossier de crédit qui par la suite présenté aux différents intervenants de la décision de crédit.

➤ Contenu du dossier de crédit

Tout dossier de crédit, autrement dit faisant l'objet d'une revue initiale ou d'un renouvellement, exception faite de ceux traités dans le cadre de programme de crédit, doit obligatoirement comporter les éléments suivants afin de permettre une parfaite connaissance de l'entreprise, de ses activités et une bonne appréhension de risques liés aux financements sollicités :

- La demande écrite de l'entreprise, signée par la ou les personnes habilitées à l'engager, avec vérification de ces signatures.
- La fiche type d'information sur les activités, l'actionnariat, les différentes relations avec les banques de la place, les fournisseurs et les clients ;
- La fiche type reprenant les encours, les garanties prises précédemment tant au niveau de l'entreprise que des autres entités du groupe de société auquel appartient de l'entreprise ;
- La fiche d'acceptation de risque ;
- La fiche d'analyse comportant les différentes analyses effectuées, par le chargé d'affaire.
- Les états financiers retraités sur les trois dernières années ;
- La fiche de renseignements bancaires et commerciaux retraçant les informations collectées auprès des autres banques avec lesquelles l'entreprise est en relation, des fournisseurs ou clients ;
- Le compte rendu de la dernière visite clientèle datant au maximum de trois mois.

Le dossier de crédit constitue le moyen formel de transmission de l'information sur l'entreprise auprès des intervenants de la décision de crédit.

➤ La situation financière

Sur base des renseignements du dossier de crédit sur la situation financière de l'entreprise, la banque fait une analyse des états financiers de cette dernière portant sur les trois derniers exercices. Elle exige l'entreprise de lui fournir des états financiers certifiés afin de s'assurer que les commissaires aux comptes n'ont pas formulés de réserves majeures. Toutefois, pour celle ne disposant pas d'états financiers certifiés, l'analyse n'est faite qu'à titre indicatif et ne représente pas un facteur décisif dans la décision d'octroi de crédit.

Le banquier focalise son analyse sur le bilan, le compte de résultat et l'état prévisionnel sur la durée du crédit qui met en évidence le cash-flow futur de l'entreprise.

1) L'analyse du bilan

L'analyse du bilan s'intéresse surtout aux fonds propres et au fonds de roulement qui permet d'apprécier la rentabilité et la solvabilité de l'entreprise. Le bilan informe aussi le banquier sur les engagements de l'entreprise avec d'autres institutions. L'examen de capitaux propres permet de s'assurer que les dirigeants de l'entreprise maintiennent un rapport satisfaisant entre l'évolution des capitaux propres et l'endettement. En effet, lorsque ce rapport est positif, il met en relief l'indépendance financière d'une entreprise.

✓ Fonds de roulement

Selon la règle fondamentale de finance selon laquelle les ressources stables financent les emplois stables (actif immobilisé), l'idéal voudrait que le fonds de roulement soit positif.

✓ Besoin en fonds de roulement

Il représente le volume réel des capitaux circulants à financer. Ce sont les ressources financières à dégager afin de couvrir les engagements à court terme liés à l'exploitation de l'entreprise. Il devrait être négatif.

✓ Trésorerie nette

Tout déséquilibre entre le fonds de roulement et le besoin en fond de roulement (BFR) affecte la trésorerie. Lorsque la trésorerie est négative, cela signifie que le fonds de roulement ne parvient pas à financer le BFR. Au niveau de l'entreprise, ceci se traduit par un recours de financement à court terme pour assurer le financement de son cycle d'exploitation. Lorsque la trésorerie est positive, le FR est suffisant pour couvrir les besoins du cycle d'exploitation, et assez pour dégager un excédent de trésorerie. Elle indique parfois un état de surliquidité révélateur d'absence d'une véritable politique stratégique ou de sous-emploi de capitaux.

Une trésorerie nulle indique un équilibre entre le fonds de roulement (FR) et le BFR ; ceci équivaut à la situation d'une entreprise équilibrée. Il faut dire que ce cas reste inexistant dans les dossiers étudiés par la banque.

2) Le compte de résultat

Le compte de résultat restitue le niveau de l'activité ainsi que la structure des coûts. Il est le support de l'analyse de performances économiques et financières de l'entreprise, donnant les points clés de cette appréciation que sont le chiffre d'affaire et l'analyse des agrégats suivants : la valeur ajoutée, l'excédent brut d'exploitation, le résultat d'exploitation, le résultat net et la capacité d'autofinancement.

La capacité d'autofinancement est un élément important de mesure des performances de l'entreprise, de son aptitude à rémunérer les capitaux investis et des possibilités de faire face aux charges de remboursement d'emprunts. La capacité d'autofinancement se calcule soit à partir de l'excédent brut d'exploitation (méthode soustractive), soit à partir du résultat de l'exercice (méthode additive) [11]. Elle mesure ainsi la capacité de l'entreprise à couvrir ses risques par les dotations aux provisions, financer ses investissements et son développement tout en préservant l'indépendance financière de l'entreprise, rembourser les crédits accordés par les banques, rémunérer les associés (dividendes).

Les banques, en comparant la capacité d'autofinancement (CAF) au montant des dettes financières, mesurent la capacité de l'entreprise à rembourser ses dettes. Un ratio qui est égal à deux par exemple, indique que l'entreprise met deux ans à se libérer. Ainsi, ce ratio de capacité de remboursement est calculé de la manière suivante :

$$\frac{\text{Dettes financières}}{\text{CAF}}$$

3) Etude de liquidité de l'entreprise

La notion de solvabilité permet à la banque d'apprécier la capacité à assurer le règlement de ses dettes quand elles arrivent à l'échéance. Elle constitue donc un élément de réponse qui intéresse toujours la banque, devant la question fondamentale de savoir si elle sera remboursée ou non pour le montant de prêt consenti. Les ratios de liquidité ou de solvabilité à court terme visent à mesurer la capacité de l'entreprise à respecter ses engagements financiers à court terme.

Détenir des liquidités signifie que l'on possède des sommes d'argent ou des actifs qui peuvent rapidement se transformer en cash. Evidemment, plus on détient de liquidités, plus on devrait être en mesure d'honorer ses obligations financières [12].

On mesure habituellement l'état des liquidités d'une entreprise par le ratio du fonds de roulement. Ce ratio mesure la capacité de payer ses créances à court terme si elles venaient à échéance immédiatement. C'est une mesure intéressante mais qui présente certaines lacunes. Ce ratio est statique et ne permet pas de saisir l'aspect dynamique de la situation.

Les ratios de liquidité peuvent prendre différentes formes :

✓ **Ratio de liquidité générale**

Autrement appelé ratio de fonds de roulement, ce ratio est calculé à partir du bas du bilan suivant la formule ci-après :

$$\text{Ratio de liquidité générale} = \frac{\text{Actif circulant}}{\text{Dettes à court terme}}$$

Ce ratio doit traduire un coefficient inférieur à 1 ou à 100 s'il est en pourcentage.

Lorsqu'il est inférieur à 100, ce ratio indique l'absence de fonds de roulement, les dettes à court terme de l'entreprise excédant la valeur des actifs à court terme possédés par celle-ci.

Lorsque ce ratio est supérieur à 100, il traduit l'existence d'un fonds de roulement positif : cela veut dire que les stocks sont financés en partie par des capitaux permanents ; ce qui traduit une gestion beaucoup plus saine de l'entreprise.

✓ **Ratio de liquidité réduite**

Il permet de mesurer le risque de faillite de l'entreprise en indiquant le pourcentage de dettes à court terme que l'entreprise peut payer en recouvrant toute ses créances et ses disponibilités.

Pour calculer ce ratio, on élimine les éléments les moins liquides (stocks, commandes en cours, comptes de régularisation). On peut ainsi considérer que les stocks se révèlent insuffisamment liquides pour couvrir un besoin urgent de liquidité.

La vitesse ou la lenteur de la réalisation des stocks peut dépendre de la définition du cycle d'exploitation. On admet généralement que le coefficient de 0,5 est valable.

Ce ratio fluctue en fonction du montant des crédits accordés aux clients et des crédits obtenus des fournisseurs. Toute augmentation de ce ratio dans le temps laisse présager une amélioration de la situation, mais toute diminution indique une détérioration de la santé financière de l'entreprise. Il est calculé de la manière suivante :

$$\frac{\text{Actif à moins d'un an corrigé (hors stocks)}}{\text{Dettes à moins d'un an}}$$

✓ **Ratio de liquidité immédiate**

Ce ratio, souvent appelé « ratio de trésorerie », indique la capacité de l'entreprise de faire face aux exigences immédiates de ses créanciers en mettant à profit ses disponibilités, c'est-à-dire ses éléments d'actif les plus facilement réalisables. Il est calculé suivant la formule ci-après :

$$\text{Coefficient} = \frac{\text{disponibles}}{\text{dettes à court terme}}$$

Le ratio de liquidité immédiate est une mesure plus réaliste de la capacité de l'entreprise à faire face à ses obligations à court terme que le ratio de liquidité générale, car il exclut les stocks et les éléments payés d'avance qui ne peuvent être immédiatement réalisés. En d'autres termes, il mesure le remboursement immédiat des dettes à court terme en mobilisant uniquement la trésorerie active, c'est-à-dire les disponibilités de l'entreprise. Le ratio de liquidité immédiate est généralement utilisé en complément du ratio de fonds de roulement.

4) Analyse de l'équilibre financier

La banque exige, sans exception, la présentation de documents comptables vérifiés ou non par un expert-comptable. L'horizon historique pour le bilan et les comptes d'exploitation est généralement de trois ans, l'horizon des documents

prévisionnels n'est pas spécifié [13]. Hormis le bilan et comptes d'exploitation prévisionnels, la banque exige d'une manière systématique le plan de trésorerie.

La méthode des ratios semble être prédominante dans l'interprétation des documents comptables. La banque opère avec des normes de structure financière de rentabilité et d'exploitation propres de la maison et à sa politique de crédit. La banque s'intéresse aux facteurs liés à l'équilibre financier de l'entreprise, à savoir le fonds de roulement, le besoin en fonds de roulement et la trésorerie nette.

En effet, l'analyse financière permet d'avoir une vision chiffrée à postériori de l'évolution d'un organisme. Elle permet à la fois de mieux connaître ce dernier et de mieux évaluer ses atouts et ses faiblesses. Cette analyse permet d'évaluer un certain nombre de risques auxquels l'organisation pourrait se voir exposer.

Pour renseigner le dossier de crédit sur la situation financière de l'entreprise, l'exploitant réalise une analyse des états financiers de cette dernière portant sur les trois derniers exercices. Il exige de l'entreprise des états financiers certifiés afin de s'assurer que l'expert-comptable n'a pas formulé de réserves majeures. Toutefois pour celles ne disposant pas des états financiers certifiés, l'analyse n'est faite qu'à titre indicatif et ne représente pas un facteur décisif dans la décision d'octroi de crédit.

L'exploitant focalise son analyse sur le bilan, le compte de résultat, et un état prévisionnel sur la durée du crédit qui met en évidence les cash-flows futurs de l'entreprise. Il souligne obligatoirement les éléments suivants : l'évolution du chiffre d'affaires ; la rentabilité par une étude des soldes intermédiaires de gestion ; la structure du capital ; la liquidité de l'entreprise à partir des ratios de liquidité générale et de liquidité réduite ; le besoin en fonds de roulement ; les détails de l'endettement bancaire global et le ratio d'endettement ; les cash-flows prévisionnels.

En effet, l'exploitant effectue une étude de ces éléments en révélant les facteurs explicatifs de leur niveau ; dégradation, évolution ou stagnation sur les trois derniers exercices. Les préoccupations dominantes concernant la situation financière de l'entreprise sont la rentabilité de l'entreprise, son équilibre financier, sa capacité à supporter un crédit supplémentaire et celle à générer des flux.

Le retraitement de l'information comptable, précisément du bilan, vise ainsi à évaluer des grandeurs utiles. Le bilan peut être défini comme la situation patrimoniale de l'entreprise exprimée en terme :

- D'avoir et créances, c'est l'actif qui retrace donc l'emploi des ressources.
- De dettes, c'est le passif qui montre l'origine des ressources.

Il existe plusieurs présentations de bilan. Le bilan comptable est un document normalisé qui répond à des critères et des préoccupations plus juridique que financières, mais il existe d'autres présentations des bilans mieux adaptées à l'analyse financière tels que le bilan fonctionnel.

Le bilan fonctionnel est un bilan comptable modifié afin d'expliquer le fonctionnement de l'entreprise. Il permet une étude du financement de l'entreprise en faisant une distinction entre les cycles longs (investissement) et les cycles court (exploitation) [14]. Le bilan fonctionnel facilite l'analyse de l'équilibre financier d'une entreprise. Cet outil permet de distinguer les emplois et les ressources stables ; des emplois et des ressources résultant du cycle d'exploitation.

Tableau 1. Présentation du bilan fonctionnel en grandes masses du système comptable OHADA

ACTIF	PASSIF
Actifs immobilisés : - Immobilisations incorporelles ; - Immobilisations corporelles ; - Immobilisations financières.	Ressources stables : - Fonds propres ; - Dettes financières.
Actif circulant : - Actif circulant d'exploitation ; - Actif circulant hors exploitation.	Passif circulant : - Dettes d'exploitation ; - Dettes hors exploitation.
Trésorerie actif	Trésorerie passif
Ecart de conversion actif	Ecart de conversion passif

La lecture du bilan fonctionnel permet d'apprécier la structure financière de l'entreprise, les besoins financiers et le type de ressources dont elle dispose, de déterminer les équilibres entre les différentes masses et ainsi de faciliter la prise de décision. Ainsi, le bilan fonctionnel permet de comparer trois notions fondamentales : le fonds de roulement, le besoin en

fonds de roulement et la trésorerie nette. A partir du bilan fonctionnel, la banque calcule facilement des ratios permettant des comparaisons en valeur relatives, notamment :

- Comparaison de l'évolution d'une entreprise dans le temps en comparant les ratios d'un exercice avec ceux des exercices précédents ;
- Comparaison des ratios d'une entreprise avec ceux des entreprises des mêmes secteurs d'activité.

Pour le cas échéant, on distingue ainsi :

1) Les ratios de structures

✓ Ratio de couverture des emplois stables :

$$\frac{\text{Ressources stables}}{\text{Emplois stables}}$$

Ce ratio devrait, dans la plupart des cas, être supérieur à 1.

✓ Ratio de couverture de capitaux investis :

$$\frac{\text{Ressources stables}}{\text{Emplois stables} + \text{BFR}}$$

Pour plus de prudence, les ressources stables devraient financer les emplois stables mais aussi le BFR.

✓ Ratio d'autonomie financière ou capacité d'endettement :

$$\frac{\text{Capitaux Propres}}{\text{Ressources stables}}$$

2) Les ratios d'activité ou de rotation

✓ Poids du besoin en FR d'Exploitation sur le chiffre d'affaires

Ce ratio exprime, en nombre de jours, le délai de rotation de l'ensemble du besoin. Il fournit un critère d'appréciation synthétique sur le poids global du besoin cyclique supporté par l'entreprise et il se calcule de la manière suivante :

$$\frac{\text{BFRE} \times 360 \text{ jours}}{\text{CAHT}}$$

✓ Délai de rotation des stocks :

$$\frac{\text{Stocks moyens} \times 360 \text{ jours}}{\text{Coût d'achat de marchandises vendues}}$$

Une hausse du nombre de jours de stocks peut marquer une mauvaise gestion des stocks, une baisse de l'activité ou encore le développement de projet conséquents. Dans ces cas, ce ratio est à surveiller de près. Tout stock constitué est une immobilisation de ressources importantes et pas forcément utile. Plus le renouvellement des produits en stock est rapide, plus le bénéfice pour le vendeur est important car plus l'amortissement des frais fixes de stockage peut être réparti sur un plus grand nombre d'unités, le capital investi est ainsi rentabilisé plus vite.

✓ Délai de crédit clients

Ce ratio permet de mesurer le degré de liquidité des créances clients. En bonne gestion, la rotation des créances clients ne devrait pas être moins rapide que celle des dettes fournisseurs. Il est calculé à partir de cette formule :

$$\frac{\text{Créances clients} \times 360 \text{ jours}}{\text{CATTC}}$$

✓ Délai de crédit fournisseurs

Le ratio de crédit fournisseur exprime en nombre de jours d'achat, le délai moyen de paiement de l'entreprise à ses fournisseurs. Il est calculé de la manière suivante :

$$\frac{\text{Dettes fournisseurs} \times 360 \text{ jours}}{\text{Achats TTC}}$$

3 ANALYSE DES RESULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS AU NIVEAU DES DÉTERMINANTS D'OCTROI DE CRÉDIT

3.1.1 LES ÉTAPES DU PROCESSUS DE DÉCISION D'OCTROI DE CRÉDIT

Les montants des crédits sollicités à la FBNBANK, sont pour la plupart dans les limites des pouvoirs d'approbation du comité interne de crédit. Nous allons donc nous appesantir sur le processus de décision au niveau local. Ce dernier est organisé en cinq étapes :

- Au cours de la première étape du processus de décision, le chargé d'affaire, instruit le dossier de crédit après l'avoir constitué. Il donne son avis sur le crédit sollicité et peut exhorter l'accord du comité interne de crédit à travers des recommandations.
- A la deuxième, le dossier est transmis au directeur de l'exploitation, qui donne un avis sur la demande de concours.
- Durant la troisième étape, le dossier est transmis à la direction des risques et attribué à un analyste. Ce dernier effectue une analyse risque sur la demande de concours, qui complètera le dossier de crédit, et émet également un avis.
- La quatrième étape désigne la soumission du dossier au directeur risque pour avis.
- La cinquième étape est la dernière du processus. A ce stade, le dossier de crédit est transmis au comité de crédit interne, composé de plusieurs membres et chargé de délibérer sur les dossiers de crédit. Il émet une décision finale sur la demande de crédit.

La prise de décision de la FBNBANK sur une demande de crédit d'une entreprise, se base sur les éléments d'informations contenus dans le dossier de crédit de cette dernière. A chaque étape du processus de décision, les différents avis des intervenants sont mentionnés dans le dossier de crédit. La décision est prise suivant un modèle hiérarchique et collégiale. En effet, la décision du Directeur « clientèle- entreprise » prime sur celle de l'exploitant tandis que celle du comité de crédit prime sur toutes les autres. Toutefois, au niveau du comité de crédit la décision est collégiale, autrement dit elle est collective et tient compte des avis de tous ses membres.

3.1.2 LES DÉTERMINANTS STRATÉGIQUES D'OCTROI DE CRÉDIT AUX PME

La préparation à la décision de crédit aux entreprises telle qu'indiquée par la politique de crédit écrite de la FBNBANK, ainsi que les pratiques internes y afférentes, révèlent d'autres déterminants d'octroi de crédit à cette clientèle. Ils apparaissent essentiellement dans la documentation de crédit exigée et les principes d'analyse de crédit.

3) Analyse de la structure financière

Il est question de mesurer le risque d'insolvabilité qui revient à évaluer la capacité d'une entreprise à faire face à ses obligations financières. Il est possible d'évaluer cette capacité à l'aide des ratios financiers. Il s'agit habituellement des ratios d'endettement, de liquidité et de couverture du fardeau de la dette.

Tableau 2. Ratios de décision prescrits par la FBN Bank

Ratios de décision	Formules	Normes
Autonomie Financière	(Capitaux propres / Total bilan) x 100	≥ 20%
Capacité de remboursement	Dettes financières / CAF	≤ 4
La rentabilité	Résultat net / CAHT	> 0
Liquidité générale	(AC+TA) / (PC+TP)	>1
Fonds de Roulement	Ressources stables-Actifs Immobilisés	Positif

Source : les Auteurs sur base de l'enquête sur terrain.

Il ressort de ce tableau de décision d'octroi de crédit de la FBNBANK que le ratio d'autonomie financière après analyse des états financiers doit être supérieurs ou égal à 20% ; celui de capacité de remboursement doit être inférieur ou égal à 4 % ; tandis que le ratio de la rentabilité doit être supérieur à zéro ; le ratio de liquidité générale doit être supérieur à 1 et le fonds de roulement doit être positif.

3.1.3 AUTRES DÉTERMINANTS D'OCTROI DE CRÉDIT AUX ENTREPRISES

Nous présentons dans le tableau ci-dessous, les déterminants d'octroi de crédit aux entreprises.

Tableau 3. Synthèse des déterminants d'octroi de crédit aux entreprises

VARIABLES	LA PERSONNALITE DU DIRIGEANT
Variables de la personnalité du dirigeant ou du management	.Résultats obtenus à partir des performances récentes .Passé .Formation (diplômes obtenus) .Expérience professionnelle .Capacité d'adaptation à l'environnement .Moralité
	LA QUALITE DE GESTION
Variables de la qualité de gestion	.Existence / application outils de pilotage, de contrôle et de gestion
	LA SITUATION FINANCIERE
Variables de la situation financière	.Solvabilité Ratios de solvabilité .Niveau d'endettement Ratios d'endettement .Risque économique Analyse économique
	LA DUREE DE LA RELATION
Variables de la durée de la relation	.Volume confié .Nombre incidents de paiement .Respect limites précédemment accordées .Fréquence des impayés
	LES CARACTERISTIQUES DU CREDIT
Variables des caractéristiques du crédit	.Justification de la demande, besoin réel .Couverture du risque par évaluation de la garantie : garanties intrinsèques et extrinsèques .Concordance modalités du crédit et source de remboursement

Source : Nous-mêmes sur base des auteurs : [14] ; [15] ; [16] ; [17] ; [18] ; [19] ; [20] ; [21] ; [22].

Nous avons fait ressortir dans cette sous section les éléments essentiels sur lesquels les banques commerciales doivent fonder leurs décisions de crédit. Pour les apprécier la banque doit utiliser de façon générale l'analyse économique, l'analyse financière et l'analyse des caractéristiques du crédit. L'objectif final de l'évaluation de ces éléments est l'appréciation globale du risque encouru sur le financement sollicité.

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les déterminants d'octroi de crédit résultats relatifs à l'application des déterminants stratégiques par la FBNBANK.

Tableau 4. Résultats des déterminants stratégiques

DETERMINANT	CONSTAT	RESULTAT
LE MARCHE CIBLE	-Précision des activités de l'entreprise et visite de l'entreprise par le gestionnaire, demande de renseignements sur différents partenaires de l'entreprise (commerçant) ; -Etude de l'activité, la clientèle, les fournisseurs de l'entreprise par l'analyste risque ;	Respect de l'exclusion des entreprises dont les activités sont illicites ; délaissement des entreprises des secteurs de l'armement, des jeux de hasard et de l'alcool ;
LES CRITERES D'ACCEPTATION DU RISQUE	-Etablissement de fiche d'acceptation de risque pour chaque demande de concours ; -Vérification par l'analyste risque de la conformité des différents critères présentés par le chargé d'affaire ;	Respect des critères d'acceptation du risque ;
LES LIMITES DE PORTEFEUILLE	-L'information sur la part de financement allouée à chaque secteur d'activité dans le portefeuille, n'est pas présentée de manière récurrente aux différents intervenants dans le processus de décision d'octroi de crédit.	Risque de non-respect de la limite de financement à un secteur d'activité donné ;
	-L'information sur l'évolution de la part des crédits à court terme dans le portefeuille, n'est pas présentée de manière récurrente aux différents agents de crédits.	Risque de non-respect de la limite de financement par durée.

Source : Nous-mêmes après enquête sur terrain

Après les déterminants stratégiques, nous avons identifié d'autres que la FBNBANK utilise dont les résultats sont présentés dans le tableau repris ci-dessous :

Tableau 5. Résultats des autres déterminants

DETERMINANT	CONSTAT	RESULTAT
Le management	-Présentation, évaluation et analyse du management, suivant le même canevas, effectués par le Business Manager dans tout dossier de crédit à cause de la documentation de crédit exigée ; -Contre analyse de l'analyste crédit sur le management pour tout dossier de crédit ; -Revue des risques du management par l'analyste crédit ;	Toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ;
Le marché	-Analyse du marché effectuée de manière systématique pour tout dossier de crédit, et suivant le même canevas par le chargé d'affaire; -Contre analyse de l'analyste de crédit sur le marché pour tout dossier de crédit ; - La part du marché couverte par le client (commerçant) ; -Revue des risques du marché par l'analyste crédit ;	Toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ;
Les fournisseurs et clients	-Présentation de la relation entre les fournisseurs, les clients et l'entreprise, effectuée de manière systématique par le Business Manager, pour tout dossier de crédit et suivant le même canevas ; -Contre analyse de l'analyste crédit sur la relation, la qualité des fournisseurs et clients de l'entreprise pour tout dossier de crédit ; -Revue des risques fournisseurs et clients par l'analyste crédit ; -Connaitre les principaux fournisseurs et clients (partenaires) de l'entreprise ; - Connaitre les sources d'approvisionnement de l'entreprise ; - Connaitre l'origine de fonds et de patrimoine de l'entreprise ;	Toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ;
Les caractéristiques de la transaction de crédit	-Présentation adéquation entre le crédit sollicité et le besoin réel par le chargé de compte pour tout dossier de crédit suivant le même canevas ; -Adéquation vérifiée par l'analyste crédit pour tout dossier de crédit; -Retour dossier de crédit au chargé de compte pour réaménagement des lignes sollicitées dans le cas de non adéquation; - Respect de la destination de crédit.	Toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ; influence de premier ordre ;

	-Présentation modalités de crédit sollicités, et source de remboursement par le chargé d'affaire pour tout dossier de crédit, et suivant le même canevas ; - Analyse adéquation source de remboursement et modalités du crédit sollicités, effectuée par l'analyste crédit ; -Retour dossier de crédit au chargé d'affaire pour réaménagement des modalités de crédit ou présentation d'une autre source de remboursement dans le cas de non adéquation ;	Toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ; influence de premier ordre ;
La situation financière	-Toujours centrée sur les points clés que sont la rentabilité de l'entreprise, son équilibre financier, sa capacité à supporter un crédit supplémentaire et celle à générer des flux pour tout dossier de crédit ; -Analyse financière suivant le même canevas pour toutes les entreprises disposant d'états financiers ; -Analyse sommaire de la situation financière d'entreprise ne disposant pas d'états financiers à partir de reconstitution des charges et des ventes, pour estimation des recettes ;	Toujours pris en compte pour les entreprises disposant ou non d'états financiers, certifiés ou non certifiés par les cabinets agréés, par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ;
La notation	-Notation effectuée pour toutes les entreprises disposant d'états financiers sur deux ou trois années, par l'analyste crédit ; -Pratique de la notation interne récente ; -Pas de note discriminante pour l'octroi de crédit ;	
Le risque	-Mise en évidence des principaux risques identifiés et de leur impact potentiel sur le remboursement du crédit, effectuée par le chargé d'affaire pour tout dossier de crédit ; -Présentation des garanties proposées, des méthodes d'évaluation, de leur valeur et des taux de couverture du crédit, effectués par le chargé d'affaire, pour tout dossier de crédit ; -Contre analyse de l'analyste risque des risques potentiels ; -Contre analyse des garanties proposées, et des taux de couvertures par l'analyste risque sur le conseil de la direction juridique ;	Toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit ; influence de premier ordre dans la décision de crédit ;

Source : Les auteurs sur base de l'enquête du terrain

Après avoir identifié des déterminants d'octroi de crédit de la FBNBANK et leur analyse, nous avons constaté que les éléments essentiels sur lesquels la banque fonde sa décision sont stratégiques : marché cible, critères d'acceptation du portefeuille, limites du portefeuille ; qualitatifs : le marché, le management, les fournisseurs et clients, l'historique, les caractéristiques du crédit ; quantitatifs : la situation financière, ou à la fois quantitatif et qualitatif : la notation. Ces déterminants qualitatifs et quantitatifs permettent d'appréhender et d'évaluer le risque qui est l'élément le plus décisif dans l'octroi de crédit.

3.2 CONSTATS

Cette section reprend les résultats obtenus. A ce propos, il convient de mentionner ce qui suit :

- ✓ **Le respect de l'exclusion des entreprises dont les activités sont illicites** : La lutte contre la criminalité financière transactionnelle notamment le financement du terrorisme et le blanchiment d'argent, étant au centre des préoccupations des pays membres de l'union africaine et des autorités de régulation ; le financement d'entreprises menant des activités dans ce sens exposerait la banque à des sanctions pénales représentant un risque pour la continuité de son exploitation. De façon générale, le financement d'entreprises ayant des activités illicites exposerait la banque à des sanctions pénales.
- ✓ **Le délaissement des entreprises des secteurs de l'armement, des jeux de hasard et de l'alcool** : Le secteur de l'armement contribue certes à la sécurité et à la défense des populations, mais présente des risques de financement d'activités illégales ou controversées ; certaines armes sont en effet controversées et d'autres dites sensibles. Le secteur de l'armement nécessite donc une véritable expertise sur les activités de l'armement, une connaissance du cadre réglementaire portant sur ce secteur et une politique de crédit adaptée. Les financements des secteurs des jeux de hasard et de l'alcool, nécessitent également des expertises données, et peuvent ne pas être privilégié par souci d'éthique.

- ✓ **Le respect des critères d'acceptation du risque** : Etant donné que tout crédit constitue une prise de risque, le respect de critères préétablis d'acceptation du risque, témoigne d'une prise de risques en toutes connaissances de cause, jugé acceptable à partir du respect des critères.
- ✓ **Le risque de non-respect de la limite de financement à un secteur d'activité donné** : La limite de financement des différents secteurs d'activité présents dans le portefeuille, à un taux donné, permet de diversifier le risque, de le diluer, afin de prémunir la banque contre des troubles touchant un secteur d'activité financé. Le non-respect de cette limite augmenterait donc l'exposition de la banque au risque de crédit.
- ✓ **Le risque de non-respect de la limite de financement par durée** : La limite de financement par durée ; les crédits à moyen et long terme doivent être inférieur ou égal à 20% du portefeuille, cela permet de garantir la liquidité de la banque et réduire son exposition au risque de crédit car les financements à moyen et long terme sont par nature plus risqués. Le non-respect de cette limite augmenterait donc l'exposition de la banque au risque de crédit.
- ✓ **Le management toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit** : Le management est une composante influente de la réussite de l'entreprise, son avenir et sa capacité à tenir ses engagements. Sa prise en compte est donc nécessaire à une bonne évaluation du risque de défaillance de l'entreprise. Bien que toujours pris en compte dans le processus de décision d'octroi de crédit par les intervenants, le management est évalué de façon laxiste sans actualisation des informations pour les entreprises sollicitant des renouvellements de lignes de crédits. Les évaluations des années précédentes sont le plus souvent repris telles quelles. En outre, la banque ne considère pas le critère de résultats du dirigeant obtenus à partir de performances récentes dans son évaluation de l'équipe dirigeante ; composante du déterminant management à son niveau.
- ✓ **Le marché toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit** : Aucun des auteurs de notre revue de littérature ne met en avant le marché comme déterminant dans la décision d'octroi de crédit. Cependant, nous trouvons pertinent que la banque en tienne compte car cet élément est garant des débouchés du crédit, il permet de se prémunir contre le risque systémique sur un marché. De plus, le marché est abordé sous tous les points essentiels permettant d'entrevoir les débouchés du crédit, la survenance de risque de marché et de risque systémique.
- ✓ **Les fournisseurs et clients toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit** : Les fournisseurs, clients de l'entreprise sont abordés sur leurs aspects essentiels.
- ✓ **L'influence de premier ordre de l'historique sur la décision d'octroi de crédit, dans le cadre de renouvellement de ligne** : Pour les entreprises sollicitant des renouvellements de lignes l'historique de la relation est l'élément décisif, les autres déterminants autres que ceux stratégiques ne sont pas revus avec attention. Ceci rejoint la revue de littérature mais limite l'appréciation du risque de crédit de l'entreprise.
- ✓ **L'historique toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit** : La prise en compte de l'historique de l'entreprise avec la banque est l'aspect indispensable et pertinent au regard de la revue de littérature pour la décision d'octroi de crédit. Elle est analysée par la banque sous tous les points essentiels préconisés par les auteurs de la revue de littérature.
- ✓ **Les caractéristiques de la transaction de crédit toujours pris en compte par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit** : La prise en compte des caractéristiques de la transaction de crédit de l'entreprise avec la banque est un aspect indispensable et pertinent au regard de la revue de littérature pour la décision d'octroi de crédit.
- ✓ **L'influence de premier ordre de l'adéquation entre le crédit sollicité et le besoin réel** : L'influence de l'adéquation entre le crédit sollicité et le besoin de l'entreprise sur la décision d'octroi de crédit est justifiée par les conséquences d'un détournement du crédit de son objet initial, sur la capacité de remboursement de l'entreprise. En effet, une inadéquation entre ces éléments, constitue l'une des premières entraves à la capacité de remboursement de l'entreprise alors qu'elle peut être gérée et maîtrisée par la banque.
- ✓ **L'influence de premier ordre de l'adéquation entre les modalités de crédit et la source de remboursement** : L'influence de l'adéquation entre les modalités de crédit et la source de remboursement de l'entreprise sur la décision d'octroi de crédit, est justifiée par les conséquences d'une source de remboursement inadaptée au montant des échéances et la durée du crédit. En effet, une inadéquation entre ces éléments, constitue l'une des premières entraves à la capacité de remboursement de l'entreprise alors qu'elle peut être gérée et évitée par une bonne structuration du crédit par la banque.
- ✓ **La situation financière toujours pris en compte pour les entreprises disposant ou non d'états financiers, non certifiés ou certifiés par les cabinets agréés, par les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit** : La prise en compte des états financiers non certifiés ou certifiés par des cabinets non agréés présente un risque élevé de mauvaise appréciation de la situation financière de l'entreprise et donc du risque de crédit.

- ✓ **Le risque toujours pris en compte du risque par les intervenants du processus :** Le risque est l'élément au centre de l'analyse et l'évaluation des différents déterminants cités, son appréciation de façon succincte est donc positive.

4 CONCLUSION

La problématique de cette étude a tourné autour des questions suivantes : Quels sont les facteurs qui interviennent dans la décision d'accorder un crédit aux commerçants par la FBNBANK ? Sur quoi repose l'analyse des déterminants d'octroi de crédit bancaire de la FBNBANK aux commerçants ? Et Comment la FBNBANK doit-elle gérer le risque inhérent aux crédits destinés aux commerçants ?

En guise de réponses provisoires aux questions soulevées ci-haut, nous avons estimé que le montage d'un bon dossier de crédit, l'apport des garanties exigées et le remboursement de crédit faciliteraient la décision du banquier et augmenteraient la chance d'accéder au crédit. L'analyse des déterminants reposerait essentiellement sur la fiabilité des informations financières fournies par le commerçant ou sur sa solvabilité et la FBNBANK doit améliorer les déterminants d'octroi de crédit aux commerçants afin de limiter les risques.

Après analyse des données, nous avons abouti aux résultats selon lesquels la FBNBANK après avoir reçu la lettre de demande de crédit du client, procède immédiatement au montage du dossier. Ceci facilite la prise de décision telle que l'analyse du bilan, le compte de résultat, l'étude de liquidité de l'entreprise et l'analyse de l'équilibre financier. Nous pouvons ajouter que les déterminants de la FBNBANK permettent aussi bien d'évaluer le risque économique de l'entreprise que le risque de la transaction de crédit sollicité. Ils permettent donc de prendre une décision de crédit en minimisant le risque par des dispositions bien établies.

L'enjeu d'une gestion du risque de crédit aux entreprises, conduit les banques à adopter des déterminants dans leur décision d'octroi de crédit, qu'elles jugent pertinents. Dans le cas de la FBNBANK, les déterminants d'octroi de crédit sont véhiculés par la politique de crédit, et leur application est exigée auprès de tous les intervenants du processus de décision d'octroi de crédit. La description des déterminants d'octroi de crédit à la FBNBANK nous a permis d'obtenir les résultats relatifs à leur prise en considération par les intervenants dans la décision d'octroi de crédit, pour la formulation de leur avis et la décision finale. L'analyse des déterminants a permis de déceler quelques faiblesses au regard desquelles il a été formulé des recommandations et de comprendre que l'efficacité de déterminants est également dépendante de la véracité des informations collectées sur l'entreprise.

Il est souhaitable que la FBNBANK accorde le crédit aux commerçants sur base de documents authentiques et certifiés ; avoir une forte asymétrie d'informations sur les demandeurs de crédits et faire le suivi de l'affectation des crédits octroyés ; fonder la décision d'octroi de crédit aux commerçants sur des critères bien définis et pertinents pour éviter la dégradation de la qualité du portefeuille de crédit de la banque ; une baisse des ressources de financement ; une baisse de la rentabilité et un accroissement des provisions pour créances douteuses de la FBNBANK. D'une manière générale, l'amélioration dans l'application des déterminants pour lesquels nous avons relevé des insuffisances, ne pourrait se faire que si certaines dispositions sont prises et mises en œuvre au sein de la banque.

Nous recommandons donc à la FBNBANK :

➤ **Au niveau du marché cible :**

La FBNBANK doit définir certes les secteurs d'activités qu'elle exclut et qu'elle évite, mais devrait définir de façon explicite les secteurs d'activité à privilégier en fonction de l'évolution de l'économie de la République Démocratique du Congo en générale et de Kisangani, capital de la Province de la TSHOPO en particulier.

➤ **Au niveau des limites du portefeuille**

La banque pourrait véhiculer l'information sur le respect des différentes limites de concentration périodiquement auprès des intervenants dans la décision d'octroi de crédit.

➤ **Au niveau du management**

La FBNBANK pourrait sensibiliser les intervenants sur l'actualisation des informations et de l'évaluation du management des commerçants déjà en relation avec banque.

➤ **Au niveau de la situation financière**

La banque ne devrait pas effectuer l'analyse de la situation financière d'un commerçant à partir d'états financiers non certifiés par un expert-comptable, c'est dans le but de réduire le risque d'une appréciation erronée de la qualité de l'activité à

financer ou de l'entreprise. En outre, la FBNBANK pourrait faire des visites auprès de toutes les entreprises ne disposant pas d'états financiers certifiés, afin de collecter des données comptables ou bancaires permettant de reconstituer ses données financières plus réalistes.

➤ Au niveau de la notation

La banque pourrait préciser des notes discriminantes pour lesquelles le commerçant ne puisse être financé, car la notation prend en considération tous les déterminants hormis les déterminants stratégiques.

Les déterminants de crédit d'ordre stratégique que sont le marché cible, les critères d'acceptation du risque, les limites de portefeuille, s'inscrivent dans le cadre d'une gestion du risque optimale. En outre, pour le marché, les fournisseurs et clients, l'historique et les caractéristiques du crédit, leur appréciation est basée sur des variables pertinentes au regard de la revue de littérature, mais il est nécessaire que les données collectées par l'exploitant et confirmées par le Comité Interne de Crédit et d'autres sources, soient réalistes.

En définitive, les déterminants d'octroi de crédit aux commerçants sont un aspect essentiel de la gestion du risque de crédit à cette clientèle. Ils doivent être définis par la banque en tenant compte de l'origine du risque de crédit ainsi que leur mise en œuvre, et constituer un standard commun pour les différents intervenants de la décision de crédit afin de permettre une bonne appréciation du risque de crédit.

REFERENCES

- [1] FIKILY HERI MAMBO, *Cours de comptabilité bancaire* (inédit), G3 comptabilité, ISC-KIS, 2013-2014
- [2] KIAYIMA KITENGIE, J., *Problématique de l'accès aux crédits octroyés par les banques commerciales aux commerçants de Kisangani de 2012 à 2016. Cas des agences : BCDC, TMB, RAWBANK et FBNBANK* (inédit), Mémoire de Licence en Comptabilité, ISC-KIS, 2016-2017.
- [3] ROBERT, P., & allii, *Dictionnaire Micro Robert*, Paris : Robert, 1987, p.98
- [4] ABRIAL, P.P., *Etude économiques : du crédit et des institutions de crédit dans leurs rapports avec le travail et le bien être des classes peu aisées*, Paris, Guillaumin, 1863, p.186
- [5] BARRE, R., *Economie politique*, Paris : P.U.F., 2005, P.58
- [6] http://fr.wikipedia.org/wiki/Crédit_D'exploitation..., consulté le 13/03/2017 à 10h05'
- [7] SUAVET, T., *Dictionnaire économique et social*, 4^{ème} Edition, 12 avenue, Paris : Rosalie, 1962, P.43
- [8] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Banque>
- [9] Actufinance.fr, publié le jeudi 15 janvier 2015 10 :43 par Meilleurtaux.com
- [10] OHADA, *Traité et Actes Uniformes Commentés et Annotés*, 4eme édition, Paris : Juriscope, 2012, p. 1345
- [11] PAUWELS, M., *Principes d'Economie Commerciale et de Comptabilité*, 4^{ème} édition, Bruxelles : DE BOECK, 1960, P.44
- [12] KABONGO KANDA, *Cours d'analyse des états financiers*, inédit, G3 comptabilité, ISC KIS, 2016-2017
- [13] FBNBANK, *Livre de politique d'octroi de crédit de la FBNBANK*, 2012
- [14] BLOY, E. et CHANEL-REYNAUD, G., *La banque et le risque PME*, Presses Universitaires de Lyon, Lyon, 2001
- [15] PAPIN, R., *Création d'Entreprise*, in Encyclopédie de Gestion, sous la direction de Simon, Y. et Joffre, P., 2ème édition, Economica, Paris, Tome 1, 1997
- [16] LUKWEO BAHATI, M., *Les banques africaines face aux défis de la mondialisation économique: analyse prospective du ratio prudentiel en République Démocratique du Congo*, Editions L'Harmattan, Paris, 2012
- [17] EBONDO WA MANDZILLA, E., *La gouvernance de l'entreprise: une approche par l'audit et le contrôle interne*, l'Harmattan, Paris, 2005
- [18] LEHNERS, J.P. et SHULLER, G., *Endettement, marginalité, pauvreté : Quels financement et refinancement du Tiers-Monde ?*, Caritas Luxembourg, Luxembourg, 2001
- [19] VERNIER, E. et FLAMENT, S., *la personnalité du créateur d'entreprise, Facteur déterminant dans l'octroi d'un prêt*, Revue Banque Stratégie n° 220, 2004, 45 p.
- [20] SARDI, A., *Audit et contrôle interne bancaires*, Edition AFGES, Paris, 2002
- [21] GADHOUM, Y., GUEYIE, J.P. et SIALA KARIM, M., *La décision de crédit*, La Revue des Sciences de Gestion, 2/2007, p.177-183.
- [22] CABANE, P., *L'essentiel de la finance*, Editions d'Organisation, 2èmeédition, Paris, 2008.

La microfinance : Une profonde mutation (Cas du Maroc)

[Microfinance : A profound change (Morocco case)]

Amina Samat

Institut universitaire de la recherche scientifique,
Université Mohammed 5,
Rabat, Maroc

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

ABSTRACT: The importance of microfinance is well established. Morocco is leader in the MENA region according to Mix Market, CGAP, Sanabel, World Bank reportsetc

During 2007-2008, a crisis - coinciding with the global economic and financial crisis of 2008 - rocked the sector.

What are the causes, the consequences and the measures taken to get out? are the big questions this work is trying to answer.

In fact, two hypotheses guided the present work:

- The reality of the microcredit sector can be apprehended through the print media.

- The decline in time gives a complete vision and reveals the future trend of the sector.

Thus, an analysis of a body of 25 articles, from the daily L'Economiste, covering the period from 2009 to 2015 revealed a trend that does not contradict the content of activity reports of microcredit associations. and unveiled a profound change that is shaking up the sector and precipitating the transformation of microcredit associations into microfinance institutions. The situation of the sector is not transcribed in time, the evolution concerns a more or less long period. In addition, the newspaper respects its editorial line: disseminate economic information, so the study of occurrences shows that the social side is very marginalized.

KEYWORDS: microfinance, microcredits, press corpora, representation, crisis.

RÉSUMÉ: L'importance de la microfinance n'est plus à démontrer. Le Maroc est leader dans la région MENA selon le Mix Market, le CGAP, Sanabel, les rapports de la Banque Mondiale....etc

Durant l'année 2007-2008, une crise - en concomitance avec la crise mondiale économique et financière de 2008 - a secoué fortement le secteur.

Quelles sont les causes, les conséquences et les mesures prises pour en sortir ? sont les grandes questions auxquelles ce travail essaie de répondre.

En fait, deux hypothèses, ont guidé le présent travail :

- La réalité du secteur de microcrédit peut être appréhendée à travers la presse écrite.

- Le recul dans le temps donne une vision complète et dévoile la tendance future du secteur.

C'est ainsi qu'une analyse d'un corpus de 25 articles, du quotidien L'Economiste, portant sur la période allant de 2009 à 2015 a révélé une tendance qui ne contredise point le contenu des rapports d'activité des associations de microcrédit et a dévoilé une mutation profonde qui agite le secteur et précipite la transformation des associations de microcrédit vers des institutions de microfinance. La situation du secteur n'est pas transcrite dans le temps, l'évolution porte sur une période plus ou moins longue. De plus, le quotidien respecte sa ligne éditoriale : diffuser l'information économique, c'est pourquoi l'étude des occurrences montre que le côté social est très marginalisé.

MOTS-CLEFS: microfinance, microcrédits, corpus de presse, représentation, crise.

1 INTRODUCTION

L'étude d'un corpus constitué de discours, d'entretiens et d'analyses médiatiques que résument 25 articles du quotidien l'ECONOMISTE couvrant la période 2009 - 2015, a permis de mettre en évidence certains faits. Des faits, des données qu'on a confrontées aux discours des acteurs du secteur pour donner un aperçu de la réalité spatio-temporelle de la microfinance marocaine. Il est à noter que la microfinance est un marché financier informel, plus ou moins en cours de formalisation. Son importance n'est plus à démontrer que ce soit au niveau mondial ou régional. Par contre le côté social de cette activité financière, suscite débats, contestations et même un courant anti-microfinance.

Le leadership du Maroc dans la région MENA¹ est chose acquise. Depuis ses débuts dans les années 90, la microfinance n'a cessé de croître et même d'une façon vertigineuse jusqu'aux années 2007-2008 où une crise a secoué le secteur. Les répercussions se sont senties plus fortes tout au long de l'année 2009. Durant les années 2010 et 2011, on s'efforce plus à comprendre le pourquoi de cette crise? Quelles sont les causes? Que faire pour s'en sortir? En 2012, le secteur a amorcé une reprise. En fait, une nouvelle tendance s'est concrétisée dès cette année. Un regain de confiance matérialisé par une progression nette et des résultats plus ou moins positifs. Une étude de la Banque Mondiale² avance que dès 2011 le secteur s'est stabilisé et que la crise n'a duré qu'une seule année et qu'elle a été vite et intelligemment résorbée.

2 LE MICROCRÉDIT, UNE LUEUR D'ESPOIR

2.1 UNE FORTE CROISSANCE

Depuis sa création ou plutôt son adaptation au cas Marocain, le microcrédit a été considéré comme « l'alternative » à la pauvreté³. L'entrée en vigueur, en 1993, de la loi 18-97 sur le microcrédit a permis à plusieurs organisations non gouvernementales à intégrer le microcrédit sous l'impulsion de l'USAID, le PNUD et d'autres bailleurs de fonds.

Aujourd'hui, elles sont 13 associations de microcrédit dont les 4 principales Al Amana, Al Baraka, Attawfiq et Ardi détiennent plus de 80% de ce marché.

Al Amana a octroyé depuis 1997 à fin 2014 plus de 3,7 millions de prêts d'un montant global dépassant les 27,5 milliards de dirhams.

Faut-il préciser que le montant global des crédits financés par le secteur du microcrédit, et ce depuis son démarrage, est de plus de 50 milliards de DH au profit de 7 millions de clients. Ceci dit, le secteur a connu une forte croissance qui n'a commencé à se détériorer qu'en 2008. En 2009, la chute est spectaculaire que ce soit en nombre de prêts actifs ou concernant le portefeuille de l'encours. La reprise s'est faite dès l'année 2012 sans jamais réaliser les performances des années d'avant la crise (fig.1) (2006/1045 contre 2015/906 de prêts actifs).

Tableau 1. Prêts actifs et portefeuille de l'encours

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Prêt actif en milliers	308	460	631	1045	1354	1280	933	881	X	808	821	868	906
Portefeuille de l'encours en milliers de DHs.	537	891	1557	3491	5592	5683	4796	4669	X	X	5050	5682	X

Source: FNAM et divers rapport d'activité d'Al Amana 2008, 2009, 2010 et 2015

Il faut préciser que l'emprise du microcrédit est forte en milieu urbain et péri urbain avec 52,7% des points de vente et 47,3% en milieu rural⁴. Les associations de microcrédit s'engagent de plus en plus à desservir les zones rurales enclavées parfois sous l'impulsion des bailleurs de fonds.

¹ La région MENA : abréviation de Middle East and North Africa, Moyen Orient et Afrique de Nord

² Banque mondiale : Sortie de crise du secteur de la microfinance au Maroc : des interventions opportunes et efficaces. International Finance Corporation. 2014, 48 pages.

³ Nicolas Blondeau : « Ainsi, l'expérience de par le monde, en France comme en Bolivie, au Cambodge comme en Nigeria, a démontré que les pauvres aussi sont capables de mettre en place des entreprises et de les développer ».

⁴ D'après l'observatoire national de la microfinance.

En outre, il est vrai que le microcrédit est considéré en tant qu'outil pour l'émancipation des femmes, c'est ainsi que 55% des clients de microcrédit sont des femmes. La femme urbaine présente plus de 35% de ce pourcentage. Les femmes sont attirées par des métiers spécifiques (tissage, habillement, petite restauration ...etc) ; c'est ainsi que l'artisanat attire le plus de femmes (75%).

En fait, sur le plan national, la répartition du microcrédit par secteur d'activité se présente de la sorte :

Commerce : 58%

Artisanat: 21%

Services: 15%

Agriculture: 06%

Source: FNAME.

Ceci dit, 79% des crédits alloués sont destinés à financer de petits métiers de commerce et d'artisanat.

2.2 ... ET UNE CRISE

La crise que le secteur de la microfinance a connue n'est pas spécifique au Maroc. D'autres pays ont connu une crise similaire, c'est le cas de Nicaragua, du Pérou, de l'Inde, de la Bosnie. Cette crise a révélé la vulnérabilité de ce secteur et sa liaison étroite avec le marché financier traditionnel. La crise financière mondiale a eu des répercussions sur ce secteur qui est également un marché financier avec la seule différence qu'il est informel. Le lien de cause à effet est très prononcé entre ces deux marchés.

Au Maroc, l'année 2007-2008 a été marquée par une croissance qui échappe à tout contrôle, la frénésie a gagné le secteur. L'endettement croisé a augmenté. Les crédits en cours ont augmenté également mais pas le nombre de bénéficiaires. L'année 2009 a sombré dans la crise. Le refus d'honorer ses engagements gagne une tranche de la population bénéficiaire et a engendré des contestations et des recours à la justice.

3 LES CAUSES PLAUSIBLES DE CETTE CRISE

Deux facteurs d'ordre externe et interne expliquent la survenue de la crise de la microfinance marocaine. Le facteur externe est expliqué par la conjoncture internationale marquée par la crise mondiale financière et économique de 2007-2008. Tandis que les facteurs internes, propres au fonctionnement du secteur, se résument comme suit :

- Le manque de contrôle interne conjugué à des politiques de crédit laxiste
- La faiblesse des systèmes d'information et de gestion⁵.
- Une concurrence exacerbée accompagnée d'une croissance accélérée et non contrôlée et de surendettement. Ce qui fait le niveau d'impayés du secteur a augmenté.
- La propagation des crédits croisés, le crédit croisé permet de contracter plus d'un crédit " En 2008, les emprunts croisés représentaient près de 39% de portefeuille des clients ayant bénéficié de deux prêts simultanés ou plus contre 12% actuellement⁶ comme le signale un responsable à la FNAME et rapporté par le quotidien, résultats : refus massif des contractants à rembourser leurs dettes.
- La politique de décroisement a conduit à une baisse du nombre d'emprunteurs et en même temps à l'augmentation des charges d'exploitation.
- Le taux d'intérêt élevé, plus de 20% appliqué par les associations de microcrédit.

⁵ Séminaire d'Épargne sans frontières et du projet Microfinance in crisis (synthèse) : La crise de la microfinance, crise de maturité ou d'un modèle de financement ? Séminaire organisé le 18 décembre 2013 à la Caisse des Dépôts. Revue : Techniques Financières et développement 2014/2 (N°115) pp. 79-101

⁶ L'économiste le 29/05/2015.

4 LES MESURES

Pour assainir le secteur de la microfinance, plusieurs mesures ont été prises. C'est une réforme qui vise la réorganisation du secteur. Parmi ces mesures:

- La mutualisation des petites et moyennes associations avec Crédit Agricole du Maroc au sein du " réseau microfinance solidaire". Cette réforme cible également la bonne gouvernance (l'informatique, la comptabilité, le contrôle interne et l'analyse des risques.).

Les AMC " ont revu et resserré leurs politiques de prêts "7

- La mise en place d'une centrale de risque informelle par les grandes AMC. « Depuis 2008, elles ont commencé à échanger des informations sur les impayés de leur clientèle pour limiter les risques liés aux prêts croisés »8
- La mise en place en 2009, d'un bureau de crédit officiel par la Banque Centrale auquel toutes les IMF doivent fournir les informations à propos des crédits.
- La Fusion absorption de Zakoura par la Fondation Banque Populaire en mai 2009.
- L'investissement dans la formation des ressources humaines chez l'ensemble des acteurs
- La mise en place d'une politique de décroisement.
- La mise en place d'un nouveau cadre réglementaire, la Banque Centrale s'est engagée dans la " mise en œuvre de nouvelles réglementations mettant l'accent sur les contrôles internes des institutions financières marocaines "9
- Le secteur s'est doté d'une feuille de route 2010-2020, et d'un code d'éthique.
- Les fonds de Jaïda ont préservé le secteur d'une crise de liquidité.

5 NOUVELLE TENDANCE OU SIMPLE SUIVI DE L'ASSAINISSEMENT DU SECTEUR ?

Dès 2012, on parle de la nécessité du changement de statut des associations de microcrédit dans l'espoir de devenir des institutions financières à part entière. Le statut d'ONG ne permet pas d'élargir son assiette financière. C'est pourquoi il faut diversifier l'offre pour intégrer ou proposer de nouveaux produits comme l'épargne, l'assurance, le transfert d'argent...

D'autre part, on s'intéresse plus au micro-entrepreneur qui pour la pérennité de son micro entreprise a besoin d'autres produits financiers que les banques commerciales sont incapables de fournir. C'est ainsi que plusieurs associations de microcrédit ont commencé à pratiquer d'autres activités telles les assurances¹⁰, le transfert d'argent... Fondep entame une nouvelle étape: la micro assurance. L'ensemble de son réseau commercial adopte désormais la micro assurance dans le cadre d'un partenariat avec Axa. Dans une première phase cela concerne seulement la clientèle de Fondep et dans un second temps les non clients. Faut-il aussi rappeler que l'observatoire national de la microfinance¹¹ s'est doté d'une cartographie en vue d'une bonne visibilité des endettements¹² croisés et pour préserver le secteur d'une crise similaire. C'est une cartographie interactive d'accès facile et qui permet aux associations une information immédiate sur le géo positionnement de chaque association de microcrédit, sur la clientèle active et potentielle et sur les zones non couvertes..." cette cartographie donne une photographie nette de l'activité du microcrédit et permet de résoudre la problématique de l'endettement croisé ¹³ parce que parmi les déboires du secteur, la méconnaissance de ce que l'emprunteur fera de son crédit. La plupart des crédits contractés ont servi à acquérir des biens de consommation. Cet état de fait a encouragé plusieurs bénéficiaires à contracter plusieurs crédits en même temps. D'ailleurs, la crise 2008-2009 est due entre autre à l'endettement croisé.

De son côté, l'APP¹⁴ qui a bénéficié d'une aide du gouvernement américain via le Millénium Challenge Corporation (MCC), vient d'adopter un nouveau projet dédié aux associations de microcrédit (AMC) " Il s'agit du programme "services financiers" qui a pour objectif d'améliorer les conditions d'accès des micro entreprises marocaines aux services financiers ainsi que le

⁷ Mix Microfinance World : analyse de la microfinance et rapport comparatif dans le monde arabe en 2010 ? 30 pages.

⁸ L'économiste le 29/05/2015

⁹ L'économiste le 10/03/2015

¹⁰ L'Economiste le 17/07/2012

¹¹ L'observatoire national de la microfinance est une entité du centre Mohammed VI pour le soutien au microcrédit (CMS)

¹² Le nombre de bénéficiaire du microcrédit a été réduit à 800.000 bénéficiaires au lieu d'un million de clients.

¹³ L'économiste le 17/02/2012

¹⁴ l'APP : L'Agence du Partenariat pour le Progrès

développement du secteur "¹⁵. Ainsi, Jaïda a bénéficié d'un montant de plus de 225 millions de DH (25 millions de dollars US). " Le soutien de l'APP vise à renforcer l'assise en fonds de Jaïda et ce, dans l'objectif de lutter contre la pauvreté en permettant un accès au financement au profit de petits porteurs de projets "¹⁶

C'est pour accompagner le secteur qui connaît de grande mutation que l'APP¹⁷ a distribué 50 guichets mobiles au profit de 5 associations de microcrédit pour " permettre aux AMC de desservir les populations rurales enclavées "¹⁸, et on projette l'acquisition de 100 autres véhicules. Ce projet de l'APP vise également le développement de nouveaux produits financiers: l'épargne, l'échange et le leasing.

Les associations de microcrédit ont procédé également à un changement d'identité. Pour expliquer ce changement le D.G d'Attwafik microfinance avance qu'il est plus lié à une nouvelle étape de l'institution et c'est une sorte d'anticipation des développements futurs du secteur de la microfinance, " les textes de loi qui sont dans les circuits d'approbation encouragent à la transformation des statuts par filialisation, nous voulons donc être précurseurs comme nous l'étions en 2000 lorsque nous avons lancé la Fondation."¹⁹

Enfin, le projet de loi 34-13 qui vient d'être adopté au conseil du gouvernement stipule que désormais, les associations de microcrédit (AMC) dépendent de Banque Al Maghrib (BAM). C'est la Banque qui donne les agréments d'exercice et c'est elle qui se charge du contrôle et des sanctions.

Dès 2012, certaines associations de microcrédit ont commencé à proposer des produits d'assurance et d'épargne. C'est l'exemple d'Attawfic microfinance l'ex Fondation Banque Populaire pour le microcrédit (FBPMC). C'est également, en 2012, que les associations marocaines de microcrédit ont commencé à changer leurs identités :

- La Fondation Banque Populaire pour le microcrédit est devenue Attawfic microfinance.
- La Fondep, Fondation pour le développement local et le Partenariat-Microcrédit adopte une nouvelle dénomination : Fondep Salaf Al Baraka, puis Al Baraka tout court.

Outre la diversification de l'offre avec de nouveaux produits financiers, les acteurs de secteur cherchent à créer une diversification géographique. Les marchés subsahariens sont visés. Amifa ou Atlantic Microfinance For Africa (Amifa), filiale du groupe marocain Banque Populaire ouvrira des agences en Côte d'Ivoire et au Mali²⁰.

La Fondation vient d'annoncer son intention de se développer à l'international, en investissant les marchés arabes et africains

6 CONCLUSION

La crise 2007-2008 a secoué fortement le secteur de la microfinance ; elle représente un tournant décisif pour cette activité. Les AMC (Associations de Microcrédit) ont pris conscience des faiblesses du secteur et ont exprimé la volonté de s'en sortir plus forte. Au début, c'est le désarroi total. L'intervention de la Banque Centrale Banque Al Maghrib (BAM) et l'agrégation des associations de microcrédit ont su guider le secteur vers une issue et faire de sorte que les incidences soient allégées. Désormais, le secteur a gagné au niveau de la concertation et de la consolidation (pour préserver l'intérêt général).

Ceci dit, les articles de corpus font sortir deux phases. La première concerne les années 2010 et 2011 et la deuxième s'étend sur la période après 2012. Durant l'année 2012, le secteur de la microfinance s'est doté d'une stratégie nationale de la microfinance. La première phase est caractérisée par une volonté de comprendre et de s'en sortir de la crise à tout prix. Des propos sont tenus sur la crise, ses aspects, sa perception, sur les causes, les mesures, une énumération à travers plusieurs articles, on assiste même parfois à des propos répétitifs.

¹⁵ L'économiste le 17/07/2012

¹⁶ idem

¹⁷ L'APP a octroyé des dons d'un montant de 46,75 millions de DHs au profit de 12 associations en plus d'une formation de personnel.

¹⁸ L'économiste : le 17/07/2012

¹⁹ L'économiste : le 23/10/2012

²⁰ Jeune Afrique : Microfinance : le marocain Amifa à l'assaut de l'Afrique de l'ouest 09 juin 2016

La deuxième phase est caractérisée par une prise de conscience de la nouvelle réalité et insiste sur la nécessité de changer de statut pour les AMC, afin de devenir des entités commerciales soit des IMF ou Institutions de Microfinance, et de pouvoir diversifier les produits offerts à leurs clients et développer par la sorte, leurs sources de financement.

Cette période est couronnée par une nouvelle réglementation qui a permis aux AMC d'exercer d'autres fonctions et de diversifier leurs prestations financières. Les Associations de Microcrédit ont opté aussi pour une diversification géographique, le déploiement a concerné l'Afrique subsaharienne.

Le quotidien détient le même discours que celui des acteurs du secteur et c'est l'aspect économique qui est privilégié. Faut-il rappeler que « l'Economiste » est le premier quotidien économique du Maroc. Les exemples avancés sont d'Al Amana en majorité. Ce qui montre le poids de cette association de microcrédit dans le tissu de la microfinance marocaine. Plus encore, la plupart des entretiens, sont réalisés avec les responsables d'Al Amana et d'Attawfic microfinance. C'est vrai que ces deux associations sont les deux principales parmi les quatre qui détiennent plus de 80% du marché national. Cette tendance révèle, vraisemblablement, la version officielle. De même le côté économique et financier est prépondérant. C'est rare que ces articles évoquent le côté social.

REFERENCES

- [1] Banque Mondiale, 2014, Sortie de crise du secteur de la microfinance au Maroc : des interventions opportunes et efficaces. International Finance Corporation. 48 pages. Benlahrech R., 2016, Microfinance : le marocain Amifa à l'assaut de l'Afrique de l'Ouest. Dossier, Jeune Afrique.
- [2] Blondeau N., 2006, La microfinance. Un outil de développement durable ? Etudes.
- [3] Brunnel S., 2000, Microcrédit Fiction et réalité. Aventure N°90 – La Guilde européenne du RAID.
- [4] Carroué L., 2015, la planète financière : Capital, pouvoirs, espace et territoire. Collection U. 253 pages.
- [5] CGAP, 2000, La course à la réglementation : établissement de cadres juridiques pour la microfinance. Etude spéciale n° 4, Washington, D.C.
- [6] CGAP (Note du), 2009, « Ascension, chute et convalescence de la microfinance au Maroc ».
- [7] CGAP, 2005, Note sur la microfinance n°24, Le renforcement des capacités pour la microfinance.
- [8] Duval A., 2001, Evaluation du secteur du microcrédit au Maroc. Projet de rapport / 33 pages.
- [9] EL Hyani O. et Atallah C. 2009,
- [10] Microfinance : quelles perspectives de développement pour les IMF. Cas du Maroc. Mémoire de recherche-Cycle de Grande Ecole, 82 pages.
- [11] Grameen Jameel, 2012, Le contexte de microcrédit au Maroc: Pré et Post Crise. 13 pages
- [12] Haddad (A.), 2006, Analyse du secteur de microcrédit au Maroc. Portrait de la Microfinance CGAP.
- [13] Korneruy C., 2006, La microfinance peut-elle atteindre les pauvres ? www.globenet.org
- [14] Labie M., 2004, Microfinance un état des lieux. Mondes en développement (N°126) pp. 9-23.
- [15] Mix Microfinance World, 2010,
- [16] Analyse de la microfinance et rapport comparatif dans le monde arabe en 2010 ? 30 pages.
- [17] Samat A., 2000, Stratégie des partenaires bilatéraux et multilatéraux et des ONG dans le contexte : Développement rural / régional, rapport / GIZ.
- [18] Séminaire d'Epargne sans frontières et du projet Microfinance in crisis (synthèse), 2014, La crise de la microfinance, crise de maturité ou d'un modèle de financement? Séminaire organisé le 18 décembre 2013 à la Caisse des Dépôts. Revue : Techniques financières et développement (N°115) pp. 79-101.

Agadir : Sur les traces d'un tourisme lointain

[Agadir : In the footsteps of distant tourism]

Amina Samat

Institut Universitaire de la Recherche Scientifique, Université Mohammed V, Rabat, Maroc

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

ABSTRACT: The present contribution aims to question the past to highlight that the tourist success of the seaside resort of Agadir has roots anchored in the past that only History can decipher.

It is certain that Agadir was well attended by Westerners. The travelers and the travel relationships who have praised them are not lacking. Some even predicted its future importance, it is as an example of Germain Mouette, or Henri Dugard who predicts that it will attract tourists later. Through the writings and impressions of travelers who have traveled this region, we will try to reconstruct this past while insisting on the opinions of those who predicted the future growth of Agadir and this even before the advent of tourism. mass.

The political decision to close the port to trade affected this coastal city, a state that lasted until it reopened. This changed the situation and allowed the influx of capital and also Westerners. It should be noted that during the protectorate, Agadir was developed as a tourist city. After independence the same tourist policy that favors this seaside resort, was continued.

KEYWORDS: Agadir, travelers, tourism, Morocco, History.

RÉSUMÉ: La présente contribution a pour objectif de questionner le passé pour mettre en évidence que la réussite touristique de la station balnéaire d'Agadir a des racines bien ancrées dans le passé que seule l'Histoire peut déchiffrer.

Il est certain qu'Agadir était bien fréquenté par les occidentaux. Les voyageurs et les relations de voyages qui y ont fait éloges ne manquent pas. Certains même ont prédits son importance future, il s'agit comme exemple de Germain Mouette, ou Henri Dugard qui prévoit qu'elle attirera des touristes plus tard. A travers les écrits et les impressions des voyageurs qui ont parcouru ce contrée, on va essayer de reconstruire ce passé tout en insistant sur les avis de ceux qui ont prédit l'essor futur d'Agadir et ceci avant même l'avènement du tourisme de masse.

La décision politique de fermer le port au commerce a affecté cette ville côtière, un état qui a perduré jusqu'à son réouverture. Ceci a changé la donne et a permis l'afflux des capitaux et aussi des occidentaux. Il faut souligner que durant le protectorat, Agadir a été aménagé en tant que ville touristique. Après l'indépendance la même politique touristique qui privilégie cette station balnéaire, fut poursuivie.

MOTS-CLEFS: Agadir, voyageurs, tourisme, Maroc, Histoire.

1 INTRODUCTION

Le développement touristique d'Agadir est le fruit d'une interaction de plusieurs éléments. Ainsi, le volontarisme du tourisme Gadiri manifesté par la volonté étatique de faire de cette ville la première station balnéaire du pays n'est pas le seul critère qui explique son essor touristique. Au contraire, différents éléments dont la beauté du site constituent les causes qui expliquent la naissance, le maintien et le développement du tourisme. Ceci dit nous partons d'un postulat qui dit que le passé explique en partie la réussite touristique d'Agadir quoique l'Histoire ne soit pas un facteur déterminant dans le développement touristique.

Pour ceci on va essayer de remonter dans le passé récent et même lointain pour fouiner dans les archives et les écrits de la littérature. L'objectif est d'expliquer les origines historiques de cet élan touristique que connaît Agadir la première station balnéaire du Maroc.

2 LE ROYAUME CHÉRIFIEN : TOURISME ET VOYAGEURS

Le Maroc a été parcouru par des voyageurs dont les buts étaient très différents. Ces voyageurs commerçants au début, consuls ou chargés de missions par la suite, étaient les premiers à faire des descriptions du Maroc comme pays exotique. Certains de ces voyageurs qui ont parcouru le Souss par exemple (arrière pays d'Agadir) ont rapporté l'existence de richesses très exagérées, d'autant plus que cette zone était déclarée zone de bled es Siba, donc interdite aux étrangers considéré comme des espions. La plupart de ces voyageurs sont passés par cette région, déguisé soit en Musulman, soit en Juif religieux ou ordinaire. L'image qu'ils véhiculent décrit un territoire soit chaleureux et hospitalier ouvert aux visiteurs, soit au contraire fermé sur lui-même et repoussant.

Dès 1909, les bureaux du comité du Maroc à Paris fournissent les renseignements pour tout ce qui concerne les voyages au Maroc¹; et en 1913, différentes compagnies maritimes desservent déjà les côtes marocaines avec des paquebots français, anglais, allemands ou encore espagnols. La compagnie de navigation Paquet et la Compagnie Générale Transatlantique ont joué un rôle très important dans la diffusion du tourisme. En 1925, l'on parle² déjà du magnifique essor touristique du Maroc et l'on relate les différents itinéraires des circuits et excursions proposés aux touristes. Ainsi, depuis bien longtemps avant son indépendance, le Maroc bénéficie d'une organisation du tourisme complète avec des agences de voyages organisant des circuits, des excursions et aussi des croisières, des syndicats d'initiative dans les grandes villes ; certains même de ces syndicats ont déjà -avant 1925- publié des affiches et des brochures de propagande. Il ne faut pas oublier le rôle joué par l'Office marocain du Tourisme et l'Automobile-Club du Maroc ainsi que d'autres organismes.

Ceci dit, c'était un tourisme individuel et aristocratique, donc d'élite pratiqué surtout par des personnalités mondaines plus ou moins bien connues. Ces dernières cherchent dans leurs déplacements le dépaysement et le calme. Durant cette période, on distingue entre trois espaces distincts, le Maroc côtier, le Maroc intérieur et Tanger zone franche et station touristique très demandée par les anglo-saxonnes.

3 AGADIR, VILLE CÔTIÈRE ET LIEU DE COMMERCE

Agadir, la fameuse Santa Cruz du cap de Ghir était le siège d'un commerce actif, fréquentée surtout par des commerçants européens : Portugais, Hollandais, Britanniques, Français ou encore Allemands. Certains auteurs font même remonter cette fréquentation à des époques très lointaines. Donc le contact avec le monde occidental était bien établi. Ainsi, Agadir a connu un commerce florissant du moins jusqu'en 1656, date où la région est rentrée dans une série de guerres entre tribus locales ce qui a pour conséquence un déclin de son commerce et de sa fréquentation étrangère. La deuxième période de décadence a commencé lors de la fermeture du port d'Agadir en 1773 et le détournement du commerce et des européens vers Mogador, récemment fondé par Sidi Mohamed Ben Abdellah pour punir les tribus du Souss.

Ce déclin continue pour Agadir et le Souss jusqu'en 1930, date de réouverture du port au commerce international et le renouveau d'Agadir à une activité intense. Entre temps, Mogador a bien bénéficié de l'attitude Chérifienne pour devenir et pour longtemps, le plus important port du Maroc et avec une forte fréquentation occidentale.

4 AGADIR, SUR LES TRACES DES PREMIERS VOYAGEURS

Agadir a été fréquentée depuis les temps obscurs par les Etrangers et surtout par les Européens. L'Histoire nous apprend par exemple que le 17 mars 1560, une expédition, avec à sa tête Montfort et le capitaine portugais Melchior Vaez d'Azevedo sur un navire fourni par le gouverneur de Bordeaux, a fait escale à Santa Cruz du Cap de Ghir (c'est la période des grandes découvertes géographiques). De même, vers la fin de 1618 et le début 1619 l'on parle d'un envoyé de la cour française, Robert

¹ Ces voyages sont surtout des voyages d'affaires. Avant le protectorat, différentes nationalités se disputent les intérêts au Maroc et avec l'instauration de ce dernier le nombre de français a beaucoup augmenté.

² « Maroc », guide bleu 1925.

de Boniface à Sainte Croix et on ajoute qu'il a fait connaissance avec un aventurier français nommé Charles Reinault³. En outre, en 1682, un autre voyageur : Germain Mouette prédit déjà l'importance future d'Agadir. Cependant, après la fermeture du port de cette ville au commerce, le médecin Anglais Lemprière décrivait la ville en 1789 en tant que ville déserte et que ses maisons tombent en ruines. Cette relation de voyages rejoint celle de Mungo Park, un autre médecin Anglais, qui passant par Santa Cruz « l'ancienne cité portugaise » en 1789 remarqua : « ville autrefois assez considérable et entrepôt très important des Européens »⁴. Nous remarquons donc l'influence exercée par les politiques et la décadence économique qui en résulte, touchant la fréquentation européenne et aussi l'évolution de cette ville.

De plus, ce port était le plus souvent sujet aux assauts des tribus rebelles du Souss. En 1884-1885 Charles de Foucauld est passé au pied d'Agadir sans même y entrer, en la décrivant comme une petite bourgade misérable. Arrivant de Taroudant vers Agadir, H. de la Martinière décrit le tableau que lui offrait Agadir et ceci entre 1882 et 1918 en disant : « A neuf heures, nous sommes sur la plage, cheminant sur un beau sable jaune ; la marée est basse, les hautes vagues couronnées d'écume se brisent dans un bruit sourd (...). Nous ne tardons pas à atteindre la colline d'Agadir et à 10 heures nous arrivons au sommet, devant l'ancienne citadelle portugaise, à 190 mètres d'altitude. Les murailles sont en bon état et d'un beau calcaire »⁵. H. de la Martinière ajouta que de cette colline on découvre une admirable vue sur la côte et sur l'horizon infini de la mer ; et que « au bas d'Agadir, le village de Founti était, à notre passage, une misérable agglomération de quelques masures de pêcheurs avec un mouillage assez favorable, mais aucun navire ne s'arrêtait en raison de la rigoureuse interdiction du sultan »⁶.

En 1905, Cousin Albert et Saurin Daniel disaient : « La place d'Agadir étant le meilleur mouillage de l'océan depuis le Cap Spartel jusqu'au Cap Juby, la ville semblait devoir s'étendre beaucoup, mais il n'en fut rien. Après la fondation de Mogador, elle fut fermée au commerce européen et ses relations avec l'Europe cessèrent à peu près complètement »⁷. En parlant de cette ville, ils ne mentionnent l'existence d'aucun hôtel. Cependant cet état de fait n'a pas empêché certains commerçants allemands, et à leur tête les frères Mannesman de s'installer dans la région. En 1911, la panthère allemande a mouillé devant Agadir prétendant défendre les intérêts des ressortissants allemands. Des arrangements entre l'Allemagne et la France ont mis fin à un éventuel affrontement entre ces deux Etats. Après cette date, l'Histoire relate l'arrivée massive des français.

En 1918, Henri Dugard dans « La colonne du Souss »⁸ évoque la beauté de Souss et insiste sur la beauté d'Agadir « perchée sur rocher qui domine une large baie et l'une des plus belles du monde »⁹ ; et prévoit qu'elle attirera des touristes plus tard. En évoquant Charles de Foucauld, Henri Dugard pense « qu'à son époque, c'était une ville quasiment pure de tout contact européen », ce que contredit la réalité de ce port de commerce. Un peu plus loin, il parle de la forteresse petite en réalité, des maisons plutôt comme masures de pisé dont beaucoup tombent en ruine, et il ajoute que Founti est plus vivant qu'Agadir, même s'il n'est qu'un bourg minuscule. J. Goulven en 1920 omet Agadir de son récit. Toutefois, il dit dans les pages 255-256 que « l'organisation du tourisme au Maroc comprend dans son programme la question des hôtels qui sont non seulement à améliorer, mais encore à créer dans certaines villes où les étrangers viendront hiverner »¹⁰ ; aussi on remarque qu'il y a des villes qui présentent la nécessité de créer des hôtels et on se demande si Agadir faisait partie de ces villes.

En 1922, un petit livre produit par les services de protectorat et intitulé « renseignement économique » n'évoque nullement Agadir en parlant du tourisme. La même constatation est valable pour le guide bleu de 1925. Toutefois, ce dernier énumère et décrit les itinéraires partant d'Agadir : Agadir-Taroudant, Agadir-Tiznit et Mogador-Agadir. Aussi, on remarque, que si la plupart des récits s'accordent sur la beauté de la côte d'Agadir, ils n'évoquent guère cette ville quand il s'agit du tourisme.

En 1930, le port d'Agadir a été ouvert au commerce ; et en 1932, les autorités de protectorat ont mis en place un plan d'aménagement. Les affiches de ce dernier montrent l'importance que le protectorat a accordé au tourisme dans cette ville et aussi le charme exercé par la côte d'Agadir sur les Français, à tel point qu'on l'a comparé à Nice, en l'imitant. Ainsi, on a doté Agadir d'un plan en amphithéâtre et on a réservé une « promenade des anglais » en interdisant toute construction au sud de l'avenue de la république (l'actuelle artère Mohammed V). Après cette date et surtout après 1947, la construction hôtelière a

³ Castries (comte Henri de) : « Agents et voyageurs français au Maroc », 1530-1660

⁴ Mungo Park : « Les trois voyages de Mungo Park au Maroc et dans l'intérieur de l'Afrique », (1787-1804), p.24.

⁵ Martinière (Henri de la) : « Souvenir du Maroc, voyages et missions », 1882-1918, p.268

⁶ Martinière (Henri de la) : « op.cité », p.269.

⁷ Cousin (Albert) et Saurin (Daniel) : « L'annuaire du Maroc », 1905, p.347

⁸ Cette colonne est la première troupe européenne qui accède à Agadir par voie terrestre en 1917

⁹ Dugard (Henri) : « la colonne du Souss » p.26

¹⁰ Goulven (J) : « Le Maroc, les ressources de ses régions, sa mise en valeur », 1920

connu une certaine euphorie, « Agadir devenait aussi, en ces années de fièvre réalisatrice, un centre balnéaire et touristique. Des hôtels furent construits, des campagnes de publicité lancées, dont Agadir retire aujourd'hui encore les fruits. C'est à cette époque que devenait célèbre le slogan de la « ville aux trois cents jours de soleil », et en 1953, c'est dans la « Nice marocaine », la « perle du sud »... que le congrès de la fédération internationale des agences de voyages tenait ses assises¹¹, on peut donc avancer que c'est à partir de 1930 et surtout de 1932 que l'activité touristique commence à Agadir. Par conséquent, la construction hôtelière a entamé une progression qui durera jusqu'à l'indépendance, en allant croissant jusqu'aux années 60, et à un rythme plus rapide dès cette dernière date.

5 CONCLUSION

Durant l'époque précoloniale, des voyageurs déguisés parcoururent le Maroc pour différentes raisons et donnèrent une image du pays replié sur soi. Si les villes côtières étaient en quelque sorte ouverte aux accès maritimes, l'intérieur du pays se présente autrement, il était d'un accès très difficile, pas de route, pas de gîte et surtout pas de sécurité pour un étranger, considéré en tant qu'espion. Cette difficulté d'accès est renforcée par les problèmes corsaires d'une part et par les guerres incessantes entre les tribus locales d'autre part.

La deuxième phase s'étend sur la période du protectorat et celle d'après l'indépendance jusqu'aux années 60. Cette période a connu une grande affluence du capital étranger qui s'est installé surtout dans les villes côtières. Les deux périodes ont laissé leur empreinte sur Agadir, les voyageurs qui sont passés par ce contré ont prédit son importance future. La fermeture du port d'Agadir au commerce a sombré la ville dans une décadence volontariste. Ce qui révèle ce lien étroit entre la volonté étatique et la fréquentation étrangère. La beauté du site a incité les français à aménager la ville même au niveau Touristique. L'avènement du tourisme de masse a fait de cette ville une station balnéaire très prisée par le tourisme international.

REFERENCES

- [1] Castries (Comte Henri de), « Agents et voyageurs français au Maroc ».1530-1660. Paris, Ernest Leroux, Editeur, 1911,106 pages.
- [2] Cousin (Albert) et Saurin (Daniel), « l'annuaire du Maroc », 1905, p.347
- [3] Dugard (Henri), « La conquête du Maroc. La colonne du Souss », (janvier-juin 1917),1918,228 pages
- [4] Goulven (J), « le Maroc, les ressources de ses régions, sa mise en valeur », Paris, 1920.282 pages.
- [5] Guide Bleu, « Maroc » 1925
- [6] Lebel (Roland), « les voyageurs français du Maroc, l'exotisme marocain dans la littérature de voyage », 1936, 406 pages
- [7] Loti (Pierre), « Au Maroc », Paris, 1890, 358 pages
- [8] Martinière (Henri de la), « Souvenirs du Maroc, Voyages et missions » 1882-1918. 1919,383 pages
- [9] Mungo Park, « les trois voyages de Mungo Park au Maroc et dans l'intérieur de l'Afrique » (1787-1804). Paris, Maurice Dreyfous, éditeur,284 pages.
- [10] Pere (M.), « Agadir ville nouvelle » 1967, RGM, n°12 p.
- [11] Perigny (Maurice de), « Au Maroc, à Marrakech et les ports du sud ». Paris,1918, 255 pages.

¹¹ Père (M) : « Agadir, ville nouvelle »,1967,RGM, n° 12.p.48

Internet mobile et son influence sur le chiffre d'affaire des cybercafés en ville de Beni (RD Congo)

Don Mbiya Muvyele¹, Kasereka Mulimaposo Sero-Man², Muhindo Muhasa Faustin³, and Ngendo Kwabene Pascal⁴

¹Chef de Travaux, Institut Supérieur de Commerce de Beni, RD Congo

²Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique d'Oicha, RD Congo

³Chef de Travaux, Institut Supérieur de Commerce de Beni, RD Congo

⁴Assistant, Université Bunia, RD Congo

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

ABSTRACT: The goal of this study is to enlighten the decisions of economical operators who would like to undertake or pursue the activities of Internet trade in DRC Beni town. To conduct this analysis, the observation method has been very useful. This study was motivated by the socio-economic consequences of the closing and/or decline of Internet shops. By socio-economic consequences we mean the loss of employment on the one hand and the downfall of incomes on the other hand. Most customers now rarely visit an Internet cafe for the causes linked to the access costs while they are regularly connected thanks to their telephones at a lower cost. This leads to the decrease of the number of customers and hence a considerable shortfall in revenues. Out coming from this study is that entrepreneurs interested in Internet services will have an additional tool to enlighten their choice. In fact, this study will have demonstrated the realities experienced on the ground and the necessary strategies to cope with the competition, to rise and/or keep up the revenues.

KEYWORDS: mobile internet, influence, turnover, internet cafe.

RÉSUMÉ: La finalité de ce travail consiste donc à éclairer les décisions des opérateurs économiques désireux d'entreprendre ou de poursuivre les activités de cybercafé dans la ville de Beni/RDCongo. Pour bien mener notre analyse, la méthode d'observation nous a été utile très capitale. Cette étude s'inspire des conséquences socio-économiques de la fermeture et/ou décadence des cybers. Par conséquence socio-économique, désignons la perte d'emploi d'une part et la disparition des sources de revenus d'autre part. La plupart des clients fréquentent rarement et très rarement les cybercafés pour des raisons liées au coût d'accès alors qu'ils ont la connexion régulière dans leur téléphone au coût moindre. Et cela entraînant une baisse de la clientèle dans les cybercafés, les recettes ont sensiblement régressé. A l'issue de ce travail, les entrepreneurs désireux d'entreprendre dans le sens des cybercafés auront eu un outil de plus pour éclairer leur choix. Ce, parce que ce travail aura mis au point les réalités vécues sur terrain et les autres stratégies aussi nécessaires pour faire face à la concurrence, rehausser les chiffres d'affaire et/ou les maintenir haut.

MOTS-CLEFS: internet mobile, influence, chiffre d'affaire, cybercafés.

1 INTRODUCTION

Les entreprises ont principalement comme finalité de faire profit. A nos jours, dans un environnement concurrentiel, les entreprises ressentent la nécessité de repenser leur organisation. Au fur et à mesure qu'elles se développent, elles se rendent compte qu'il faut qu'elles fassent des études sur des outils et moyens pour attirer la clientèle et assurer le service clientèle de

façon régulière. Ayant dans ses attributions la vente des biens et services, elle met en place un système qui lui permet d'atteindre les résultats escomptés (Sweeney : 1982, p34).

De ce fait, l'entreprise regroupe un ensemble des moyens, qui lui permettent de se tenir continuellement informée sur l'évolution de son environnement commercial. Une entreprise de production et commercialisation de ses produits est composée d'une équipe d'hommes qui gère à partir d'un certain nombre de choix, de contraintes mais aussi des réflexes et les stratégies marketing qui constituent une référence pour mener à bien ses activités commerciales ainsi donc toute entreprise, dans sa phase de croissance voudrais bien observer une courbe croissante de revenu et faire de profit significatif (Rojot et Bergman : 1989, p23). Un certain nombre de travaux empiriques ont été menés dans le domaine de stratégie et dans l'entrepreneuriat. En étudiant les facteurs de succès, Mayaux a également mis en évidence les causes d'échec des entreprises. Le succès et l'échec sont deux résultats opposés (Peters et Waterman : 1983, 17).

Drucker observait déjà en 1973 que "la plus importante raison de frustration et d'échecs (fermeture) dans les entreprises provient d'une réflexion insuffisante de la raison d'être de l'entreprise, de sa mission". Guilhem Berthollet pense également que le fait d'avoir un fondateur seul, un marché petit, un arrêt prématuré, le choix d'une mauvaise équipe, la lenteur dans l'exécution, ne pas s'intéresser aux clients, être à la course d'argent, pas assez de travail expliquerait la fermeture et l'échec des entreprises (B.Boukry : 1985, p10). En ville de Beni, les cybercafés ont connu leur apparition simultanément avec la croissance de la technologie de l'information et de la communication. Néanmoins, force est de constater que plusieurs cybercafés ont fermé leurs portes au cours de ces dernières années. Ces faillites ayant coïncidé avec l'accès de plus en plus facile à l'Internet mobile ont lancé ou alors relancé les réflexions sur les conséquences de l'Internet mobile sur le chiffre d'affaire, voire la rentabilité des cybercafés traditionnels. Certaines préoccupations ont suscité notre attention avec les réponses anticipatives entre autres : Quelles sont les raisons de préférence du service d'Internet mobile à celui offert par les cybercafés ? Nous présumons que l'économie de temps, les coûts abordables, la facilité d'accès justifieraient la préférence des consommateurs en faveur de l'Internet mobile. Ensuite, quel est l'effet de l'Internet mobile sur l'évolution du chiffre d'affaire des cybercafés en ville de Beni ? Nous pensons que l'Internet mobile diminuerait significativement le taux de fréquentation dans les cybercafés, cela aurait une influence négative sur le chiffre d'affaire dans ce secteur en ville de Beni.

Les objectifs poursuivis par ce travail sont :

- L'analyse de l'évolution des fréquentations des cybers et du chiffre d'affaire qui en dépend.
- Dégager les raisons de préférence de l'Internet mobile au cybercafé.

2 MÉTHODOLOGIE

Les présentes recherches se limitent dans l'espace au niveau de la seule ville de Beni et particulièrement aux cybercafés les plus fréquentés Bakat Communication, La Référence, New Digital, Kalmango. S'agissant du temps, elle est étendue sur une période de quatre ans (2012-2015). Notre échantillon était de 205 dont quatre cybers et deux cent un consommateurs de ce service.

Cette étude a été rendue possible grâce à l'usage combiné de deux méthodes entre autres la méthode d'observation et la méthode comparative.

Les techniques suivantes ont été utilisées pour nous permettre de récolter les données sur terrain et les traiter notamment : la technique documentaire. Cette technique nous a permis de consulter certains travaux antérieurs relatifs à ce sujet, mais aussi les différents ouvrages, magazines ou articles qui traitent des chiffres d'affaire des cybercafés et de l'Internet mobile.

L'entretien est un procédé d'investigation scientifique utilisant un processus de communication verbale pour recueillir des informations en relation avec le but qu'on s'est fixé dans une recherche (T. Mwanza : 1986, p18). Avec cette technique, nous avons administré certaines questions à nos interviewés voulant bien répondre à nos différentes questions de recherche. Cependant, nous nous sommes heurtés à une contrainte liée à l'accès facile des données auprès des cybercafés et à la maison Airtel. Sinon, c'était par notre courage que nous avons accédé aux données.

3 APPROCHE CONCEPTUELLE DE BASE

Dans cette partie, nous relevons les concepts de base qui ont trait à notre analyse comme l'entreprise, le chiffre d'affaire, les cybercafés, les recettes.

3.1 NOTION SUR L'ENTREPRISE

Bremond et Geledan définissent l'entreprise comme un lieu où s'élabore le produit que nous consommons, où sont réalisés les investissements, où sont répartis les revenus, où il y a des exportations qui conditionnent l'équilibre commercial, où se créent les emplois nouveaux (Courogner : 2009, p66). L'entreprise peut se définir universellement comme étant une cellule économique où sont combinés à l'initiative et sous la responsabilité de l'entrepreneur (le propriétaire) les facteurs Travail, Capital et Nature en vue de la production des biens et services dans le but lucratif (Pesqueux Y. : p12,p13). Elle est un lieu de transformation des matières premières acquises ou achetées (inputs) en produits finis (outputs) d'une valeur supérieure pour laquelle on trouve des débouchés sur un marché qui agrée cette nouvelle valeur. C'est donc avant tout un projet pour produire et dégager le profit (Fenet et Waquet : 2013, p100).

L'entreprise peut être définie comme unité économique autonome combinant divers facteurs de production, produisant pour la vente des biens et des services et distribuant des revenus en contrepartie de l'utilisation des facteurs. En ce sens, les organisations à activité marchande telles que société anonyme, banque, exploitation agricole, coopérative de production, constituent des entreprises. En revanche, les unités à caractère non marchand tel qu'un ministère ne peuvent ne pas être des entreprises. Il s'agit dans ce cas d'espèce d'une administration publique (Matinet et Silem : 2003, p222 et 223).

L'entreprise doit satisfaire les exigences de pérennité et de flexible, et tenter d'assurer la réalisation des objectifs des différentes parties prenantes (propriétaires, salariés, fournisseurs et clients).

3.2 CHIFFRE D'AFFAIRE

Le chiffre d'affaire ou C.A est la somme des montants des ventes des produits et des prestations des services réalisées par une entreprise au cours d'un exercice comptable (d'une durée d'un an le plus souvent). Le chiffre d'affaire est une composante des plusieurs calculs de rentabilité. Il intervient de façon direct ou après dégagement du bénéfice.

La rentabilité est le rapport réalisé entre les profits et les capitaux engagés pour arriver à ce résultat (Capul et Garnier : Juin 2002, p350). Tout de même, la rentabilité peut s'apprécier sur un plan bien différent : celui de l'avantage en monnaie et du bénéfice pécuniaire que l'on retire de l'activité (Coli et Bernard : Avril 1989, p.271). Un des déterminants de la rentabilité qui recourt au chiffre d'affaire est le seuil de rentabilité. Le seuil de rentabilité d'une entreprise est le chiffre d'affaire pour laquelle l'entreprise couvre la totalité de ses charges et donc n'a pas des bénéfices ou des pertes. Il est aussi appelé chiffre d'affaire critique, certains auteurs identifient par erreur au point mort alors que ce dernier correspond en réalité à la date de réalisation du chiffre d'affaire critique.

Notons que l'étude du seuil de rentabilité conduit l'entreprise à subdiviser ses charges en charge variables et en charge fixes.

3.3 PERFORMANCE D'ENTREPRISE

La performance peut désigner un état des choses selon qu'on se réfère à un domaine ou l'autre. Dans le contexte économique, la performance désigne tout rapport qu'on établit entre une réalisation et les moyens engagés pour sa fin. Le concept de performance occupe une place centrale dans le mécanisme de contrôle et de gouvernance puisqu'il s'agit même d'un des mécanismes fondamentaux (Bourguignon : Juillet-Août 1995). En outre, la performance est une association entre l'efficacité fonctionnelle et l'efficacité stratégique (Chandler : 1992, p56). L'efficacité fonctionnelle consiste à améliorer les produits, les achats, les processus de production, la fonction marketing et les relations humaines au sein de l'entreprise. L'efficacité stratégique consiste à devancer les concurrents en se positionnant sur un marché en croissance ou en se retirant d'un marché en phase de déclin.

Selon le lexique de gestion, la performance d'entreprise est le degré d'accomplissement des buts, des objectifs, des plans ou des programmes que s'est données une organisation (Matinet et Silem : 2003, p432). La performance commerciale peut être appréhendée par le taux de croissance du C.A, la part de marché, le taux de satisfaction de la clientèle Etc.

La performance financière : peut être mesurée après réalisation (ex-post) par les bénéfices, la capacité d'autofinancement, la valeur de l'entrepris, le rendement des actifs obtenus du rapport entre le résultat net et les actifs, la rentabilité économique correspond au rapport entre le taux de profit et la rotation des capitaux investis, le rapport entre le résultat net et les fonds propres, le coefficient de capitalisation des résultats obtenus par le rapport entre le cours coté sur le marché financier et le bénéfice par action de l'exercice. L'analyse des buts fait apparaître trois mesures de la performance :

- L'efficacité est le résultat obtenu par rapport au niveau du but recherché.
- L'efficience est le résultat obtenu par rapport aux moyens mis en œuvre.
- La productivité est le niveau de satisfaction obtenu par rapport au résultat obtenu.

Les définitions citées précédemment, montrent que la performance est associée à l'efficacité et à l'efficience.

3.4 NOTIONS SUR LE CYBERCAFE, LA NOUVELLE TECHNOLOGIE ET INTERNET MOBILE ET LA TELEPHONIE MOBILE

3.4.1 LE CYBERCAFE

Le marché des cybercafés ne ressemble pas physiquement au marché ordinaire, « place géographique » déterminée avec des infrastructures spécifiques et où le rapport entre l'offre et la demande concourt à la formation du prix. Aussi bien l'on ne verra nulle part appelée « Marché des cybercafés », comme cela existe pour certains produits (céréales, animaux,...) Dans notre cas d'étude, ce n'est pas la place ou le lieu qui est important, mais c'est l'ensemble de tous les mécanismes et stratégies mis en œuvre par chacun des acteurs du marché, afin de réaliser le maximum de bénéfice.

L'activité commerciale nécessitant un certain nombre de critères, à savoir : Le cadre, les acteurs, les produits et les mécanismes d'achat de transport et d'écoulement des produits ; il s'avère important voire indispensable pour nous de porter un regard approfondi sur presque tous les éléments entrant dans le cadre de notre recherche. Ce qui nous conduit alors à présenter ce que c'est qu'un cybercafé¹

Le Cybercafé « comme Sanson (1998) le présente, est : « un bar ou un restaurant qui met à la disposition de ses clients, des ordinateurs connectés à l'Internet... » (Sanson : 1998, p23).

Le Cybercafé propose des services de connexion à Internet haut débit depuis des ordinateurs fixes mis à disposition, et des postes pour la connexion d'ordinateurs portables. Les services s'adressent aux particuliers et professionnels en déplacement². Le Cybercafé est une activité récente, elle a prononcé avec la création d'Internet, l'activité se résume à donner des informations aux publics et dans tous les domaines (sciences, cultures, sport, informations, art, etc.). Le cybercafé est un espace public qui met à la disposition des usagers des moyens de communication et d'information permettant d'accéder au réseau Internet, à l'effet d'entrer en relation avec des tiers pour des raisons personnelles et/ou professionnelles. Il peut offrir des prestations d'initiation à l'Internet et à la messagerie électronique. Il peut être servi au bénéfice exclusif des clients des boissons non alcoolisées.

Selon la définition web, Un cybercafé est un lieu dans lequel on propose aux personnes d'accéder à Internet. Dans certains public, c'est un des lieux et moyens d'accès d'une partie de la population à la donnée publique, et à certains services publics ou aux jeux en réseau.

3.4.2 LA NOUVELLE TECHNOLOGIE ET INTERNET MOBILE

La communication constitue l'une de nombreuses façons par lesquelles les hommes entrent en contact les uns avec les autres. La communication est un mode de relation qui vise par la persuasion, à modifier les dispositions mentales d'autrui et, éventuellement, à l'inciter à adopter un comportement, réaliser une action ou s'abstenir d'agir (Collet : 2004, p13).

L'apparition de la technologie paquet dans les réseaux de mobiles et les réseaux sans fil date du début des années 2000 avec l'UMTS (Universal Telecommunications System). Les réseaux de mobiles permettent la communication tout en se déplaçant. Dans le réseau sans fil, la communication se fait par le biais d'une antenne et l'utilisation doit rester connectée à la même antenne (Pujolle : 2014, p7).

¹ http://www.memoireonline.com/05/10/3520/m_Etude-de-la-rentabilite-des-cybercafes-en-tarifations-differentes-cas-du-Congo-Sat-et-du-centr2.html

² http://www.mon-business-plan.com/site_bp/model/cybercafe

3.4.2.1 DÉFINITION DE LA TÉLÉCOMMUNICATION

La télécommunication est définie comme la transmission à distance d'informations avec des moyens à base d'électronique et d'informatique. Ce terme a un sens plus large que son acception équivalente officielle « communication électronique ». Elle se distingue ainsi de la poste qui transmet des informations ou des objets sous forme physique (New Oxford American Dictionary, 2005, p321). Dans les débuts des télécommunications modernes, des inventeurs comme Antonio Meucci, Alexander Graham Bell ou Guglielmo Marconi ont mis au point des dispositifs de communication comme le télégraphe, le téléphone ou la radio. Ceux-ci ont révolutionné les moyens traditionnels tels que les pavillons ou le télégraphe optique Chappe ((Dilhac : 2004, p.12). Actuellement, les télécommunications concernent généralement l'utilisation d'équipements électroniques associés à des réseaux analogiques ou numériques comme le téléphone fixe ou mobile, la radio, la télévision ou l'ordinateur. Celles-ci sont également une partie importante de l'économie et font l'objet de régulations au niveau mondial (Lenert : 1998, p3).

3.4.2.2 NOTION SUR L'INTERNET

L'Internet est le réseau informatique mondial accessible au public.

L'accès à Internet peut être obtenu grâce à un fournisseur d'accès via divers moyens de communication électronique : soit filaire (réseau téléphonique commuté (bas débit), ADSL, fibre optique jusqu'au domicile), soit sans fil (WiMAX, par satellite, 3G+, 4G). Un utilisateur d'Internet est désigné par le néologisme « internaute » (Beauchamp : 2001, p57).

En RDC, l'intégration de l'Internet dans les secteurs éducationnel et professionnel a connu son avènement en 2004. Dans son expansion, l'Internet a été d'actualité dans la partie Est du pays à partir de 2008. Depuis lors, les améliorations ont toujours été portées à la qualité de connexion mise à la disposition des consommateurs par les diverses entreprises de télécommunication. A titre illustratif, citons le passage de mode de connexion 2G à 3G ainsi que l'envisageable passage de 3G à 4G.

3.4.2.3 LA TÉLÉPHONIE MOBILE

Le concept réseau est utilisé dans plusieurs domaines de la vie. On parle de réseau humain, réseau d'amis, réseau social, réseau de transport, réseau routier, réseau téléphonique..., et réseau informatique qui nous intéresse dans cette étude. Le réseau informatique est un ensemble d'unités (objets, personnes, ordinateurs, ...) interconnectés les uns avec les autres en vue de partager des services. La mise au point d'un réseau informatique présente plusieurs avantages entre autres (DJUNGU : 2014, p12) : la diminution des coûts grâce aux partages des données et des périphériques ; la standardisation des applications ; l'accès aux données en temps utiles ; la communication et l'organisation plus efficace. Les moyens de télécommunications sans fil voient le jour avec le système de radiodiffusion conçue par Marconi.

DÉFINITIONS DES NOTIONS

Avant de définir la téléphonie mobile, il sied de se fixer sur deux notions à savoir : le téléphone sans fil et le téléphone mobile. En effet un terminal sans fil est mobile à partir du moment où :

- Il peut être joint au même numéro indépendamment de sa situation géographique sur un territoire étendu, couvert par plusieurs émetteurs et / ou récepteurs (appartenant à plusieurs réseaux)
- Une communication peut être maintenue au cours du déplacement.

La téléphonie mobile est une infrastructure de télécommunication qui permet de communiquer par téléphone sans être relié par câble à un central. Elle est fondée sur la radio téléphonie, c'est-à-dire la transmission de la voix à l'aide d'ondes radio électroniques (fréquence dans la bande de 900 à 1800 MHz) entre une base relais qui couvre une zone de dizaine de kilomètres de rayon et le téléphone mobile de l'utilisateur (Cavendish : 2007, p20). On appelle téléphone, un appareil de communication initialement construit pour transmettre la voix humaine.

4 RESULTATS

La pérennité d'une entreprise dépend de sa capacité à générer des ressources financières, à même de couvrir les charges d'exploitation. L'objectif des propriétaires d'entreprise étant la réalisation des bénéfices, il est confié au gestionnaire la mission de garantir sa rentabilité. Cette rentabilité joue un rôle important pour les deux raisons ci-après : elle assure la survie de l'entreprise ; elle permet à l'entreprise de préserver son indépendance financière.

Par ailleurs, cette rentabilité est fonction notamment du chiffre d'affaire et des charges d'exploitation. Dans cette partie, nous analysons l'évolution des chiffres d'affaire et la fréquentation des clients de cybercafés notamment Kal & Mango, Bakat Communication, Digital et La Référence.

ANALYSE GLOBALE

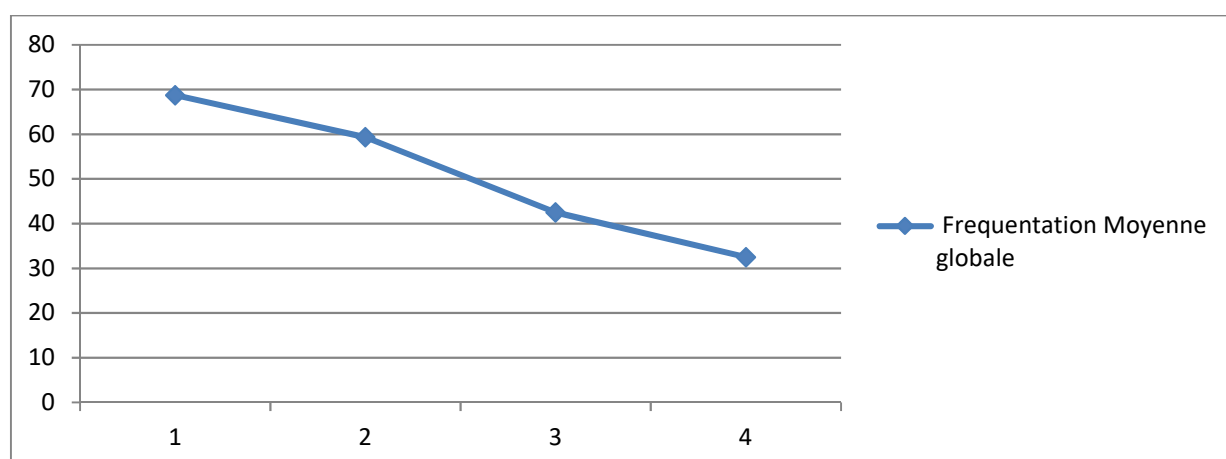
4.1 ESTIMATION DES FRÉQUENTATIONS JOURNALIÈRES MOYENNES DES CYBERS

Pour chaque année, il est possible de dégager une vue globale des fréquentations de tous les cybers en déterminant la moyenne des valeurs en colonnes.

Tableau 1. *Présentation des moyennes des fréquentations journalières*

N°	Année	2012	2013	2014	2015	fi%
	<i>Cyber</i>					
1.	KALMANGO	100	85	60	50	36,24
2.	LA REFERENCE	70	60	40	23	23,71
3.	DIGITAL	45	38	25	23	16,09
4.	BAKAT	60	55	45	35	23,96
	Total	275	238	170	131	814 (100%)
	Frequentation Moyenne globale	86,25	59,5	42,5	32,7	

Ainsi, du tableau 1, on peut savoir lire la tendance des fréquentations.



Graph 1. *Détermination de la courbe que suit la moyenne des fréquentations journalières*

Dans ce graphique, sont reprises les années en abscisse, et les nombres moyens des fréquentations en ordonné. La courbe dégressive lie les différents niveaux de ces moyennes. Cette même courbe indique la tendance de ce paramètre. En sommes, on peut dire que plus le temps passait, le nombre des recours au cyber pour se connecter à l'Internet baissait.

Cette même analyse a porté son intérêt sur les positions occupées par chacun des cybers enquêtés quant à la même variable, c'est-à-dire la fréquentation journalière. Voici donc le graphique qui reprennent les niveaux de fréquentation moyenne des quatre cybers enquêtés pour les quatre ans passés et 201 consommateurs.

Ce tableau montre la place qu'occupe chacun de ces cybers dans la catégorisation des plus fréquentés. C'est ainsi que Kalmango bat record et est suivi de Bakat. Ensuite, viennent La Référence et Digital si bien que les clients diminuent.

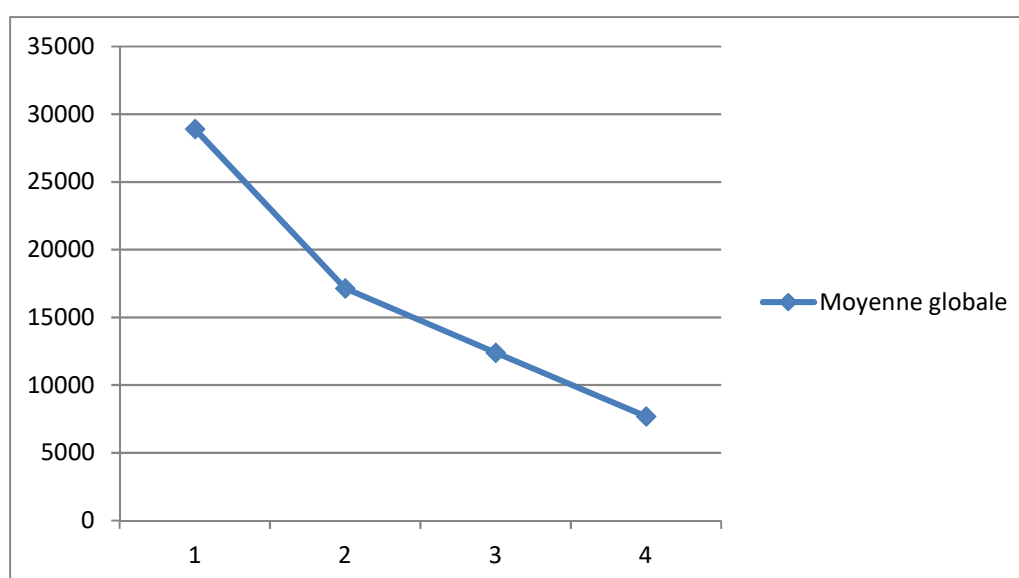
Toutefois, ces informations sont loin d'être suffisantes. Il y a aussi lieu d'entrevoir ces mêmes cybers de par d'autres variables telles que la durée moyenne de consommation par fréquentation ainsi que les chiffres d'affaires.

4.2 EVOLUTION DU CHIFFRE D'AFFAIRE GLOBALE

Tableau 2. Présentation globale des chiffres d'affaires des cybercafés et variations

CA	2012	Variation		2013	Variation		2014	Variation		2015
		en valeur	En %		En valeur	en %		en valeur	en %	
KALMANGO	29843.48	-9224.35	-30.91	20619.13	-10852.18	-52.63	9766.95	-2306.08	-23.61	7460.87
LA REFERENCE	27130.43	-12886.95	-47.5	14243.48	2034.78	14.29	16278.26	-9410.87	-57.81	6867.39
DIGITAL	22043.48	-14413.05	-65.38	7630.43	-847.83	-11.11	6782.6	-2204.34	-32.5	4578.26
BAKAT	36626.09	-10513.05	-28.7	26113.04	-9326.08	-35.71	16786.96	-4917.39	-29.29	11869.57
Totaux	115643.48	-47037.4	-40.67449	68606.08	-18991.31	-27.68167	49614.77	-18838.68	-37.9699	30776.09
Moyenne Globale	28910.87	-11759.35	-43.12	17151.52	-4747.83	-21.29	12403.69	-4709.67	-35.8	7694.02

Du tableau 2, nous pouvons présenter le graphique suivant :



Graph 2. Evolution des moyennes annuelles des chiffres d'affaires des cybercafés

En abscisse, sont les années à compter de 2012 à 2015. Ainsi, un correspond à 2012 et quatre correspond à 2015. La tendance de la courbe indique la décroissance des chiffres d'affaire. De ce tableau, on sait comprendre que toutes les quatre années passées ne sont pas similaires. Aussi, on sait voir que la grandeur de la variation de chiffres d'affaire diffère d'un cyber à l'autre. Prenons le cas de la référence et remarquons qu'il a été le seul cyber qui ait connu la seule variation positive entre 2013-2014. Ces différences engagent les contraintes (politiques, économiques, sociales, techniques, environnementales et légales) et les modes de gestion mis en œuvre.

4.3 EVOLUTION DES RECETTES ISSUES DES MÉGABITS AU SEIN DE LA MAISON AIRTEL/ BENI

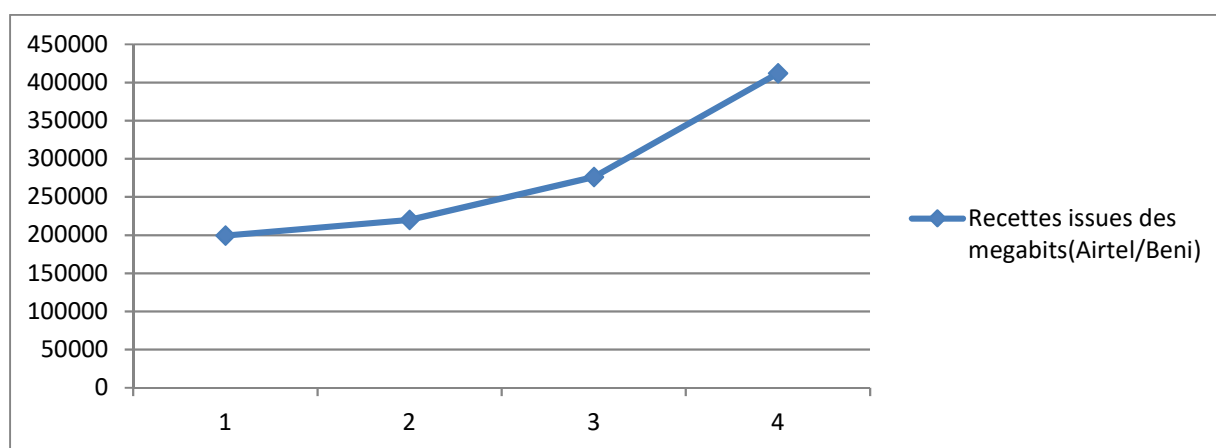
Nous présentons les recettes issues des mégabits au sein de la maison Airtel. Ces recettes intéressent ce travail, car les maisons de télécommunication concurrencent les cybercafés de par les ventes des mégabits et, par conséquent, l'Internet mobile. Alors que les CA des cybers ont généralement baissé, il convient d'apprécier le cas des recettes issues des mégabits.

Tableau 3. Recettes issues des mégabites au sein de Airtel/Beni

Année Mois	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janvier	16321,2	17489.4	19941.2	21992.8	27612	41200
Février	9792,72	10493.64	11964.72	13195.68	16567.2	24720
Mars	8160,6	8744.7	9970.6	10996.4	13806	20600
Avril	9792,72	10493.64	11964.72	13195.68	16567.2	24720
Mai	11424,84	12242.58	13958.84	15394.96	19328.4	28840
Juin	13056,96	13991.52	15952.96	17594.24	22089.6	32960
Juillet	13056.96	13991.52	15952.96	17594.24	22089.6	32960
Août	14689.08	15740.46	17947.08	19793.52	24850.8	37080
Septembre	14689.08	15740.46	17947.08	19793.52	24850.8	37080
Octobre	16321.2	17489.4	19941.2	21992.8	27612	41200
Novembre	16321.2	17489.4	19941.2	21992.8	27612	41200
Décembre	19585.44	20987.28	23929.44	26391.36	33134.4	49440
Total	163212	174894	199412	219928	276120	412000

Source : Les archives de la maison Airtel consultées le 1^{er} mai 2016

Il est possible d'analyser les variations survenues annuellement. Ici, nous ne nous intéresserons qu'à notre période d'étude, c'est-à-dire 2012-2015. Les différents niveaux des recettes issues des mégabites au sein de la maison de télécommunication Airtel/ Beni de 2012 à 2015 du tableau 3 nous permet de présenter le graphique suivant :

**Graph 3. Recettes issues des megabits (Airtel/Beni)**

L'inclinaison de la courbe du graphique repris ci haut marque la croissance des recettes issues des mégabites au sein de la maison Airtel. On peut attacher cette hausse à plusieurs facteurs comme la maison Airtel qui a diversifié les modes de procuration des mégabites.

Tableau 4. Réponses des sujets selon qu'ils font recours au cybercafé

Fréquentation	ni	fi%
Parfois	72	35,82
Très rarement	28	21,93
Rarement	44	21,89
Souvent	42	20,90
Très Souvent	15	7,46
Total	201	100,00

On peut apprécier la répartition des consommateurs selon leur fréquence de recours au cyber pour se connecter à l'Internet. C'est ici l'image de ce que les internautes font du cyber après leur première fréquentation.

5 DISCUSSION

La taille du chiffre d'affaire ne dépend pas que du nombre des fréquentations. Le facteur de durée de consommation par fréquentation s'avère aussi déterminant. Il est intéressant de l'apprécier, car le chiffre d'affaire en dépend aussi. Par exemple, une entreprise peut être classée première en nombre des fréquentations et enregistrer des moindres durées de consommation par fréquentation. Notons qu'au fil du temps la durée de consommation par fréquentations a connu aussi des baisses.

Il est ainsi possible pour tous les abonnés de se procurer les mégabits soit directement, soit par activation des crédits d'appel, soit par donation. Aussi, la publicité n'est pas du reste des éléments qui motivent les consommateurs à acheter ou utiliser l'Internet mobile.

Rappelons que la croissance des recettes issues des mégabits au sein d'Airtel est simultanée à la décroissance des chiffres d'affaire des cybercafés. C'est ainsi qu'il y a lieu de tisser une corrélation entre les cybercafés et les maisons de télécommunication. Et ce, en vue d'indiquer comment les chiffres d'affaire des cybers varient avec les recettes issues des mégabits au sein de la maison Airtel. D'ailleurs, le tableau III en annexe, nous montre comment il y a baisse des clients au sein des cybercafés. Nous pouvons lire que la part de ceux qui fréquentent rarement et très rarement est considérable soit ils occupent respectivement 21,89 % et 13,93 %. Ainsi, ceux qui fréquentent parfois le cyber sont moins négligeables.

Parmi les raisons de non fréquentation du cyber, on en trouve celles liées au coût d'accès (1), à l'organisation actuelle du milieu professionnel(2), au manque de compétence élémentaire en informatique (3), ainsi qu'à la croissance de la technologie qui rend possible la connexion via téléphone (4). C'est cette dernière raison qui tient plus à l'Internet mobile et que le retéléphone leur garantit une connexion suffisante et nécessaire de 24 sur 24 heures à moindre coût.

6 CONCLUSION

Le présent travail, en exposant les suggestions pour les recherches avenir, les changements désirés en faveur des échantillons des cybers et des consommateurs de l'Internet mobile pour assainir l'environnement des recherches y relatives, les propositions des décisions susceptibles de changer la tendance des chiffres d'affaires en accord avec les attentes des clients. Les analyses qui précèdent confirment les deux hypothèses formulées. Le schéma illustrant l'influence négative de l'Internet mobile est suffisamment clair et éloquent. Les phrases et les graphiques ont aussi illustré la croissance de certaines variables et la décroissance des autres. Allons-y donc rappeler l'essentiel des résultats de ces analyses sous l'angle des hypothèses du présent travail dans les deux points suivants : d'abord, l'Internet mobile diminue significativement le taux de fréquentation des cybercafés par les clients et cela à une influence négative sur les chiffres d'affaire de ce secteur d'activité. Ensuite, nous confirmons notre deuxième hypothèse selon laquelle l'économie de temps, les coûts abordables, la facilité d'accès justifie la préférence des consommateurs en faveur de l'Internet mobile. Nous demandons donc aux gestionnaires des cybercafés de s'abonner aux maisons de télécommunication où le cout d'abonnement peut être moins cher en se ravitaillant en mégabits au lieu de s'abonner aux fournisseurs chers.

En plus, les gestionnaires des cybers doivent accorder l'abonnement périodique prépayé à la plupart des clients et modérer les prix lors des ventes de cette catégorie.

Au soir de cette étude, nous ne prétendons pas épuiser toutes les questions relatives à notre thématique. Notre mérite serait peut-être de l'avoir amorcé et faire appel à toute autre personne intéressée au même domaine d'étude que nous, à bien vouloir nous compléter.

REFERENCES

- [1] Beauchamp, A., *La foi à l'heure d'Internet*, éditions Fides, 2001
- [2] Boukry, B., *Contribution à l'identification des facteurs de succès dans les secteurs en difficulté* », thèse de doctorat en sciences de gestion, Bordeaux I, IAE, 1985.
- [3] Bourguignon, « Peut-on définir la performance ? », *In Revue Française de Comptabilité*, 1995, 269
- [4] Capul, J-Y et Carnier, O., *Dictionnaire d'économie et des sciences sociales*, HATIER, Paris, Juin 2002
- [5] Cavendish, M., *Inventors and Inventions, Volume 2*, 2007
- [6] Cathérine Fenet et Isabelle Waquet, *Economie approfondie*, éditions Dunod, Paris, 2013
- [7] Chandler, *Organisation et performance des entreprises*, T1, Paris, Editions de l'organisation, 1992

- [8] Courogner, C., *L'entreprise en action*, Paris, éd. Dunod, 2009
- [9] Dilhac, J.M, *From tele-communicare to Telecommunications*, LAAS-CNRS, 2004
- [10] Djungu, S.J, *Réseaux par la pratique*, éditions CRIA (Centre de recherche en Informatique Appliquée), Université de Kinshasa, 2014
- [11] Hervé Collet, *Communiquer pourquoi, comment ?*, éditions Centre de Ressources et d'initiatives pour le développement et la communauté (CRIDEC), Paris, 2004
- [12] Lenert, E., « *A Communication Theory Perspective on Telecommunications Policy* », *Journal of Communication*, 1998, 48.4
- [13] Martin A-C et Silem A., *Lexique de gestion*, Paris, éd. Dalloz, 2003
- [14] Mwanza, T., *Initiation à la recherche scientifique : Guide pratique*, Bukavu, éd. CERUKI, 1986
- [15] New Oxford American Dictionary, *Telecommunication, tele- and communication*, 2^{ème} édition, 2005
- [16] Pesqueux, Y., *Economie d'entreprise*, Paris, éd. Nathan, 1992
- [17] Peters, T. et Waterman, R., *Le prix de l'excellence : le secrets des meilleurs entreprises*, Paris, éd. Interdiction, 1983.
- [18] Pujolle, G., *Les réseaux*, 8^{ème} édition, Eyrolles, Paris, 2014
- [19] Rojot J. et Bergman, A., *Comportement et organisation : comportement organisationnel et théorie des organisations*, Paris, éd organisations, 1989
- [20] Sanson, T., *Internet en 10 leçons : savoir naviguer sans écueils*, Genève, MINERVA, 1998.
- [21] Sweeney G.P, Les nouveaux entrepreneurs : *Les petites entreprises innovatrices*, Paris, éd. Organisation, 1982
- [22] http://www.memoireonline.com/05/10/3520/m_Etude-de-la-rentabilite-des-cybercafes-en-tarifications-differentes-cas-du-Congo-Sat-et-du-centr2.html
- [23] http://www.mon-business-plan.com/site_bp/model/cybercafe

Analyse de l'efficacité des unités de transformation de l'arachide dans la Commune de Covè : Une approche par la méthode Data Envelopment Analysis

[Analysis of the efficiency of groundnut processing units in the municipality of Covè : An approach using the Data Envelopment Analysis method]

Jean Adanguidi

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. BP 1327, Cotonou, Benin

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

ABSTRACT: The purpose of the article is to analyze the efficiency of groundnut processing units using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The study was carried out in the district of Covè, a district in central Benin where groundnut processing agribusiness is quite developed. Data were collected from 120 groundnut processing units. The results obtained show that 30% of the processing units studied are in a situation of increasing return to scale, 35% in a situation of constant returns to scale and the rest is 35% in a situation of Decreasing return to scale.

KEYWORDS: Groundnut processing, Processing Unit, Data Envelopment Analysis, Scale Ratios, Covè.

RESUME: L'objectif de l'article est d'analyser l'efficacité des unités de transformation de l'arachide en utilisant la méthode Data Envelopment Analysis (DEA). L'étude a été menée dans la Commune de Covè, une localité du Centre du Bénin où l'artisanat agroalimentaire à base de l'arachide est assez développé. Les données ont été collectées sur les comptes d'exploitation de 120 unités de transformation de l'arachide en huile et en galettes communément appelées kluiklui. Les résultats obtenus montrent que 30% des unités de transformation étudiées se trouvent dans une situation d'économies d'échelle, 35% dans une situation de rendements d'échelle constants et le reste soit 35% dans une situation de déséconomies d'échelle.

MOTS-CLEFS: Transformation de l'arachide, Unité de transformation, Data Envelopment Analysis, Rendements d'échelle, Covè.

1 INTRODUCTION

Le Programme d'Actions du Gouvernement du Bénin sur la période 2016-2021 a retenu quatre domaines prioritaires de concentration dont le tout premier est « L'agriculture, l'élevage et la pêche », montrant clairement la vocation agricole du pays. Au nombre des nombreuses réformes dont le secteur agricole a fait l'objet depuis plus de deux ans figure entre autres, la création de sept Pôles de Développement Agricole (PDA) ainsi que l'identification des filières prioritaires qui y sont associées, définissant ainsi une nouvelle carte agricole du pays. L'arachide, l'une des légumineuses à graine cultivées au Bénin se retrouve ainsi comme culture prioritaire dans trois pôles de développement agricoles notamment les pôles 3(zone coton-vivrier : Coton, riz, maïs et manguier, niébé et arachide), 4(zone coton-vivrier-Anacardier : Anacardier, coton, Maïs, riz, niébé, soja, arachide, manioc, igname et manguier) et 5(zone arboriculture fruitière-cultures vivrières : Agrumes, mangues, palmier à huile, Riz, maïs, niébé et arachide). Sa production estimée à 137214 tonnes au cours de la campagne 2017-2017 est passée à 156901 tonnes au cours de la campagne agricole 2017-2018, soit un taux d'accroissement de 14%. Elle joue un rôle important aussi bien dans les systèmes de production agricole que dans l'alimentation des populations et les échanges commerciaux. La transformation artisanale de l'arachide en huile d'arachide et en galettes est de loin la plus répandue et elle est surtout assurée par les femmes

rurales depuis des décennies. Ces femmes font face à un certain nombre de problèmes majeurs que sont : (a) la nature rudimentaire des équipements de transformation ; (b) le faible niveau de rendement d'extraction ; (c) le caractère manuel du processus de transformation. A cela il faudra ajouter la concurrence déloyale à laquelle fait face l'huile d'arachide sur le marché national du fait de l'importation d'une quantité importante d'huile végétale de qualité douteuse et de la contrefaçon (mélange de l'huile d'arachide locale avec de l'huile importée).

Aujourd'hui que le Gouvernement du Bénin a inscrit dans son plan stratégique de développement du secteur agricole (PSDSA 2017-2025) l'arachide notamment son sous-produit (huile d'arachide), il est important d'analyser l'efficacité des unités de transformation actuelle afin de formuler des recommandations pertinentes pour l'amélioration des performances de ce sous-secteur. A ce jour, aucune étude empirique n'a été entreprise pour déterminer l'efficacité des unités de transformation de l'arachide en huile d'arachide et en galettes au Bénin. Pourtant une telle étude est indispensable pour fournir aux transformatrices un moyen de prendre des décisions plus éclairées en matière de planification de la production et aux autorités en charge du sous-secteur l'évaluation de la compétitivité des unités de transformations afin de mettre en place les réformes les plus appropriées.

Le but de cet article est donc d'évaluer empiriquement l'efficacité des unités de transformation de l'arachide en utilisant la méthode DEA (Data Envelopment Analysis). La mesure et l'analyse de l'efficacité permettront aux transformatrices de faire des comparaisons d'efficacité et de fournir aux décideurs nationaux un outil de gestion important pour prendre des décisions éclairées.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE

La présente étude a été réalisée dans la Commune de Covè située au Centre du Bénin, assez connue dans l'artisanat agroalimentaire à base d'arachide. Nous avons utilisé le recensement effectué en 2014 par la référence [1] dans toute la région d'Agonli regroupant les communes de Covè, Za-kpota et de Zangnanado. Dans ces Communes, 373 unités de transformations individuelles et 11 unités de transformation de groupe ont été recensées. Dans la Commune de Covè seule, il a été dénombré 141 unités de transformation de l'arachide en huile d'arachide et en galettes communément appelées kluiklui. En appliquant un taux d'échantillonnage de 85%, nous avons sélectionné dans le cadre de notre étude, 120 unités de transformation d'arachide.

2.2 METHODE DE COLLECTE DE DONNÉES

Un questionnaire a été conçu, testé puis administré aux 120 unités de transformation de l'arachide dans la Commune de Covè. Des données relatives aux quantités et aux prix des intrants utilisés notamment l'arachide, les épices, l'eau et le bois de chauffe, ont été collectées. Il en est de même de la quantité et du coût de la main-d'œuvre sur tout le processus de transformation notamment le tri des graines d'arachide, la torréfaction, le depelliculage, le vannage, la monture, le malaxage, l'extraction de l'huile et la préparation des galettes communément appelées kluiklui.

2.3 METHODE D'ESTIMATION DE L'EFFICACITÉ

La productivité d'une entreprise peut être mesurée en comparant son volume de production réel avec une frontière de production. Dans la littérature, il existe deux approches principales pour estimer la frontière et mesurer l'efficacité [2]:

- L'approche paramétrique également appelé l'approche économétrique qui contient trois méthodes principales: (a) la méthode basée sur la frontière stochastique (en anglais Stochastic Frontier Approach – SFA) développé par [3] et [4] ; (b) la méthode basée sur la frontière épaisse (en anglais Tick Frontier Approach -TFA) [5]; et (c) la méthode basée sur la frontière libre (en anglais Distribution-Free Approach - DFA) [6].
- L'approche non paramétrique également appelé l'approche de la programmation mathématique contient deux méthodes : (a) le Free Disposable Hull (FDH) [7]; (b) et le Data Envelopment Analysis (DEA)

La technique de frontière non paramétrique la plus utilisée est le DEA (Data Envelopment Analysis ou DEA). Cette méthode ne fait pas d'hypothèses sur la forme de la fonction de production. Elle évalue à partir d'un programme linéaire, l'efficacité relative des unités de prise de décision, les DMU (Décision Making Unit). Cette méthode a été initialement développée par [8] à partir des travaux antérieurs de [9]. Deux principales tendances dominent cette méthode: (1) le modèle CCR développé par la référence [8] qui consiste à maximiser le ratio output pondéré sur input pondéré ; (2) et le modèle BCC développé par la

référence [9] qui, contrairement au modèle CCR, admet des rendements d'échelle variables. Le second modèle permet d'estimer les coefficients d'efficacité technique purs.

Les études existantes sur l'efficacité technique dans le secteur agricole au Bénin ont pour la plupart utilisées les méthodes paramétriques traditionnelles basées sur l'Analyse des frontières de production stochastiques. On peut citer entre autres, les références [11], [12], [13], [14], [15] et [16]. L'Approche DEA a été rarement utilisée dans l'analyse de l'efficacité dans le secteur agricole. La référence [17] cependant l'a utilisé pour analyser l'efficacité des hôpitaux de zone au Bénin. La référence [18] l'a également utilisé pour analyser l'efficacité des ports en Afrique de l'Ouest (y compris le Bénin).

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé la méthode DEA pour analyser l'efficacité techniques des unités de transformation de l'arachide. Les différentes formulations du modèle dépendent des hypothèses sous-jacentes. On peut distinguer :

- Le modèle DEA sous l'hypothèse de rendement d'échelle constant lorsque toutes les organisations ont atteint leur taille optimale, c'est-à-dire qu'elles doivent se trouver dans un contexte de concurrence pure et parfaite ;
- Le modèle DEA sous l'hypothèse de rendement d'échelle variable lorsque toutes les organisations n'ont pas atteint leur taille optimale, donc sont dans un contexte de concurrence imparfaite.

Selon la référence [18], un modèle DEA peut être orienté vers les inputs ou vers les outputs :

- Dans une orientation input, le modèle DEA minimise les inputs pour un niveau donné d'outputs; autrement dit, il indique de combien une organisation peut réduire ses inputs tout en produisant le même niveau d'outputs.
- Dans une orientation output, le modèle DEA maximise les outputs pour un niveau donné d'inputs. Autrement dit, il indique de combien une organisation peut augmenter ses outputs avec le même niveau d'inputs.

Nous allons utiliser pour la présente étude, le modèle DEA sous l'hypothèse de rendement d'échelle variable à orientation input [18]. En désignant par :

- z_{rk} , la quantité de l'output r produit par l'unité de transformation k ;
- q_{ik} , la quantité de l'input i consommée par l'unité de transformation k ;
- u_r est le poids de l'output r ;
- v_i est le poids de l'input i ;
- n , le nombre d'unité de transformations à être évaluées ;
- s , le nombre d'outputs ;
- m , le nombre d'inputs ;
- s_r et s_i , les slacks.

▪ *Equation primale :*

$$\begin{aligned} \text{Maximiser} \quad & \sum_{r=1}^s u_r z_{rk} + c_k \\ \text{Sous contraintes :} \quad & \sum_{i=1}^m v_i q_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r z_{rj} - c_k \geq 0 \quad j=1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i q_{ik} = 1 \\ & u_r, v_i > 0 \quad \forall r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

▪ *Equation duale avec Slacks :*

$$\begin{aligned} \text{Minimiser} \quad & \theta_k - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i \\ \text{Sous contraintes} \quad & z_{rk} - \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{rj} + s_r = 0 \quad r = 1, \dots, s \\ & \theta_k q_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j q_{ij} - s_i = 0 \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j, s_r, s_i \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Nous avons utilisé le logiciel Win4DEAP pour tourner le modèle.

3 DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON

L'analyse de l'échantillon montre l'existence d'une dispersion entre les unités de transformation d'arachide enquêtées en ce qui concerne les variables retenues notamment la quantité de graine d'arachide utilisée (nombre de sacs de 100 kg), la quantité d'eau utilisée (nombre de bassine d'eau utilisée), la quantité d'épices utilisée (nombre de kg), la quantité de bois utilisée (nombre de bâchés) et la quantité de main-d'œuvre utilisée (en homme-jour). Le même constat s'observe au niveau de la quantité d'huile d'arachide (exprimée en nombre de litres) et la quantité de kluiklui produite (nombre de tas de quarante unités). Cela traduit l'existence d'une relation entre la quantité d'inputs utilisée et la quantité d'output obtenue. La disparité entre les unités de transformation est le reflet de l'écart de dotation en moyens de production. Etant toutes de la même commune, cela traduit quelque part, l'inégal accès aux ressources productives.

Tableau 1. *Statistiques des inputs et outputs entrants dans le processus d'évaluation des unités de transformation*

Variables input et output	Quantité de graine d'arachide transformée	Quantité d'eau utilisée	Quantité d'épices utilisées	Quantité de bois-énergie utilisée	Quantité de main-d'œuvre utilisée	Quantité d'huile d'arachide produite	Quantité de kluiklui produite
Maximum	96,00	768,00	156,00	24,00	2151,00	2784,00	12585,00
Minimum	8,00	64,00	9,00	2,00	31,00	216,00	978,00
Moyenne	55,18	439,99	72,24	13,77	510,10	1456,03	6714,63
Ecart-Type	22,75	183,99	30,31	5,73	404,63	617,76	2805,26

Source : Nos propres estimations, 2018

L'analyse des coefficients de corrélation entre les quantités d'inputs et d'outputs montre qu'à l'exception de la main-d'œuvre, il y a forte corrélation (supérieur ou égal à 0,974) entre les différents inputs utilisés pour la transformation de l'arachide. Cela traduit l'existence d'une certaine proportionnalité dans les quantités utilisées. La corrélation entre la quantité de main-d'œuvre utilisée et toutes les autres variables (inputs et outputs) est moins forte (entre 0,694 et 0,734), preuve que dans les unités de transformation étudiées, la main-d'œuvre bien que nécessaire et indispensable est relativement moins déterminante dans la transformation de l'arachide.

Tableau 2. *Coefficients de corrélation entre les variables utilisées*

	QT de graine d'arachide	QT d'Eau	QT d'Epices	QT de Bois-énergie	QT de Main-d'œuvre	QT d'Huile d'arachide	QT de Galettes (kluiklui)
QT de graine d'arachide	1,000	0,997	0,975	0,998	0,733	0,983	0,969
QT d'Eau	0,997	1,000	0,972	0,995	0,731	0,979	0,968
QT d'Epices	0,975	0,972	1,000	0,974	0,734	0,962	0,947
QT de Bois-énergie	0,998	0,995	0,974	1,000	0,733	0,981	0,968
QT de Main-d'œuvre	0,733	0,731	0,734	0,733	1,000	0,720	0,694
QT d'Huile d'arachide	0,983	0,979	0,962	0,981	0,720	1,000	0,956
QT de Galettes (kluiklui)	0,969	0,968	0,947	0,968	0,694	0,956	1,000

QD = Quantité de

Source : Nos propres estimations, 2018

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 LES TENDANCES GLOBALES

Les résultats du modèle sont présentés dans l'Annexe 1. La première colonne du tableau présente les unités de transformations d'arachide. La deuxième colonne présente les scores d'efficacité générés par le modèle sous l'hypothèse de rendement d'échelle constants (CRSTE - Constant Returns to Scale Technical Efficiency) encore appelé efficacité totale qui se décompose elle-même en deux autres types d'efficacité : une efficacité pure qui est une efficacité sous hypothèse de rendements d'échelle variable (VRSTE - Variable Returns to Scale Technical Efficiency) présentée dans la troisième colonne et une efficacité d'échelle (SCALE - Scale Efficiency) présentée dans la quatrième colonne. Le type de rendements d'échelle (IRS, DRS ou un tiret) est présenté dans la dernière colonne : Les unités de transformation associées avec IRS évoluent dans une situation de rendements d'échelle croissants (économies d'échelle) ; celles associées avec DRS évoluent dans une situation de

rendements d'échelle décroissants (déséconomies d'échelle); et enfin celles qui sont associées avec un tiret évoluent dans une situation de rendements d'échelle constants ; elles opèrent à leur taille optimale.

En moyenne, les unités de transformation étudiées ont obtenues les scores d'efficience suivants :

- 91,4% pour CRSTE : au total, les unités de transformation étudiées peuvent réduire tous leurs inputs de 8,6% tout en produisant les mêmes quantités d'outputs (huile d'arachide et kluiklui).
- 92,4% pour VRSTE : une meilleure gestion des unités de transformation permet de réduire la consommation d'inputs de 7,6% tout en produisant les mêmes quantités d'outputs (huile d'arachide et kluiklui).
- 99,1% pour SCALE : en ajustant leur taille, les unités de transformation peuvent réduire leurs inputs de 3,6% tout en produisant les mêmes quantités d'outputs (huile d'arachide et kluiklui).

Bien que l'efficience totale moyenne soit relativement élevée, elle cache de profondes disparités entre les différentes unités de transformation. Afin de faciliter une meilleure compréhension de la situation, nous avons regroupé les efficacités totales pures calculées dans le tableau 3. Les résultats montrent que sur les 120 unités de transformation étudiées :

- 27 unités de transformation (soit 23%) sont efficaces ;
- 55 unités de transformation (soit 46%) ont un score d'efficience supérieur à 90% et inférieur à 100%.
- 38 unités de transformation (soit 31%) ont un score d'efficience inférieur à 90%.

Tableau 3. Répartition des unités de transformations en fonction de leurs scores d'efficience

Score d'efficience	Nombre d'unités de transformation
Egal à 100%	27
≥ 90% et < 100%	55
≥ 80% et < 90%	37
≥ 75% et < 80%	1

Source : Nos propres estimations

4.2 ANALYSE DES UNITES DE TRANSFORMATION EVOLUANT DANS UNE SITUATION DE RENDEMENTS D'ECHELLE CROISSANTS (ECONOMIES D'ECHELLE)

Au total, 30% des unités de transformation étudiées se trouvent dans une situation d'économies d'échelle. Une variation dans la production d'output de 1% implique une variation dans la consommation d'input de moins de 1%.

L'exemple pour illustrer ce cas est l'unité de transformation 31 qui a une efficience pure de 90,8% et une efficience d'échelle de 98,8%. Elle évolue dans une situation de rendements d'échelle croissants (IRS). En améliorant la manière dont l'unité de transformation est gérée, 9,2% (100 %–90,8%) des inputs peuvent être économisés. En ajustant la taille de l'unité de transformation, la consommation d'inputs peut être réduite de 1,2% (100%–98,8%).

CAS TYPIQUE DE L'UNITÉ DE TRANSFORMATION 31

Pour produire 832 litres d'arachide et 4067 tas de quarante unités de galettes communément appelé kluiklui, l'unité de transformation 31 a utilisé 32 sacs de grain d'arachide de 100 kg, 256 bassines (30 litres) d'eau, 41 unités d'épices, 8 bâchés de bois-énergies et 232 hommes-jours de travail. Cependant, l'unité de transformation 31 pourrait produire la même quantité d'outputs avec moins d'inputs par rapport aux quantités de départ (colonne « radial movement ») :

- 29,054 sacs d'arachide au lieu de 32,
- 232,43 bassines d'eau au lieu de 356,
- 36,32 unités d'épices au lieu de 41,
- 7,263 bâchés de bois-énergie au lieu de 8,
- 210,64 hommes-jour au lieu de 232.

A l'exception de l'input épices pour lequel il a été identifié un slack de 0,906, la réduction des autres inputs correspond à 9,2% de leurs valeurs d'origine. Pour que l'unité de transformation 31 soit efficace, la quantité d'épices utilisées doit non seulement être réduite de 3,775 (colonne « radial movement », soit 9,2%) mais également de 0,906 unité additionnelle (colonne « slack movement », soit 2,2%). Au total, l'unité de transformation 31 doit réduire la quantité d'épices utilisées 4,681 unités pour être efficace. Cela représente 11,4 %.

Pour améliorer sa performance, l'unité de transformation 31 doit analyser les pratiques des unités de transformation 1, 6, 17 et 26 qui sont identifiées comme ses pairs de référence ou benchmark, c'est-à-dire des unités de transformation ayant une efficacité pure de 100%. En prenant en compte, le poids lambda associé à chaque pair, l'unité de transformation 31 devrait analyser les best practice d'une unité de transformation formée par :

- 46,2% de l'unité de transformation 6,
- 40,8% de l'unité de transformation 26,
- 7,3% de l'unité de transformation 17
- 5,7% de l'unité de transformation 1.

Comme une telle unité de transformation n'existe pas, l'unité de transformation 31 devrait concentrer son analyse de best practice sur les deux unités de transformation ayant les valeurs lambda les plus élevées notamment les unités de transformation 6 et 26.

4.3 ANALYSE DES UNITES DE TRANSFORMATION EVOLUANT DANS UNE SITUATION DE RENDEMENTS D'ECHELLE DECROISSANTS (DES ECONOMIES D'ECHELLE)

Au total, 35% des unités de transformation étudiées se trouvent dans une situation de déséconomies d'échelle. Une variation dans la production d'output de 1% implique une variation dans la consommation d'input de plus de 1%.

L'exemple pour illustrer ce cas est l'unité de transformation 28 qui a une efficacité pure de 89,7% et une efficacité d'échelle de 99,1%. Elle évolue dans une situation de rendements d'échelle décroissants (DRS). En améliorant la manière dont l'unité de transformation est gérée, 10,3% (100 % – 89,7%) des inputs peuvent être économisés. En ajustant la taille de l'unité de transformation, la consommation d'inputs peut être réduite de 0,9% (100% – 99,1%).

CAS TYPIQUE DE L'UNITÉ DE TRANSFORMATION 28

Pour produire 1664 litres d'arachide et 7962 tas de quarante unités de galettes communément appelé kluiklui, l'unité de transformation 28 a utilisé 64 sacs de grain d'arachide de 100 kg, 512 bassines (30 litres) d'eau, 89 unités d'épices, 16 bâchés de bois-énergies et 424 hommes-jours de travail. Cependant, l'unité de transformation 28 pourrait produire la même quantité d'outputs avec moins d'inputs par rapport aux quantités de départ (colonne « radial movement ») :

- 57,434 sacs d'arachide au lieu de 64,
- 459,471 bassines d'eau au lieu de 512,
- 74,753 unités d'épices au lieu de 89,
- 14,358 bâchés de bois-énergie au lieu de 16,
- 380,50 hommes-jour au lieu de 424.

A l'exception de l'input épices pour lequel il a été identifié un slack de 5,116, la réduction des autres inputs correspond à 10,3% de leurs valeurs d'origine. Pour que l'unité de transformation 28 soit efficace, la quantité d'épices utilisées doit non seulement être réduite de 9,131 (colonne « radial movement », soit 10,3%) mais également de 5,116 unité additionnelle (colonne « slack movement », soit 5,3%). Au total, l'unité de transformation 28 doit réduire la quantité d'épices utilisées 14,247 unités pour être efficace. Cela représente 16%.

Pour améliorer sa performance, l'unité de transformation 28 doit analyser les pratiques des unités de transformation 14, 17, 22 et 34 qui sont identifiées comme ses pairs de référence ou benchmark, c'est-à-dire des unités de transformation ayant une efficacité pure de 100%. En prenant en compte, le poids lambda associé à chaque pair, l'unité de transformation 28 devrait analyser les best practice d'une unité de transformation formée par :

- 14,8% de l'unité de transformation 14,
- 22,4% de l'unité de transformation 17,
- 14,7% de l'unité de transformation 22,
- Et 48,2% de l'unité de transformation 34.

Comme une telle unité de transformation n'existe pas, l'unité de transformation 28 devrait concentrer son analyse de best practice sur l'unité de transformation ayant la valeur lambda la plus élevée notamment l'unité de transformation 34.

4.4 ANALYSE D'UNE UNITÉ DE TRANSFORMATION EVOLUANT DANS UNE SITUATION DE RENDEMENTS D'ECHELLE CONSTANTS

Au total, 35% des unités de transformation étudiées se trouvent dans une situation de rendements d'échelle constants. Une variation dans la production d'output de 1% implique une variation dans la consommation d'input de 1%.

L'exemple pour illustrer ce cas est l'unité de transformation 109 qui a une efficacité pure de 86,7% et une efficacité d'échelle de 100%. Elle évolue dans une situation de rendements d'échelle constants, donc opère à sa taille optimale. En améliorant la manière dont l'unité de transformation est gérée, 13,3% (100 % – 86,7%) des inputs peuvent être économisés.

CAS TYPIQUE DE L'UNITÉ DE TRANSFORMATION 109

Pour produire 1560 litres d'arachide et 6721 tas de quarante unités de galettes communément appelé kluiklui, l'unité de transformation 109 a utilisé 60 sacs de grain d'arachide de 100 kg, 480 bassines (30 litres) d'eau, 85 unités d'épices, 15 bâchés de bois-énergies et 364 hommes-jours de travail. Cependant, l'unité de transformation 109 pourrait produire la même quantité d'outputs avec moins d'inputs par rapport aux quantités de départ (colonne « radial movement ») :

- 52 sacs d'arachide au lieu de 60,
- 416 bassines d'eau au lieu de 480,
- 64 unités d'épices au lieu de 85,
- 13 bâchés de bois-énergie au lieu de 15,
- 280 hommes-jour au lieu de 364.

A l'exception de l'input épices pour lequel il a été identifié un slack de 9,667 et de la main-d'œuvre ou un slack de 35,467 a été également identifié, la réduction des autres inputs correspond à 13,3% de leurs valeurs d'origine. Pour que l'unité de transformation 109 soit efficiente :

- La quantité d'épices utilisées doit non seulement être réduite de 11,333 (colonne « radial movement », soit 13,3%) mais également de 9,667 unité additionnelle (colonne « slack movement », soit 11,37%). Au total, l'unité de transformation 109 doit réduire la quantité d'épices utilisées 21 unités pour être efficiente. Cela représente 24,7%.
- La quantité de main-d'œuvre utilisées doit non seulement être réduite de 48,533 (colonne « radial movement », soit 13,3%) mais également de 35,467 unité additionnelle (colonne « slack movement », soit 9,74%). Au total, l'unité de transformation 109 doit réduire la quantité de main-d'œuvre utilisée de 84 unités pour être efficiente. Cela représente 23,08%.

Pour améliorer sa performance, l'unité de transformation 109 doit analyser les pratiques de l'unité de transformation 22 qui est identifiée comme sa pair de référence ou benchmark, c'est-à-dire l'unité de transformation ayant une efficacité pure de 100%.

5 CONCLUSION

Les résultats de la présente étude montrent clairement que près de ¾ des unités de transformation d'arachide de la Commune de Covè sont inefficaces. Leur efficacité peut être améliorée soit en renforçant les capacités des unités de transformation ou soit en améliorant le management. L'étude a aussi montré que les épices utilisées dans la transformation, pratiques propres à cette région, ont une grande influence sur l'efficacité des unités de transformation. Il sera intéressant d'approfondir cette étude en analysant les facteurs de l'environnement de production susceptibles d'influencer l'efficacité des unités de transformation d'arachide dans la Commune de Covè.

REFERENCES

- [1] MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche), 2014. Etude sur chaînes de valeurs, emploi des femmes et indications géographiques : Cas du gari, de l'huile d'arachide et des galettes kluiklui dans les communes de Covè, de Zankpota, Savalou et de Zangnanado. Rapport d'étude, 53 p.
- [2] Bilel, J., B. Abdelfettah, 2013. A theoretical Assessment on Optimal Asset Allocations in Insurance Industry. *International Journal of Finance & Banking Studies*. Vol.2 No.4, 2013 ISSN: 2147-4486.
- [3] Aigner, D.J., Lovell, C.A.K., P. Schmidt, 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, *Journal of Econometrics* 6(1): 21-37.
- [4] Meeusen, W., J. van Den Broeck, 1977. Efficiency estimation from Cobb Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*. 18 (2) 435-444.
- [5] Berger, A. N., D.B. Humphrey, 1992. Megamergers in banking and the use of cost efficiency as an antitrust defense, *Antitrust Bulletin*, 37, 541-600, 1992.
- [6] Ryan, Jr., H. E., C. D. Schellhorn, 2000. Life Insurer Cost Efficiency Before and After Implementation of the NAIC Risk-Based Capital Standards. *Journal of Insurance Regulation* 18 (3), 362–384.
- [7] Deprins, D., H Tulkens, 1984. "Measuring Labour Efficiency in Post Offices." in Marchand M. and H. Tulkens (eds.) *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement* North-Holland: 243-267.
- [8] Charnes, A., Cooper, W. W., E. Rhodes, 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 2 (4) 429 - 444.
- [9] Farrell, M. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. 120 (3) 253-281.
- [10] Banker, R. D., Charnes, A., W. W. Cooper, 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies, *Management Science* 39, 1078-1092.
- [11] Kpenavoun, S. C., Gandonou E., N. Fiogbe, 2017. Mesure de l'efficacité des petits producteurs d'ananas au Bénin. *Cah. Agric.* 2017, 26, 25004.
- [12] Kpenavoun, C.S., Gandonou E., Adegbidi A., E. Abokini, 2017. Mesure et déterminants de l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5): 2194-2208, October 2017.
- [13] Toléba, S. M., Biaoou G., Zannou A., A. Saïdou, 2016. Évaluation du niveau d'efficacité technique des systèmes de production à base de maïs au Bénin: *European Scientific Journal*, 12 (27) (2016), pp. 276-299, 10.19044/esj.2016.v12n27p276.
- [14] Arouna, A. 2009. Domestic and Agricultural Water Use by Rural Households in the Oueme River Basin (Benin): An Economic Analysis Using Recent Econometric Approaches. PhD dissertation. University of Hohenheim. 136 p.
- [15] Huguenin, J-M. 2013. Data Envelopment Analysis (DEA) : Un guide pédagogique à l'intention des décideurs dans le secteur public. IDHEAP – Cahier 278/2013. Chaire Finances publiques.
- [16] Fawaz, A., A. Adéchinan, 2018. Efficacité Technique des Petits Producteurs du Maïs au Bénin. *European Scientific Journal* July 2018 edition Vol.14, No.19 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [17] Kirigia, J. M., Mensah, O. A., Mwikisa, C. N, Asbu, E. Z., Emrouznejad, A., Makoudode, P., A. Hounnankan, 2010. Technical efficiency of zone hospitals in Benin. *Afr. Health Monit.* 2010; 12:30–9.
- [18] van Dyck, G. K. 2015. Assessment of Port Efficiency in West Africa Using Data Envelopment Analysis. *American Journal of Industrial and Business Management*, 2015, 5, 208-218 Published Online April 2015 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/ajibm> <http://dx.doi.org/10.4236/ajibm.2015.54023>.

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DU MODÈLE

Unité de transformation d'arachide	CRSTE	VRSTE	SCALE	Type de rendements d'échelle	Unité de transformation d'arachide	CRSTE	VRSTE	SCALE	Type de rendements d'échelle
DMU1	1,000	1,000	1,000		DMU61	1,000	1,000	1,000	
DMU2	1,000	1,000	1,000		DMU62	0,847	0,851	0,996	DRS
DMU3	0,988	0,990	0,998	IRS	DMU63	0,953	0,964	0,988	IRS
DMU4	0,941	1,000	0,941	DRS	DMU64	0,900	0,904	0,996	DRS
DMU5	0,978	0,984	0,994	IRS	DMU65	0,881	0,913	0,964	DRS
DMU6	1,000	1,000	1,000		DMU66	0,900	0,900	1,000	
DMU7	1,000	1,000	1,000		DMU67	0,933	0,955	0,978	DRS
DMU8	0,970	0,977	0,993	DRS	DMU68	0,948	0,949	0,998	IRS
DMU9	0,943	0,952	0,990	DRS	DMU69	0,967	0,967	1,000	
DMU10	1,000	1,000	1,000		DMU70	0,967	0,967	1,000	
DMU11	1,000	1,000	1,000		DMU71	1,000	1,000	1,000	
DMU12	0,920	0,923	0,996	DRS	DMU72	0,933	0,933	1,000	
DMU13	0,913	0,924	0,988	IRS	DMU73	0,845	0,847	0,998	IRS
DMU14	1,000	1,000	1,000		DMU74	0,967	1,000	0,967	DRS
DMU15	0,912	0,916	0,996	IRS	DMU75	0,820	0,888	0,924	DRS
DMU16	1,000	1,000	1,000		DMU76	0,900	0,906	0,993	IRS
DMU17	1,000	1,000	1,000		DMU77	0,953	1,000	0,953	DRS
DMU18	1,000	1,000	1,000		DMU78	0,933	0,933	1,000	
DMU19	1,000	1,000	1,000		DMU79	0,967	0,967	1,000	
DMU20	0,908	0,913	0,995	IRS	DMU80	0,900	0,900	1,000	
DMU21	1,000	1,000	1,000		DMU81	1,000	1,000	1,000	
DMU22	1,000	1,000	1,000		DMU82	0,902	1,000	0,902	DRS
DMU23	0,909	0,940	0,967	DRS	DMU83	0,973	0,976	0,997	DRS
DMU24	0,879	0,886	0,992	DRS	DMU84	0,933	0,955	0,977	IRS
DMU25	1,000	1,000	1,000		DMU85	0,787	0,798	0,986	DRS
DMU26	1,000	1,000	1,000		DMU86	0,839	0,840	0,999	IRS
DMU27	0,940	0,951	0,989	IRS	DMU87	0,952	0,955	0,997	DRS
DMU28	0,889	0,897	0,991	DRS	DMU88	0,872	0,872	1,000	
DMU29	0,933	0,980	0,953	DRS	DMU89	1,000	1,000	1,000	
DMU30	0,940	0,951	0,988	DRS	DMU90	0,967	0,981	0,986	DRS
DMU31	0,897	0,908	0,988	IRS	DMU91	0,833	0,833	1,000	
DMU32	0,941	0,941	1,000		DMU92	0,833	0,833	1,000	
DMU33	0,927	0,928	0,999	IRS	DMU93	0,833	0,833	1,000	
DMU34	1,000	1,000	1,000		DMU94	0,930	0,930	1,000	
DMU35	0,805	0,904	0,891	IRS	DMU95	0,814	0,825	0,986	IRS
DMU36	0,905	0,910	0,994	DRS	DMU96	0,910	0,911	0,999	IRS
DMU37	0,831	0,837	0,993	IRS	DMU97	0,790	0,805	0,980	IRS
DMU38	0,892	0,893	0,998	DRS	DMU98	0,900	0,907	0,993	DRS
DMU39	0,933	0,941	0,992	DRS	DMU99	0,929	0,929	1,000	
DMU40	0,848	0,855	0,992	IRS	DMU100	0,833	0,833	1,000	
DMU41	0,883	0,886	0,997	IRS	DMU101	0,804	0,805	1,000	
DMU42	0,859	0,864	0,994	IRS	DMU102	1,000	1,000	1,000	
DMU43	0,867	0,873	0,993	IRS	DMU103	0,833	0,839	0,994	IRS
DMU44	0,837	0,855	0,979	IRS	DMU104	0,867	0,882	0,983	IRS
DMU45	0,967	0,968	0,999	IRS	DMU105	0,800	0,800	1,000	
DMU46	0,953	1,000	0,953	DRS	DMU106	0,900	0,923	0,975	DRS
DMU47	0,897	0,969	0,926	DRS	DMU107	0,933	0,936	0,997	IRS

DMU48	0,920	0,922	0,998	IRS	DMU108	0,900	0,905	0,994	DRS
DMU49	0,885	0,892	0,992	IRS	DMU109	0,867	0,867	1,000	
DMU50	0,900	0,900	1,000		DMU110	0,900	0,911	0,988	DRS
DMU51	0,795	0,800	0,994	DRS	DMU111	0,833	0,836	0,997	DRS
DMU52	0,831	0,857	0,969	IRS	DMU112	0,800	0,818	0,978	DRS
DMU53	0,930	0,936	0,994	IRS	DMU113	0,814	0,816	0,998	DRS
DMU54	0,923	0,923	1,000		DMU114	0,833	0,863	0,965	DRS
DMU55	0,841	0,856	0,983	IRS	DMU115	0,900	0,906	0,994	DRS
DMU56	0,891	0,899	0,991	DRS	DMU116	0,867	0,871	0,995	IRS
DMU57	0,920	0,926	0,993	IRS	DMU117	0,900	0,919	0,979	DRS
DMU58	0,918	0,963	0,954	DRS	DMU118	0,849	0,852	0,997	DRS
DMU59	0,967	0,967	0,967	DRS	DMU119	1,000	1,000	1,000	
DMU60	0,903	0,906	0,996	DRS	DMU120	0,870	0,872	0,998	IRS
					Moyenne	0,914	0,924	0,991	

DMU = Décision Making Unit

IRS = Increasing Returns to Scale

Drs = Decreasing Returns to Scale

Enseignement-Apprentissage de la notion de chaleur par l'approche par compétence

[Teaching-Learning of heat notion by skill approach]

Alphonse Djesse MAMBU TUFUKAMA

Département de Physique, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale (UPN), BP 8815, Kinshasa / Ngaliema,
RD Congo

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

ABSTRACT: Teaching physics in the DRC (Democratic Republic of Congo) basic to the PPO (Pedagogy by objective) with a focus on what the learner needs to know at the end of the lesson. In this literature, we try to renovate this teaching by putting a focus of problem based learning by the APC (Approach by competence). This approach allows the learner :

- to improve the assimilation of the learned concepts and to concretize them by concrete realizations;
- to mobilize the resources.
- to develop the competences.

On this we propose some lessons on the heat with a new methodological structure.

Somme schools in the DR Congo have been successful because the APC has significantly improved the overall performance of even the weakest learners.

KEYWORDS: lesson, resources, molecules, knowledge, learner.

RÉSUMÉ: L'enseignement de la Physique en République Démocratique du Congo (RDC), se base sur la Pédagogie Par Objectif (PPO) avec un accent sur ce que l'apprenant doit savoir à la fin de la leçon.

Dans cette littérature, nous tentons rénover cet enseignement en mettant un accent sur l'apprentissage par la mise de l'apprenant en situation-problème par l'Approche Par Compétence (APC).

Cette approche permet à l'apprenant :

- d'améliorer l'assimilation des notions apprises et de les concrétiser par des réalisations concrètes.
- de mobiliser les ressources.
- de développer les compétences.

Sur ce, nous proposons quelques leçons sur la chaleur avec une nouvelle structure méthodologique.

Une expérimentation dans quelques écoles de la RD Congo a porté du bon fruit car l'APC a amélioré significativement les performances globales des apprenants même les plus faibles.

MOTS-CLEFS: leçon, ressources, molécules, savoir, apprenant.

1 INTRODUCTION

La pédagogie traditionnelle, utilisée dans les écoles de la République Démocratique du Congo (RDC), met l'accent sur une dimension de la relation pédagogique : *enseignement*. En exploitant la Pédagogie Par Objectif (PPO), les contenus des leçons sont conçus et construits, au préalable, par l'enseignant avec comme question principale : *que doit savoir l'apprenant à la fin de la leçon ?*

Mais l'enseignement doit être lié à son corollaire *apprentissage* pour permettre à l'apprenant de concrétiser les notions théoriques apprises et les exploiter dans des réalisations concrètes.

Sur ce, nous nous sommes posés la question suivante :

L'approche Par Compétence (APC), mettant l'apprenant dans une situation problème, ne pourra-t-elle pas rendre celui-ci auteur de la construction de ses propres connaissances, en améliorant l'assimilation des notions ?

En exploitant une nouvelle structure méthodologique mettant l'apprenant dans une situation problème, l'apprenant peut apprendre à construire ses connaissances en améliorant sa compréhension fonctionnelle de la notion sur la chaleur et à devenir compétitif dans la société.

L'objectif de cette étude est d'améliorer l'analyse et l'organisation de la de la matière, de mobiliser les ressources de l'apprenant, de développer ses compétences et de le rendre participatif dans la construction du modèle qualitatif.

2 MATERIEL ET METHODES

Comme méthode, nous avons utilisé l'Approche Par Compétence et un test de diagnostic.

Comme échantillons, nous avons considéré des apprenants de la classe de 4^{ème} scientifique des écoles de la RD Congo.

Comme matériel, nous avons conçu une nouvelle fiche méthodologique de la manière suivante :

Fiche méthodologique

Ecole :

Date :

Classe :

Références bibliographiques :

Matériels didactiques :

a) Introduction

- L'enfant est mis devant une situation déjà rencontrée. Cela lui permet de se rappeler des notions apprises. Il doit réagir et fournir une réponse adaptée.
- L'enfant est mis devant une situation nouvelle qui va l'amener à découvrir la leçon.

b) Développement

b1. Mise en situation :

L'enseignant présente la situation, soit à examiner, soit à analyser, ...

Cette mise en situation aboutit à un questionnement.

Inscription dans le Journal de classe

b2. Activité d'ensemble

Par la méthode interrogative, l'enseignant pose des questions :

- Phase d'action : Les élèves discutent et formulent leur interprétation.
- Phase de validation : ils recourent à l'expérience pour trancher.
- Présentation de l'obstacle à franchir : à partir de ce franchissement, il y aura rupture dans la conception.

b3. Connaissances à mobiliser

L'apprenant parcourt les notions qui seront nécessaires pour une bonne assimilation du sujet à traiter.

b4. Institutionnalisation du savoir :

Par la méthode expositive, l'enseignant intervient en sa qualité du représentant du savoir.

b5. Contrôle des acquis :

Dans le but de consolider l'acquisition de savoirs et de compétences spécifiques, l'enseignant pose des questions relatives à la vie quotidienne pour relier la théorie à la vie pratique et active.

b₆. Activité quantitative :

Dans le but de développer l'aspect quantitatif, l'enseignant, avec le concours des apprenants, cherche à élaborer la formule relative à la notion étudiée.

Les apprenants effectuent les calculs relatifs à la formule établie.

b₇. Pour approfondir davantage :

L'enseignant étale ses connaissances sur le sujet du jour : historique , découverte...pour prolonger le thème dans le but d'augmenter la culture générale.

b₈. Compétences à atteindre :

L'enseignant présente les éléments qui permettront à l'apprenant de lister les savoirs et compétences spécifiques mobilisables dans des activités d'intégration c'est-à-dire ce que l'apprenant sera capable de savoir et savoir-faire à la fin de la leçon.

b₉. Savoir-agir

L'enseignant initie l'apprenant à la fabrication du matériel.

3 DÉVELOPPEMENT

Thème : La Chaleur

Leçon 1

Introduction :

En 3^{ème} année , le cours de physique a répondu aux questions :

- De quoi est constituée la matière ?
- Quand un corps possède-t-il de l'énergie ?
- Comment se comportent les particules de la matière ?

Cependant, il n'a pas tenté de répondre aux questions :

- Comment se comportent les molécules d'un corps chauffé ?
- Que devient l'énergie cinétique de ces molécules sous l'effet de la chaleur ?

C'est en 4^{ème} que nous allons répondre à ces questions.

a. Mise en situation :

Dans la classe de troisième, tu as appris que la matière est faite des molécules et que ces molécules sont en perpétuel mouvement désordonné à l'état normal (phénomène observé par le botaniste anglais Robert Brown en mouvement brownien).

Et dans la vie courante, tu peux observer une série de phénomènes qui sont moins familiers :

- tu frottes les mains et elles deviennent chaudes,
- tu plies et replies une barre de fer et elle devient chaude,
- tu mets la marmite au feu et elle devient chaude, ...

Face à ces phénomènes, tu peux te contenter de regarder, observer et chercher à comprendre ce qui se passe. Tu peux te poser la question :

Que se passe-t-il dans ce corps pour qu'il devienne chaud ?

Consigne : pour répondre à cette question relative à la chaleur et te rendre compte du phénomène observé, tu peux utiliser le modèle microscopique.

b. *Activité d'ensemble*

Démarche expérimentale :

- Phase de validation : les apprenants recourent à l'expérience :
 - . certains apprenants frottent leurs mains,
 - . d'autres plient et replient un fil de fer,
 - . d'autres encore tirent la table le long du pavé,
- Présentation de l'obstacle à franchir : on observe ce qui se passe pendant et à la fin.

c. *Connaissances à mobiliser*

- les modèles moléculaires.
- les équations chimiques

d. *Institutionnalisation du savoir : La chaleur*

L'enseignant intervient en sa qualité du représentant du savoir en physique, pour institutionnaliser le savoir que l'apprenant devra retenir par rapport au savoir qu'il a construit :

A l'état normal, les molécules d'un corps sont en perpétuel mouvement autour de leur position d'équilibre. Chacun des mouvements (rotation, translation, vibration) possède un certain nombre de degré de liberté.

A l'état chauffé, les molécules passent de petites vibrations autour d'une position d'équilibre à des mouvements désordonnés à grande vitesse.

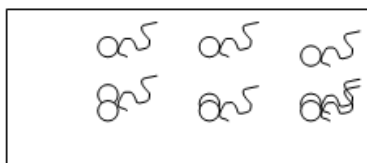


Fig. 1. Molécules en mouvement désordonné

Prise séparément, chaque particule peut avoir des quantités de mouvement de grandeur ou de direction quelconque, si bien que, en ce sens, l'agitation thermique apparaît désordonnée.

Comme le corps se caractérise par une agitation interne des molécules et que celles-ci présentent généralement des vitesses différentes à chaque instant, la détermination de la vitesse moyenne des molécules dans un état donné produit l'énergie cinétique moyenne.

Chaque particule possède une énergie cinétique due à cette agitation et dont la valeur dépend de la particule. Il s'ensuit des chocs des molécules. Lors du choc, l'électron cède une partie de son énergie cinétique à l'atome. Celui-ci oscille avec une amplitude plus grande.

L'énergie cinétique moyenne d'agitation, des molécules augmente la température.

L'énergie cinétique totale de toutes les molécules augmente la chaleur.

La chaleur est conservée dans un calorimètre et dépend de la masse du corps chauffé, de sa nature et de la variation de la température. Elle s'exprime en kilocalorie.

e. *Contrôle des acquis*

1. En quel endroit fait-il plus chaud entre Kinshasa : 30 °C et Matadi : 86 °F ?
2. Existe-t-il un lien entre la chaleur et la température ?

f. Pour en savoir plus (c'est la culture générale liée au thème)

En 1760, l'écossais Joseph BLACK conçut le premier calorimètre. Il calculait la quantité de chaleur mise en jeu d'après le volume de la glace fondue par un corps étudié.

En 1780, LAVOISIER et LAPLACE mesurèrent la chaleur animale en gardant un cobaye enfermé pendant 10 h dans un calorimètre à glace et en effectuant des études sur la chaleur. Ils fondèrent la calorimétrie.

Entre Matadi à 30 °C et Kinshasa 86 °F, la chaleur est la même car une simple conversion de température (de la glace fondante : 0° pour Celsius et 32° pour Fahrenheit et de l'eau bouillante : 100° pour Celsius et 212 pour Fahrenheit. permet de le vérifier).

g. Compétences à atteindre

A la fin de ce chapitre, l'apprenant sera en mesure :

- | | | |
|--|---|--------------|
| - d'expliquer le concept – chaleur, | } | Savoir faire |
| - de décrire ce phénomène | | |
| - d'interpréter les observations conduisant à la notion de chaleur | | |
| - de définir la chaleur, | } | Savoir |
| - de fabriquer un calorimètre | | |
| | } | Savoir agir |
| | | |

Leçon 2

h. Savoir agir

Fabrication d'un calorimètre à partir d'un morceau de PVC, une boîte métallique et des lièges.

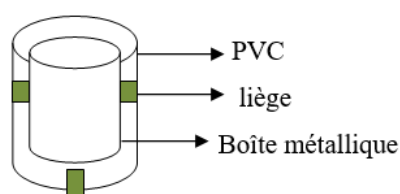


Fig. 2. Un calorimètre de fabrication locale

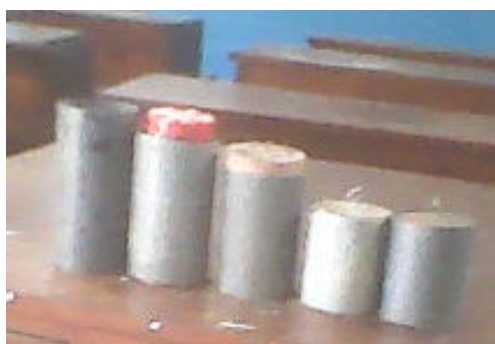


Photo 1 : Calorimètres vus de l'extérieur



Photo 2 : Calorimètres vus de l'intérieur

S/thème 1 : La notion de la quantité de chaleur

Leçon 1

Introduction :

A la première leçon, le cours de physique a répondu aux questions :

- Comment se comportent les molécules d'un corps chauffé ?
- Que devient l'énergie cinétique de ces molécules sous l'effet de la chaleur ?

Cependant, il n'a pas déterminé une relation donnant cette chaleur.

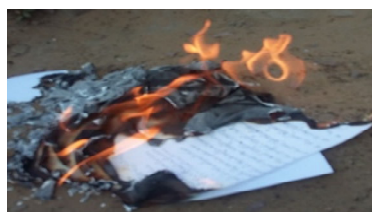
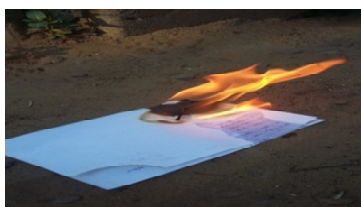
a. Mise en situation :

Puisque l'énergie dépend de la masse et des chocs des particules, il doit y avoir une relation mathématique reliant les composantes. Mais quelle est cette relation ?

b. Activités d'ensemble :

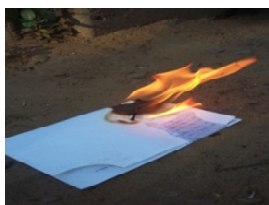
Démarche expérimentale.

- L'élève A brûle 1 papier et l'élève B brûle 10 papiers.



Photos 1-2 : Chaleur produite par 1 papier - 10 papiers brûlés

- L'élève C brûle du papier, l'élève D brûle du bois, l'élève E brûle du pétrole, l'élève F brûle de l'essence et l'élève G brûle du gasoil.



Photos 3-4-5-6 : Chaleur produite par du papier - du bois - du pétrole - de l'essence

- L'élève H plonge sa main gauche dans un bassin d'eau chauffée à 10 °C et la main droite dans un bassin contenant l'eau chauffée à 50 °C.



Photo 7 : Chaleur de l'eau chauffée à 10° C - 50°C

Se poser la question : la chaleur dégagée est-elle la même dans les différents cas ?

Emettre les hypothèses : De quoi dépend cette chaleur ?

Il est à noter que l'hypothèse est une affirmation proposant une réponse à une question posée dans un cadre déterminé. Elle est basée sur les observations et les savoirs.

Pour répondre à cette question, proposer des explications basées sur les observations :

- Hypothèse 1 : la chaleur est la même.
- Hypothèse 2 : La chaleur change selon le corps chauffé.
- Hypothèse 3 : La sensation de chaleur est plus grande d'un côté que l'autre.

Chacune de ces hypothèses sera confirmée ou infirmée en vertu des observations.

Confronter les hypothèses à l'observation.

- La quantité de 10 papiers émet une grande flamme qu'un papier :

l'hypothèse 1 est infirmée.

- La chaleur du bois est différente de celle du papier, à celle de l'essence, à celle du pétrole, :

l'hypothèse 2 est confirmée.

- La main droite a une sensation plus grande que la main gauche. :

l'hypothèse 3 est confirmée.

Quelle relation mathématique peut-on établir entre ces paramètres ?

c. Connaissances à mobiliser :

- Les équations mathématiques du premier degré, le système d'équations
- L'équilibre chimique, le modèle moléculaire,
- La linguistique (conjugaison, vocabulaire) pour le rapport de l'expérience

d. Institutionnalisation du savoir :

La chaleur dépend de la masse du corps chauffé, de sa nature et de la variation de la température. Elle s'exprime en kilocalorie.

- Si on doit tenir compte du récipient (sa capacité calorifique), on ajoute, le produit de sa masse à sa chaleur massique.
- S'il s'agit d'un gaz, on doit tenir compte d'autres paramètres compte tenu de la compressibilité du gaz.

e. Contrôle des acquis

On introduit 5 kg d'eau chauffée à 10°C et 2 kg d'eau chauffée à 50°C dans un récipient, le mélange sera à quelle température ?

Pendant le mélange, la chaleur cédée par un corps sera - elle égale en valeur absolue ou différente à celle gagnée par l'autre.

f. Activités quantitatives

- *Relation arithmétique pour les liquides*

- Si :
- **m** est la masse de la substance brûlée,
 - **c** est le coefficient du facteur qui dépend de la nature de la substance,
 - $\Delta\theta$ la variation de la température,

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

c est appelé *chaleur massique*

Ex : Pour l'eau : $c = 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

Pour le cuivre : $0,09 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

Cette relation permet de calculer la quantité de chaleur échangée par un corps dont la température varie en dehors de tout changement d'état.

Cette chaleur est dite sensible car c'est elle qui est absorbée lors d'une élévation de température et est restituée intégralement lors d'un abaissement de la température.

Lorsque nous introduisons dans un récipient deux liquides aux températures différentes, l'un va céder une quantité de chaleur à l'autre qui va en bénéficier. La quantité cédée (perdue) par l'un est égale, en valeur absolue, à la quantité gagnée par l'autre : on parle du bilan thermique :

$$|Q_p| = |Q_g|$$

- Relation arithmétique pour les gaz

Dans la formule de la quantité de chaleur, la chaleur massique tiendra compte de la pression et du volume :

- à pression constante : c_p
- à volume constant : c_v

La relation entre les chaleurs massiques :

$$c_p - c_v = \frac{R}{M}$$

R est la constante des gaz parfaits = $8,31448 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ M la masse molaire du gaz.

g. Contrôle des acquis

1. En tenant compte de la capacité calorifique du récipient en cuivre de masse 500 g, les valeurs ci-dessus seront-elles augmentées ou réduites ?
2. Sera-t-il de même avec un liquide autre que l'eau ?

h. Pour en savoir plus (c'est la culture générale liée au thème)

Cette chaleur est proportionnelle à la température : en effet, plus la température augmente, plus la chaleur augmente.

Outre les échelles Celsius, Fahrenheit et Réaumur, il y a l'échelle Rankine qui est étalonnée de 491,7 à 671,7.

i. Les compétences à atteindre :

A la fin de ce chapitre, l'apprenant sera en mesure :

- d'établir ses formules
- d'interpréter les observations conduisant
- à la notion de chaleur
- de calculer la quantité de chaleur dégagée



Savoir faire

- de vérifier les hypothèses
- de citer les facteurs de la chaleur



Savoir

Leçon 2

a. Mise en situation

A la leçon précédente, nous avons déterminé les relations arithmétiques relatives à la chaleur.

b. Activités quantitatives

- Relation arithmétique :

- En ce qui concerne les liquides :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

- En ce qui concerne les gaz : $c_p - c_v = \frac{R}{M}$

- Applications numériques liées à la relation

1. Quelle est la température d'équilibre du mélange obtenu entre 500 g d'eau à 10 °C et 200 g d'eau à 50°C ?

Résolution

- Etape 1 : Les données :
 masse 1 : 500 g d'eau $t_1 = 10^\circ\text{C}$
 masse 2 : 200 g d'eau $t_2 = 50^\circ\text{C}$
 chaleur massique de l'eau : $c = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$
- Etape 2 : L'inconnue : température d'équilibre $\theta_{\text{équil}}$
- Etape 3 : Recherche du rapport : la masse 1 gagne de la chaleur : Q_g et la masse 2 en perd : Q_p
- Etape 4 : Calcul : $Q_g = 500 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot (\theta_{\text{équil}} - 10^\circ\text{C})$
 $Q_p = 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} (50^\circ\text{C} - \theta_{\text{équil}})$
 Le bilan thermique : $Q_g = Q_p$
- Etape 5 : Lecture finale : la température d'équilibre est de 21,4 °C.

- Phase expérimentale

- Matériels :
 * calorimètre fabriqué par les apprenants
 * thermomètre
 * balance digitale
- Mode opératoire :
 * chauffer l'eau à 10°C, prélever 50 cl et introduire dans le calorimètre.
 * chauffer l'eau à 50°C, prélever 20 cl et introduire dans le calorimètre.
- Lecture finale : lire la température du mélange.

Applications proposées

2. Quelle masse d'eau à 0° C doit-on ajouter à 700 g d'eau à 20° C pour obtenir de l'eau à 8° C ?

Rép. $m = 1.050 \text{ g}$

3. Quelle est la chaleur dégagée par 1 kg d'eau lorsque la température passe de 10°C à 50°C ?

Rép. $Q = 40 \text{ kcal}$

4. Un calorimètre de cuivre de masse 25 g contient 100 g d'une huile à 8 ° C. On y introduit 200 g de cuivre à 10 ° C . Calculer la chaleur massique de cette huile si la température finale est de 28 ° C ($c_{\text{Cu}} = 0.09 \text{ cal/ g } ^\circ\text{C}$).

Rép. $c = 0,5 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

i. Les compétences à atteindre :

A la fin de ce chapitre, l'apprenant sera en mesure :

- de calculer la quantité de chaleur dégagée

} *Savoir faire*

4 RESULTATS

Nous avons expérimenté cette méthode dans certaines classes de la RD Congo et nous avons obtenu les résultats suivants à un test de diagnostic :

Tableau 1. Résultat global des apprenants avec l'Approche Par Compétence

Effectif	Réussite		Echec		Meilleure note /20		Faible note /20		Moyenne /20	
	Nbre	%	Nbre	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
100	97	97	3	97	17	85	9	45	26,14	65,35

5 DISCUSSION

La discussion s'est focalisée sur la comparaison des résultats avec ceux obtenus pour un test similaire avec l'ancienne méthode : la Pédagogie Par Objectif.

Tableau 2. Résultat global des apprenants par la Pédagogie Par Objectif

Effectif	Réussite		Echec		Meilleure note /20		Faible note /20		Moyenne /20	
	Nbre	%	Nbre	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
100	67	67	33	33	13	65	7	35	10	50

6 CONCLUSION

Les tests effectués dans certaines écoles de la RDC ont prouvé que l'utilisation de l'Approche Par Compétence et l'aspect microscopique améliorent significativement les performances globales des apprenants dans un post test par comparaison avec une communication de l'enseignement magistral.

Les apprenants, entraînés par la nouvelle approche, deviennent capables d'interpréter certains phénomènes et concepts de base. Cette approche rend les apprenants apte à exploiter les acquis de la Physique et à les développer dans la vie pratique avec un savoir agir efficace permettant de répondre aux exigences de la société par une insertion dans la vie active.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les autorités scolaires des écoles de la ville de Matadi qui ont mis à sa disposition les apprenants de leurs écoles. Mes remerciements vont également aux enseignants et aux inspecteurs de l'Enseignement primaire et secondaire pour leur collaboration.

REFERENCES

- [1] ABRE, M. (1999) : Situations-problèmes et savoir scolaire. PUF, Paris, 239p.
- [2] DELARUELLE, A et CLAES, A.I. (1967) Eléments de Physique, éd. Wesmael, Tome 2, Namur p.29.
- [3] DEISS JL (1999), Cours de thermodynamique, ULP, Strasbourg 1.
[http://www.fr.wikipedia.org/Dilatation des solides](http://www.fr.wikipedia.org/Dilatation_des_solides) (consulté le 12/12/2015)
- [4] DERONNE M (2012), L'approche par compétence dans l'enseignement Mémoire de DEA, Université de Mons.
- [5] LECONTRE MOISY, F, (2009), Physique-chimie, Silighim, Paris.
- [6] MAURY, JP et HULIN, M,(1986), Thermodynamique , Armand Colin, Paris, 156p.
- [7] PIRSON P, et all (2003), Chimie , De Boeck, Bruxelles, 264p.
- [8] RABARDES G (1990) Enseigner les sciences physiques à partir des situations-problèmes
- [9] ROBARDET G. (1990) Enseigner les sciences physiques à partir de situations-problèmes, article publié au Bulletin de l'Union des Physiciens n°720, Loi d'Avogadro, 11p.
- [10] ROEGIER X (2008), L'APC en Afrique francophone, BIE-UNESCO, Genève, 31p
- [11] RUFFENAC M, (2009) Les situations problèmes en sciences physiques-Collège : pourquoi enseigner à partir des situations-problèmes ?
- [12] SCALLON G, (2000) L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences.
<http://www.fse.ulavol.cx/gerarlsallon> (18/03/2018)
- [13] Pour l'atome :<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/atome/index.htm>. (avril 2018)
- [14] Pour les gaz parfaits :<http://www.geocitics.com/capecarnaval/9305/gaz.htm> (Avril 2018)
- [15] <http://www.ac-nice.fr/physique/reaction/eqchim/htm> (avril2018)

Formulation et caractérisation physicochimique de la farine infantile composée : Attiéké déshydraté - Amande de cajou

[Formulation and physical chemical characterization of infant flour compound : Attieke - cashew kernel flours]

Salimata KONE¹, Doudjo SORO², and Ernest Kouadio KOFFI¹

¹Université Félix Houphouët Boigny, Unité de Formation et de Recherche de Biosciences, Laboratoire de Biochimie Sciences des Aliments, 01 BP V 34 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, UMRI Sciences des Procédés Chimiques, Alimentaires et Environnementaux, BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Protein and energy deficiencies and mineral deficiencies are public health problems in developing countries. So the aim of this study is to produce formulations of different infant flours in order to contribute to the fight against malnutrition. Formulations are made from attiéké flour and cashew kernel flours (unfermented cashew kernel flour and fermented cashew kernel flours, 10%, 15%, 20%). Different physico-chemical and functional analyzes are carried out. The results showed that the incorporation of the two types of cashew meal into the attiéké flour increases the protein value of the attiéké flour. Protein levels increase proportionally with the incorporation rate. These values range from 7.53g / 100g FAFCNF10 to 10.62g / 100g for formulations with unfermented flour and 8.23g / 100g FAFCF10 to 11.53 g/100g FAFCF20. Other results range from: moisture (3.33 g / 100 g - 4.66 g / 100 g); ashes (1.60 g / 100 g - 3.20 g / 100 g); Fibers (0.57 g / 100 g -3.84 g / 100 g); lipids (0.18 g / 100 g - 6.68 g / 100 g); carbohydrate (91.16 - 74.92); swelling (298.33% - 158%); solubility (23.05 g / 100 g - 31.77 g / 100 g); (523 kcal / 100 g - 378 cal / 100 g). Cashew almond flours significantly improve the nutritional value of attiéké flour.

KEYWORDS: cashew kernel, infant flour, nutritional value, attiéké, formulation.

RESUME: Les carences en protéines et énergies ainsi que les déficiences en minéraux sont des problèmes de santé publique dans les pays en voie de développement. A cet effet cette étude a pour objectif de réaliser des formulations de différentes farines infantiles dans le but de contribuer à la lutte contre la malnutrition. Des formulations sont effectuées à partir de la farine d'attiéké et les farines d'amande de cajou (la farine d'amande de cajou non fermentée et la farine d'amande de cajou fermentée 10% ; 15% ; 20%). Des différentes analyses physico-chimiques et fonctionnelles sont effectuées. Les résultats ont montré que l'incorporation des deux types farines de cajou à la farine d'attiéké augmente la valeur protéique de la farine d'attiéké. Les teneurs en protéines augmentent proportionnellement avec le taux d'incorporation. Ces valeurs varient de 7,53g/100g FAFCNF10 à 10,62g/100g pour les formulations avec la farine non fermenté et de 8,23 g/100g FAFCF10 à 11,53 g/100g FAFCF20. Les autres résultats varient de : humidité (3.33 g/100 g – 4.66 g/100 g) ; cendres (1.60 g/100 g – 3.20 g/100 g) ; Fibres (0.57 g/100 g –3.84 g/100 g) ; lipides (0.18 g/100 g – 6.68 g/100 g) ; glucide (91.16 – 74.92) ; gonflement (298.33% - 158%) ; solubilité (23.05 g/100 g - 31.77 g/100 g) ; valeur énergétique (523 kcal/100 g - 378 kcal/100 g). Les farines d'amande de cajou permettent d'améliorer significativement la valeur nutritive de la farine d'attiéké.

MOTS-CLEFS: amande de cajou, farines infantiles, valeur nutritive, attiéké, formulation.

1 INTRODUCTION

La carence en protéine et énergie ainsi que la déficience en minéraux sont des problèmes de santé publique dans les pays en voie de développement [1]. Les enfants constituent la couche la plus vulnérable. La malnutrition contribue à 35% des décès d'enfants de moins de 5 ans en Afrique de l'Ouest et du Centre [2]. En Côte d'Ivoire, la prévalence de la malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans est de 40,6 % avec 15,7 % de forme sévère et l'insuffisance pondérale touche 20,2 % des enfants, avec 4,3 % de forme sévère [3].

Les causes principales de cette malnutrition sont des déficits en protéines et une carence en certains micronutriments (le calcium, le fer et le zinc). En effet, la santé et le bien-être de chaque individu dépendent d'un apport suffisant en éléments nutritifs de bonne qualité, tels que les lipides, les protéines, les glucides, les vitamines et les minéraux [4]. Ces aliments modulent le système immunitaire.

Pendant la période de sevrage, il faut apporter des aliments de complément aux enfants sous forme liquide ou semi liquide pour compléter les apports du lait maternel. Ainsi durant cette période l'enfant a besoin d'une nourriture spéciale lui fournissant suffisamment d'énergie, de protéines et d'autres matières nutritives comme des vitamines, des minéraux et des oligoéléments [5]. Ces aliments prennent peu à peu le pas sur le lait maternel ou son substitut.

En Afrique subsaharienne, les premiers aliments de complément sont le plus souvent des bouillies à base de céréales, racines ou tubercules agrémentées ou non de sucre. Ils sont riches en glucides et pauvres en protéines. Ces aliments sont incapables de couvrir tous les besoins nutritionnels de l'enfant. Par ailleurs, des farines infantiles de bonne qualité existent sur le marché mais ce sont des produits industriels importés et d'un coût élevé. Pour résoudre ce problème [6] préconisent que les aliments de complément soient confectionnés à partir de produits locaux disponibles et accessibles et de qualité nutritive suffisante pour couvrir les besoins nutritionnels de l'enfant. Parmi ces produits locaux, l'on note le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) une racine importante aussi bien pour sa consommation alimentaire élevée que pour sa valeur culturelle en Afrique de l'ouest. En Côte d'Ivoire, la production annuelle de manioc atteint 2,41 millions de tonnes. C'est un produit apprécié à cause de ses produits dérivés dont l'Attiéké qui reste l'aliment le plus consommé [7].

L'attiéké est un produit fermenté à partir du manioc, appelé couramment couscous de manioc. C'est une semoule de manioc cuite à la vapeur avant consommation. Cependant sa consommation supprime la faim, c'est un aliment essentiellement glucidique. D'où l'intérêt d'une fortification de la farine d'attiéké avec d'autres sources végétales comestibles locales, notamment la farine d'amandes de cajou pour l'élaboration des compléments alimentaires.

L'amande de la noix de cajou (*Anacardium occidentale*, L.) quant à elle renferme 21% de protéines et 60% des lipides et est riche en acides gras essentiels [8].

Il ressort de cette analyse que les amandes des noix de cajou pourraient constituer un aliment potentiel pour la lutte contre la malnutrition protéino-énergétique. Ainsi, cette étude a pour objectif de réaliser des formulations pour l'enrichissement de la farine d'attiéké avec la farine d'amande de cajou.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de l'attiéké achetée chez des productrices dans le village de Djahakro (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire). La farine d'amande de cajou obtenue après différents traitements des noix de cajou collectées dans les laboratoires de l'Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB). Une farine de commerce est utilisée comme témoin.

2.2 METHODES

2.2.1 PRODUCTION DE FARINE D'ATTIEKE

L'attiéké collecté chez les productrices a été amené au laboratoire pour être séché à l'étuve à 60°C pendant 24 h et broyé à l'aide d'un broyeur. La farine obtenue a été conservée dans des sachets en polyéthylène.

2.2.2 TRAITEMENT DES NOIX DE CAJOU

Le traitement des noix de cajou a été inspiré du procédé de [9]. Un lot de noix de cajou séchées sains a été cuit à la vapeur dans un cuiseur à vapeur à 115°C pendant 45 min, puis laissé sécher à température ambiante pendant 48h. Les noix de cajou ont été décortiquées manuellement en deux moitiés égales à l'aide d'un décortiqueur à commande manuelle. Les amandes ont ensuite été séparées des coquilles à l'aide de petits couteaux. Les amandes sont séchées dans un four à une température de 85°C pendant 2 heures puis dépelliculées. Les amandes dépelliculées ont été séchées à 65°C pendant 6 heures pour réduire l'humidité entre 5 et 6%, puis conditionnées.

2.2.3 PRODUCTION DE LA FARINE D'AMANDE DE CAJOU DESHUILEE ET NON FERMENTEE

Les amandes sont obtenues après décorticage, séchage et émondage des noix. La farine d'amande de cajou est produite selon la méthode décrite par [10] modifiée. Les amandes séchées ont été concassées à l'aide d'un broyeur semi-artisanal et mises dans une cuve en inox. L'hexane a été ajouté 1 :1 (P/v) aux flocons pour l'extraction d'huile. Le mélange a été macéré pendant 30 min avant d'être chauffé à 130° pendant 50 min et laisser au repos pendant 24 h à température ambiante. Ensuite le culot est séparé du surnagent (huile et l'hexane). L'opération est réalisée deux fois. Les tourteaux sont mis sous presse pendant 24 h pour extraire le reste de l'huile. Les tourteaux déshuilés ont été séchés au four à 70 °C pendant 12 heures. Ils sont moulus dans un broyeur et la farine obtenue a été conservée dans des sachets en polyéthylène.

2.2.4 PRODUCTION DE LA FARINE D'AMANDE DE CAJOU DESHUILEE ET FERMENTEE

Pour produire une farine à partir de tourteaux d'amande de cajou, la méthode de [11] modifiée a été utilisée. Les amandes obtenues sont bouillies à 100°C pendant 1 h. Les amandes bouillies sont étroitement enveloppées dans la feuille de plantain pendant 72 heures pour la fermentation. La fermentation est effectuée en utilisant les micro-organismes naturellement présents sur la surface des feuilles de plantain. Les graines fermentées sont séchées au four 60°C pendant 48 heures. Les amandes fermentées sont concassées et l'hexane a été ajouté comme décrit ci-dessus. Après l'extraction, les tourteaux ont été séchés à 70°C pendant 12 h pour l'évaporation de l'hexane. Les tourteaux sont broyés dans un broyeur et conditionnés dans des sachets polyéthylène.

2.2.5 FORMULATION DES FARINES INFANTILES : ATTIEKE / AMANDE DE CAJOU

Les farines composites attiéké / amande de cajou ont été obtenues par l'incorporation de proportions respectives de 0, 10, 15 et 20% des farines d'amande de cajou (fermentée et non fermentée) dans la farine d'attiéké. Chaque formulation a été soigneusement mélangée dans un mixeur, ensuite répartie en fractions de 250 g dans des sachets plastique en polyéthylène, puis stockée pour les analyses.

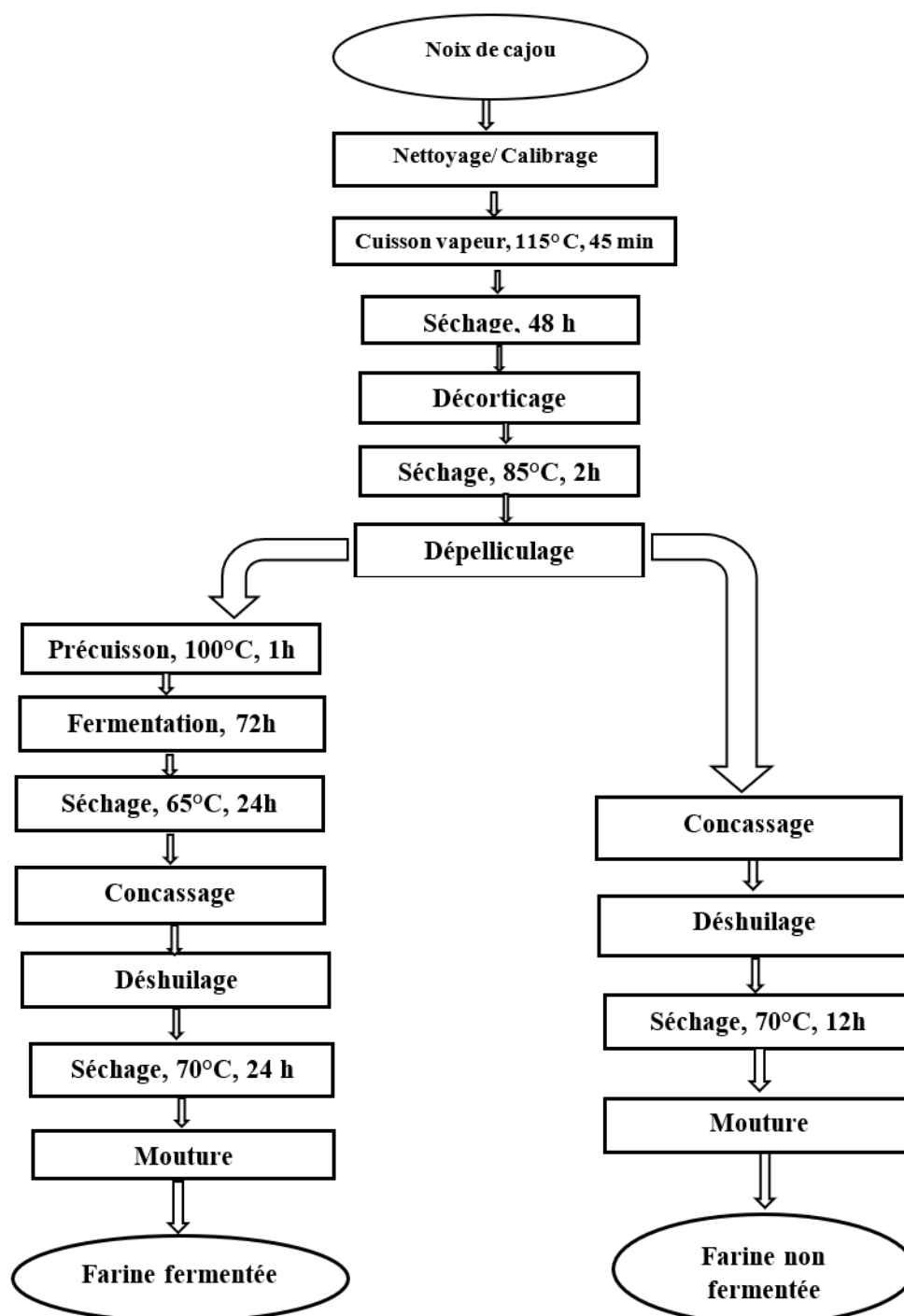


Fig. 1. Diagramme de fabrication de la farine d'aman de cajou fermentée et de non fermentée

2.2.6 PROPRIÉTÉS NUTRITIONNELLES DE LA FARINE

COMPOSITION BIOCHIMIQUE

La détermination de la teneur en cendre a été faite selon la méthode [12]. Elle consiste à minéraliser un échantillon de 5g (m) à 600°C pendant 6 h dans un four à moufle (NABERterm, GmbH Babnhofstr. 20,28865 Lilienthal/Bremen, Germany), jusqu'à destruction de toutes les matières organiques contenus dans l'échantillon.

Le taux d'humidité a été déterminé selon la méthode décrite par [12] basée sur la déshydratation par séchage à l'étuve des échantillons, jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La détermination de la teneur en lipides se fait par la méthode de soxhlet [12]. Les matières grasses seront extraites à ébullition par de l'hexane pur. Ce dernier est ensuite éliminé par évaporation et le résidu est séché et pesé.

Les fibres brutes regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses et la lignine. Les teneurs en fibres brutes des farines ont été déterminées par la méthode de [13].

Pour cela un gramme de farine (m) a été porté à ébullition dans 50 mL d'acide sulfurique (1,25 N) et ensuite dans 50 mL de soude (1,25 N) pendant une heure (30 minutes x2). Le résidu obtenu est séché à 105 °C pendant huit heures (m₁) puis incinéré à 550 °C pendant trois heures (m₂). La teneur en fibre brute totale (F_b), exprimée en pourcentage de matière sèche.

Environ 0,1 g de farine composite attiéké-amande de cajou sont utilisés pour déterminer le taux des protéines brutes à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldhal [12]. Le taux de protéine a été obtenu en multipliant la teneur en azote total par un facteur de convention 6,25.

La détermination est par différence selon la formule suivante [12]:

$$\% \text{Glucides} = 100 - (\% \text{Humidité} + \% \text{Protéine} + \% \text{Matière grasse} + \% \text{Cendre})$$

La valeur énergétique a été calculée à l'aide des coefficients spécifiques d'Atwater :

$$VE = (\% \text{de protéines} \times 4) + (\% \text{d'hydrates de carbone} \times 4) + (\% \text{de lipides} \times 9)$$

2.2.7 PROPRIETES FONCTIONNELLES

Dix (10) grammes de farine sont délayés dans 100 mL d'eau distillée. L'ensemble est macéré pendant 30 min. Le mélange obtenu est centrifugé.

Le pH a été déterminé selon la méthode potentiométrique en utilisant l'électrode d'un compteur [12]. Dix millilitres (10 mL) du surnageant précédemment obtenu a été prélevé et le pH est mesuré au moyen d'un pH-mètre (HANNA HI 8424, Chine). La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre.

L'acidité titrable a été déterminée par dosage titrimétrique. Le dosage consiste à déterminer la teneur totale en acide naturel du produit. A dix millilitres (10 mL) du surnageant précédemment obtenu ont été ajoutés 2 gouttes phénolphthaléine comme indicateur coloré. Le mélange a été dosé avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'au virage au rose pâle. L'acidité est exprimée en milliéquivalents pour 100 g d'échantillon (méq /100g).

L'indice de solubilité à l'eau (ISE) sont déterminés suivant la méthode de [14], [15]. Un (1g) gramme de farine est dispersé dans 10 mL d'eau distillée. Après agitation pendant 30 min à l'aide d'un agitateur, le mélange est centrifugé à 4500 trs/min pendant 10 min et le culot humide est séché à 105°C jusqu'au poids constant.

Le gonflement a été effectué par la méthode [16]. Un volume bien déterminé (10 mL) de chaque échantillon de farine a été introduit dans une éprouvette graduée (volume initial). 50 mL d'eau distillée ont été introduits dans l'éprouvette. Le volume occupé par la farine gonflée (volume final) a été lu après 30 min. Le taux de gonflement est donné par la formule suivante:

$$Tg = \frac{\text{volume final}}{\text{volume initial}} \times 100$$

ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats expérimentaux ont été soumis à l'analyse de la variance (ANOVA). Lorsque la valeur de cette analyse est significative au seuil de 5%, les moyennes sont comparées par le test de Duncan. Toutes ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats du tableau 1 montrent la teneur en humidité, en cendres, en protéines totales, en lipides et fibres des différentes farines. Les données de ce tableau révèlent que les farines ont une faible teneur en humidité, ce faible taux d'humidité permet une bonne et longue durée de conservation sans risque de prolifération microbienne. Une forte teneur en humidité diminue le temps de stockage et à un impact sur la qualité des farines.

Le taux de cendre varie entre $1,60 \pm 0,2$ (FAFCNF10) et $3,86 \pm 0,23$ (FCF). Ces taux de cendres sont supérieurs à ceux rapportés par [17], pour des farines igname/soja et inférieurs à ceux [18], [19]. En outre, la teneur élevée en cendres obtenue par la farine FCNF (3,20 %) pourrait être dû au séchage qui permet de concentrer l'aliment par perte d'eau.

Les teneurs en lipides des farines présentent des différences significatives ($P < 0,05$). Les teneurs les plus élevées (31,06g/100 g) et (29,25 g/100 g) se retrouvent respectivement dans les farines FCF et FCNF. Les teneurs en lipides des différentes farines sont inférieures à celles obtenues par [20] et inférieures à celle proposée par [5] pour la farine standard (7g/100g).

La valeur la plus élevée en fibre est observée dans la farine FCNF (4,98 g/100 g) et la valeur la plus faible (0,57 g/100 g) est présente dans la farine FAFCF10. Les teneurs obtenues avec les formulations non fermentées sont supérieures à celles obtenues avec les formulations fermentées. Les faibles teneurs en fibres rencontrées dans les formulations sont dues à la production d'enzymes (cellulases et hemicellulases) de dégradation de la cellulose/ hémicellulose, pendant la fermentation [21]. Aussi ces faibles teneurs en fibres seraient dues aux opérations unitaires nécessaires à la production de farines telles que le décorticage qui entraîne une élimination de la pellicule riche en fibre, le tamisage et la fermentation qui réduit le taux de fibres dans la farine. La teneur en fibres alimentaires des préparations alimentaires complémentaires ne devrait donc pas excéder 5 g/100 g de produit sur la base du poids sec selon [22]. Les fibres régulent le transit intestinal; elles captent une partie des lipides et des glucides et peuvent aussi réduire les risques d'obésité et les maladies métaboliques.

Les teneurs en glucides observées, présentent une différence significative ($P < 0,05$). Elles varient entre 91,16g/ 100g pour la farine FA et 27,13 g/100g pour la farine FCF. Une diminution des valeurs est observée avec le taux d'incorporation des farines de cajou fermentée et non fermentée. Cependant celles des formulations avec la farine fermentée restent inférieures à celles des formulations non fermentées. Les teneurs élevées en glucides dans les farines s'expliquent par la présence dans ces formulations de la farine d'attiéké à plus de 80%. L'attiéké est un aliment essentiellement énergétique, avec une teneur en glucides totaux supérieure à 90%. Ces teneurs sont supérieures (73,52 g/100 g) à celles trouvées dans la bouillie Akamu consommée à Nsukka localisé dans le Nord du Nigeria à Enugu state [23]. Les glucides sont une source d'énergie utilisée par l'organisme et sont impliqués dans l'anabolisme des protéines. Ils peuvent aussi participer à la constitution de tissus fondamentaux de l'organisme : les cartilages, les acides nucléiques, les mucus, les substances antigéniques [24].

Les différentes valeurs de protéines observées varient de 2,97g/100g (FA) à 33,77g/100g (FCF). Les teneurs en protéines des formulations fermentées sont supérieures à celles des formulations non fermentées. Ces valeurs augmentent avec le taux d'incorporation des différentes farines de cajou. L'augmentation de la teneur en protéines des différentes farines est due à l'incorporation de la farine de cajou qui est riche en protéine 21% [25] (Lautié et al., 2001). L'augmentation de la teneur en protéines après la fermentation pourrait être attribuée au métabolisme de la flore microbienne endogène (champignons, moisissures, levures et bactéries) présente dans le milieu de fermentation [26] (Obboh et Akindahunsi, 2003). Ces valeurs protéiques sont inférieures aux normes recommandées par la FAO/OMS (2008) pour les aliments de sevrage (11-21 g /100g) sauf la farine FAFCF20 11,53g/100g qui est conforme aux normes.

Tableau 1. Résultats des analyses biochimiques

Echantillons	Humidité (g/100g)	Cendres (g/100g)	Fibres (g/100g)	Lipides (g/100g)	Glucides (g/100g)	Protéines (g/100g)
FA	$3,33 \pm 0,57^{ab}$	$1,3 \pm 0,57^b$	$2,72 \pm 0,14^d$	$0,18 \pm 0,02^a$	$91,16 \pm 0,60^h$	$2,97 \pm 0,17^a$
FCNF	$3,06 \pm 0,23^a$	$3,20 \pm 0,20^f$	$4,98 \pm 0,2^g$	$29,25 \pm 0,29^e$	$39,91 \pm 0,14^b$	$24,57 \pm 0,3^i$
FAFCNF10	$4,66 \pm 0,57^d$	$1,60 \pm 0,20^{bc}$	$2,60 \pm 0,21^d$	$3,14 \pm 0,19^b$	$83,06 \pm 0,60^f$	$7,53 \pm 0,10^c$
FAFCNF15	$4,33 \pm 0,57^{cd}$	$1,93 \pm 0,11^{cde}$	$3,40 \pm 0,20^e$	$4,88 \pm 0,34^c$	$79,69 \pm 0,43^e$	$9,16 \pm 0,09^e$
FAFCNF20	$3,66 \pm 0,57^{abc}$	$2,13 \pm 0,11^{de}$	$3,84 \pm 0,27^f$	$6,28 \pm 0,31^d$	$77,29 \pm 1,18^d$	$10,62 \pm 0,32^g$
FCF	$4,13 \pm 0,23^{bcd}$	$3,86 \pm 0,23^g$	$2,72 \pm 0,22^d$	$31,06 \pm 0,24^f$	$82,70 \pm 0,57^f$	$33,77 \pm 0,17^j$
FAFCF10	$3,66 \pm 0,57^{abc}$	$1,80 \pm 0,20^{cd}$	$0,57 \pm 0,06^a$	$3,48 \pm 0,28^b$	$78,95 \pm 0,97^e$	$8,23 \pm 0,20^d$
FAFCF15	$4,33 \pm 0,57^{cd}$	$2,00 \pm 0,20^{de}$	$1,43 \pm 0,1^b$	$4,97 \pm 0,3^c$	$78,95 \pm 0,97^e$	$9,98 \pm 0,10^f$
FAFCF20	$4,66 \pm 0,57^d$	$2,20 \pm 0,20^e$	$1,85 \pm 0,2^c$	$6,68 \pm 0,33^d$	$74,92 \pm 0,56^c$	$11,53 \pm 0,28^h$
BM	$3,50 \pm 0,1^{abc}$	$0,80 \pm 0,1^a$	$0,30 \pm 0,04^a$	$0,34 \pm 0,04^a$	$89,95 \pm 0,1^g$	$5,40 \pm 0,09^b$

Les moyennes portant les lettres différentes en exposant au sein de la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$) selon le test de Duncan.

FA : Farine d'attiéké ; FAFCNF10 : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou déshuilée non fermentée ; FAFCNF15 : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou non fermentée ; FAFCNF20 : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou non fermentée ; FAFCF10 : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou fermentée ; FAFCF15 : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou fermentée ; FAFCF20 : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou fermentée ; BM : Farine infantile de commerce BLEDINE.

PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES DES FARINES

La farine FCNF présente la plus grande valeur de pH ($6,15 \pm 0,01$) par rapport aux autres formulations mais inférieure à la valeur de BLEDINE. Toutes les valeurs sont différentes de manière significative ($P < 0,05$). Les acidités titrables sont comprises entre $8,66 \pm 1$ méq / 100 g (FCNF) et $14,66 \pm 0,57$ méq / 100 g de la farine FA. Ces valeurs sont supérieures à celle de la farine de commerce BLEDINE ($2,33 \pm 0,57$). Les valeurs des formulations avec la farine d'amande de cajou fermentée sont significativement supérieures ($P < 0,05$) à celles des farines d'attiéké avec ajout de farine d'amande de cajou non fermentée. Les résultats de l'analyse de l'acidité titrable des différentes formulations de farines ont augmenté avec le taux d'incorporation de la farine d'amande cajou à la farine d'attiéké. L'augmentation de l'acidité totale des farines est due à la diminution du pH [27]. Cette augmentation d'acidité est attribuée à l'augmentation des acides gras, les acides phosphoriques, le H^+ et les groupes carboxyliques des acides aminés des protéines [28], [29]. Selon [30] la baisse de pH est le résultat de la production de divers composés organique (acides) tels que les acides lactiques et acétiques et l'éthanol au cours de la fermentation.

Les farines FAFCNF10 et FA présentent les valeurs les plus faibles de l'indice de solubilité ($23,09 \pm 1,01$). La farine FAFCF10 ($31,77 \pm 1,75$) a la plus grande valeur de solubilité. Toutes ces valeurs sont inférieures à celle obtenue par la farine de commerce BLEDINE ($42,18 \pm 1,21$). L'indice de solubilité des formulations avec la farine fermentée diminue avec le taux d'incorporation. Cependant, ces valeurs sont supérieures significativement ($P < 0,05$) aux formulations avec la farine non fermentée. L'indice de solubilité reflète l'ampleur de la dégradation d'amidon. Les traitements thermiques favorisent l'exposition des groupes de thiol et l'extériorisation des résidus hydrophobes, qui mènent à rupture des liaisons d'hydrogène et la formation des ponts de disulfure. Ce phénomène permet l'augmentation de la dégradation des grains d'amidon et solubilisation des molécules d'amylose.

Tableau 2. Les propriétés fonctionnelles des farines

Echantillons	pH	Acidité titrable méq / 100 g	Solubilité g/100g	Gonflement g/100g	Energie kcal/100g
FA	$4,75 \pm 0^a$	$14,66 \pm 0,57^e$	$23,09 \pm 1,01^a$	$298,33 \pm 2,88^e$	$378,24 \pm 2,30^a$
FCNF	$6,15 \pm 0^i$	$8,66 \pm 1,00^b$	-	-	$521,05 \pm 2,60^g$
FAFCNF10	$4,95 \pm 0,01^d$	$11,33 \pm 0,57^{bcd}$	$23,09 \pm 1,01^a$	$192,33 \pm 2,51^c$	$390,63 \pm 1,89^c$
FAFCNF15	$5,04 \pm 0^e$	$10,00 \pm 1,00^{bc}$	$23,42 \pm 0,46^a$	$197,33 \pm 2,51^c$	$399,33 \pm 2,03^{de}$
FAFCNF20	$5,23 \pm 0,05^g$	$9,66 \pm 0,57^{bc}$	$25,01 \pm 1,56^{ab}$	$23,42 \pm 0,46^a$	$408,20 \pm 1,62^f$
FCF	$5,56 \pm 0^h$	$9,00 \pm 1,00^b$	-	-	$523,16 \pm 1,22^g$
FAFCF10	$4,82 \pm 0,05^b$	$13,33 \pm 0,57^{de}$	$31,77 \pm 1,75^c$	$217,33 \pm 2,51^d$	$395,08 \pm 2,10^d$
FAFCF15	$4,90 \pm 0,01^c$	$11,66 \pm 1,15^{cd}$	$27,45 \pm 1,28^b$	$167,66 \pm 2,51^b$	$400,33 \pm 1,20^e$
FAFCF20	$5,09 \pm 0^f$	$9,66 \pm 0,57^{bc}$	$26,73 \pm 1,96^b$	$158,00 \pm 2,64^a$	$405,93 \pm 2,61^f$
BM	$6,89 \pm 0,01^j$	$2,33 \pm 0,57^a$	$42,18 \pm 1,21^d$	$433,66 \pm 3,21^f$	$384,50 \pm 0,20^b$

Les moyennes portant les lettres différentes en exposant au sein de la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$) selon le test de Duncan.

FA : Farine d'attiéké ; **FAFCNF10** : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou déshuillée non fermentée ; **FAFCNF15** : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou déshuillée non fermentée ; **FAFCNF20** : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou déshuillée non fermentée ; **FAFCF10** : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou fermentée ; **FAFCF15** : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou fermentée ; **FAFCF20** : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou fermentée ; **BM** : Farine infantile de commerce BLEDINE.

Lorsqu'on incorpore la farine de cajou non fermenté, le taux de gonflement augmente ($192,33 \pm 2,51$ à $214,33 \pm 4,04$) de manière significative ($P < 0,05$) avec le taux d'incorporation. Cependant nous observons l'effet contraire avec la farine de cajou fermenté où le taux de gonflement diminue $217,33 \pm 2,51$ de manière significative ($P < 0,05$) avec le taux d'incorporation. BM montre la valeur la plus élevée ($433,66 \pm 3,21$) par rapport aux différentes formulations. La FA présente la valeur la plus élevée ($298,33 \pm 2,88$) à cause de sa teneur en glucide importante. La FAFCF20 présente la valeur la plus faible ($158,00 \pm 2,64$). Le gonflement de la farine indique le degré d'absorption d'eau des granules d'amidon [31]. La capacité à absorber l'eau est liée au caractère hydrophile de l'amidon et donc à sa teneur en amylopectine responsable du réseau amorphe. Les facteurs tels que le rapport amylose-amylopectine, la longueur de la chaîne et la distribution de poids moléculaire déterminent le taux de gonflement [32]. En effet, dans leur structure native, les amidons absorbent moins d'eau, mais après gélatinisation, ils en absorbent plus. L'augmentation du gonflement des différentes farines serait liée à la gélatinisation dont ont été sujets les

amidons de la farine d'attiéké utilisée. Ainsi les travaux de [33] ont montré que la farine de taro précuit absorbe 4 à 5 fois plus d'eau que la farine de taro non précuit.

La valeur énergétique la plus élevée est observée dans la farine FCF (523 kcal/100g) et la valeur la plus faible est obtenue par la farine FA (378 kcal/ 100g). Ces valeurs augmentent avec le taux d'incorporation. Les valeurs énergétiques des différentes formulations sont inférieures aux valeurs énergétiques (409,16-490,17 kcal/100 g) des bouillies à base de maïs contenant d'autres éléments tel que le soja, la crevette, l'arachide ou le lait consommées à Ngor-okpala, Imo state au Nigeria [34]. Ces valeurs se rapprochent de celle de la farine standard (400 kcal/100 g) [5], [35] recommande que les aliments de sevrage soient riches en énergie. Ces valeurs se justifient par l'incorporation de la farine de cajou qui a une teneur importante en lipide et qui lui confère une densité calorifique importante. Par ailleurs la faible densité énergétique de certaines bouillies tend à limiter la quantité totale d'énergie consommée nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme du jeune enfant ainsi que l'utilisation des autres nutriments essentiels. Compte tenu de la petite taille de leur estomac (30 à 40 g / kg de poids corporel soit (150 à 200 ml), les enfants ont besoin d'aliments hautement énergétiques pour couvrir leurs besoins énergétiques [36].

4 CONCLUSION

Dans le but de contribuer à la lutte contre la malnutrition, la fortification de la farine d'attiéké aux farines d'amandes de cajou pourrait réduire les carences nutritionnelles infantiles. L'incorporation de la farine de cajou fermentée et non fermentée dans la farine d'attiéké augmente les teneurs en protéines et en valeurs énergétiques. Aussi la fermentation des amandes de cajou pendant 72 h a-t-elle permis de réduire les teneurs en fibres et d'augmenter les teneurs protéiques. Ainsi on peut conclure que le taux d'enrichissement de la farine d'attiéké- amande de cajou fermentée et attiéké-amande non fermentée de 20 % permettrait d'obtenir une densité énergétique (400kcal/100g), un taux de protéine (11-21g/100g) et un taux de liquide (7g/100g) qui sont conformes aux normes pour les compléments alimentaires.

RÉFÉRENCES

- [1] FAO, The State of Food Insecurity in the World. Rome, Italy: Addressing Food Insecurity in Protracted Crisis, 2010.
- [2] Ponka Roger, Tchatchoua Nankap Eveline Lina, Tabot Tambe Sylvia et Fokou Elie, Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du Cameroun. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 16 N°2, Jun. 2016, pp. 280-292, 2016..
- [3] INS / UNICEF (MICS) Enquête nationale à indicateurs multiples, rapport préliminaire, http://www.unicef.org/infobycountry/cotedivoire_statistics.html, Décembre2009, 2006.
- [4] Latham M.C., La nutrition dans les pays en voie de développement. FAO, Rome, Italy, l'Union Internationale pour l'Etude des Insectes Sociaux. Paris, Sorbonne, 12-13 Dec. p. 385, 2001.
- [5] Sanogo M., Mouquet C. et Trêche S., La production artisanale de farines infantiles, Expériences et Procédés. Gret, Paris, France, p 11, 1994.
- [6] FAO/OMS, Codex Alimentarius : Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Rapport de la trentième session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. Le Cap (Afrique du Sud) 3-7 Novembre 2008. 1-223, 2008.
- [7] KAKOU A.C. , Optimisation des conditions d'application d'une méthode de conservation longue durée de la pâte de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) en vue d'améliorer la qualité alimentaire de l'Attiéké et du Placali. Thèse de 3ème cycle en Biochimie-Microbiologie. Université de Cocody (Côte d'Ivoire), 2000.
- [8] Ricard Rico, Mònica Bulló et Jordi Salas-Salvadó, Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. Food Science & Nutrition; 4(2): 329–338, 2015.
- [9] Falade KO, Chime JJ and SO Ogunwolu, Water sorption isotherms and heat of sorption of cashew nuts pretreated by different methods, J. Fd. Agric. & Environ 2(2): 83-7, 2004.
- [10] Sze-Tao KWC and SK Sathe, Functional properties and in-vitro digestibility of Almond (*Prunus dulcis* L) protein isolate. Food chemistry 69: 153- 160, 2004.
- [11] Ijarotimi O.S., Oluwalana I.B. et Ogunedojutimi M. O., Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn-based (*zea mays* everta) complementary foods enriched with cashew nut (*anacardium occidentale* L.) flour. AJFAND, Vol. 12 N°5 p 6424-6446, 2012.
- [12] AOAC, The Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th ed.). Washington DC, 1-230p, 1990.
- [13] Van Soest P.S., Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II- A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of Association of Official Analytical Chemistry, 46: 829-835, 1963.

- [14] Anderson R. A., Conway H. F., Pfeiffer V. F. et Griffin E. L., Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, 14: 372-37, 1969.
- [15] Philips et al., 1988. Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *Journal of Food Science*, 53 (3), 805-809.
- [16] Okezie O. B. et Bello A. B., Physicochemical and functional properties of winged beans flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*, 53(2): 450-454, 1988.
- [17] Soro S. et al., Formulation d'aliments infantiles à base de farines d'igname enrichies au soja. *AJFAND*, 13(5) p. 8313- 8339, 2013.
- [18] Aremu M. O., Olonisakin A., Bako D. A. et Madu, P. C., Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (*Anacardium occidentale*) flour. *Pakistan journal of Nutrition* 5(4): 328-333, 2006.
- [19] Omosuli S.V., Ibrahim T.A. et Oloye D., Proximate and mineral composition of roasted and defatted cashew nut flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(10), 1649 – 1651, 2009.
- [20] Zannou Tchoko V.J., Kouamé Guy Marcel Bouaffou, Koffi Gustave Kouame et Brou André Konan, Etude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 80: 748-758, 2011.
- [21] Moore J. et al., Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran. *J. Agric. Food Chem.* 55: 10173-10182, 2007.
- [22] FAO/WHO, Lignes directrices pour la mise au point des préparations alimentaires complémentaires destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas âge (CAC/GL, 08-1991). Rome (Italie). p 11, 1991.
- [23] Okeke E.C. et C. Eze, "Nutrient composition and nutritive cost of Igbo traditional vendor foods and recipes commonly eaten in Nsukka", *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, vol.5: 36-44, 2006.
- [24] Sguera, S., *Spirulina plantensis et ses constituants, intérêts nutritionnels et thérapeutiques*. Thèse, université Henri Poincaré-Nancy 1, 2008.
- [25] Lautié E., Dornier M., De Souza F. M. et Reynes M., "Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés." *Fruits* 56: 235-248, 2001.
- [26] Oboh G et Akindahunsi A. A., Biochemical changes in cassava products (flour and gari) Subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. *Food Chem.* 82: 599-602, 2003.
- [27] Abiodun I. S., Anthony A. O. et T.I. Omolona, Biochemical composition of infant weaning food fabricated for fermented blends of cereal and soybean. *Food Chem.*; 65: 35-39, 1999.
- [28] Morrison A. B., McLaughlan J. M., Noel F. J. et Campbell J. A., Some Factors Affecting Plasma Amino Acid Levels In Human Subjects. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 41(1): 191-199, 10.1139, 1963.
- [29] Gardner W.J.E. et Woods R.A., Isolation and characterisation of guanine auxotrophs in *Saccharomyces cerevisiae*. *Revue canadienne de microbiologie* ; 25(3): 380-389, 10.1139/m79-059, 1979.
- [30] Miambi E. et Brauman A., Could monoaromatic compounds be source of energy for symbiotic gut microflora of higher termite with different feeding guild? 12ème Congrès de l'Union Internationale pour l'Etude des Insectes Sociaux. Paris, Sorbonne, 12-13 Dec. p. 385, 1994.
- [31] Carcea M. et Acquistucci, R., Isolation and physicochemical characterization of Fonio (*Digitaria exilis* Stapf). *starch. Starch*, 49: 131-135, 1997.
- [32] Rickard J. E., Asaoka M. et Blanshard J. M. V., The physicochemical properties of cassava starch. *Trop. Sci.* 31, 189-207, 1991.
- [33] Njintang Y. N, Effect of Taro (*Colocasia esculenta*) Flour Addition on The Functional and Alveographic Properties of Wheat Flour and Dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88 (2), 273-279, 2007.
- [34] FAO/WHO, Energy and protein requirements. WHO Technical Report Series. No 724. World Health Organization, Geneva, 1988.
- [35] Ukegbu, P.O. et Anyika, J.U., "Chemical analysis and nutrient adequacy of maize gruel (pap) supplemented with other food sources in Ngor-Okpala Iga, Imo State, Nigeria", *Journal of Biology, Agricultural and Healthcare*, 2:13-21, 2012.
- [36] Brown K. H, The importance of dietary quality versus quantity for weaning in less developed countries: a framework for discussion. In *Food and Nutrition Bulletin*, 13(2), 86-94, 1991.

Etude didactique des fragments praxéologiques de l'enseignement des problèmes iatromathématiques afférant au taux d'intérêt

WANE MUNDONI BONGUON

Chef de Travaux, Institut Supérieur d'Architecture et d'Urbanisme (I.S.A.U.), KINSHASA, RD Congo

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

ABSTRACT: Referring to the ecology of iatromatical problems to the rate interest in mathematical manuals of the sixth form of the primary school, we have realized a descriptive study of the praxeologies used in the most dominant manual, considering the tropical needs connected with. Above the identifications of the praxeologies of that manual, not only have we characterized and evaluated them in following the institutional reports of the national program to the knowledge in study, but also following the aids « arranged » for the pursuit of mathematical activities. The hierarchized praxeologies, traditional, incomplete, and recurrent are pointed out. They inhibit the life of proportional thinking.

KEYWORDS: Praxelogie, iatromatical problems.

RÉSUMÉ: En référence à l'écologie des problèmes iatromathématiques afférant au taux d'intérêt dans les manuels de la mathématique de la sixième année primaire, nous avons réalisé, compte tenu des besoins tropiques y rattachés, une étude descriptive des praxéologies mises en place dans le manuel le plus dominant. Au delà de l'identification des praxéologies de ce manuel, nous les avons non seulement, caractérisées et évaluées suivant les rapports institutionnels du programme national au savoir en étude, mais aussi suivant les aides « apprêtées » pour la conduite des activités mathématiques. Des praxéologies hiérarchisées, traditionnelles, incomplètes et récurrentes sont relevées. Elles inhibent la vie du raisonnement proportionnel.

MOTS-CLEFS: Praxéologie, problèmes iatromathématiques.

1 INTRODUCTION

L'étude réalisée¹ sur l'écologie des problèmes en étude dans le programme scolaire, a relevé le caractère implicite de l'objectif spécifique assigné à l'enseignement et apprentissage des problèmes sous examen. En effet, le programme scolaire le fixe dans le cadre de problèmes en étude comme suit : « *calculer l'intérêt, taux, capital, le temps* ». (Programme national 2009, p.121). Pour ce qui concerne les matières à enseigner, ce programme les circonscrit en ces termes : « *Calcul du temps exprimé en années, en mois, ou en jours (et inversement). Calcul du capital au cas où l'intérêt est donné (durée exprimée en année, en mois, en jours). Calcul du taux en jours, en mois ou en années. Calcul du taux en jours, en mois ou en années* » (Ibid. p. 121).

Au vu de l'objectif spécifique du programme national, nous voulons, dans cette recherche, analyser les praxéologies de manuel dominant « *Pratiques de Maths à l'école primaire 6* » (en sigle PRATM6) relatives à l'enseignement des problèmes sous examen. Cela en vue de qualifier, après évaluation, les organisations des textes transposés de savoir.

¹ Etude réalisée dans le cadre de notre recherche doctorale

Partant de la réflexion (Wane 2017, p.163-169) sur les intentions implicites de l'objectif spécifique du programme national relative aux interprétations de l'action « calculer », on peut se demander si le programme se limite à une simple détermination d'un nombre au moyen des calculs ou à la réflexion, au jugement et inférence. Au regard de l'intention « calculer », et de la place de ces problèmes aux niveaux primaire, secondaire et universitaire, nous nous sommes posé la question de savoir : « Quels types de praxéologies sont mis en place dans les activités mathématiques des problèmes iatromathématiques afférant au taux d'intérêt de la sixième année primaire ? ».

Nous pensons que les organisations praxéologiques mixtes de l'enseignement des problèmes sous examen bien que hiérarchisées, sont routinières, axées sur un seul genre de tâches. Elles bloquent la recherche et inhibent la vie du raisonnement proportionnel.

2 PLACE ET CHOIX DES PROBLÈMES IATROMATHÉMATIQUES AFFÉRANT AU TAUX D'INTÉRÊT DANS L'ENSEIGNEMENT DE MATHÉMATIQUE DU PRIMAIRE

Dans la vie courante, le taux représente la comparaison entre des grandeurs, et est souvent illustré comme rapport des grandeurs différentes. Ses calculs et problèmes y afférant sont fréquents dans la vie courante, et permettent de comparer certaines grandeurs qui sont couramment utilisées par beaucoup de gens. Nous illustrons l'exemple d'une relation établie entre un bénéfice et un capital : « 300 FC de bénéfice pour un capital de 1200 FC ». Son enseignement montre la contribution des notions mathématiques dans l'établissement de rapports (taux) entre des objets du domaine économique. Bien que ces notions apparaissent dès l'école primaire, elles évoluent jusqu'à l'enseignement supérieur et universitaire. Cela confirme bien leur place et leur portée pour répondre aux besoins des économistes en particulier, et de la société en général.

Au regard à ses applications tant en science que dans la vie courante, nous estimons que l'importance que requiert l'enseignement et apprentissage de la notion du « taux » n'est plus à démontrer.

La place de ces problèmes dans le programme national de mathématique et dans le manuel scolaire, justifient le choix que nous portons sur ces problèmes. En plus, ils mettent en pratique beaucoup de variables relatives aux notions de sous-branches de la mathématique. La résolution des problèmes se rapportant au taux au niveau terminal du cycle primaire, matière importante reprise au programme scolaire, est une activité indispensable qui permet à l'élève de donner un sens aux apprentissages. Elle rencontre les préoccupations de profil de sortie du cycle primaire qui veut qu'à ce niveau scolaire, l'élève soit capable de réinvestir, d'intégrer et de mobiliser l'ensemble des savoirs et savoir-faire.

3 PROBLÈMES AFFÉRANT AU TAUX EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES

Dans le cadre de classification des problèmes mathématiques scolaires, PRIOLET Maryvonne(2008), dans sa thèse relative à l'enseignement et apprentissage de la résolution de problèmes mathématiques, a évoqué les problèmes afférant au taux d'intérêt. Elle les considère comme des véritables *leçons pratiques* du fait qu'ils sont posés comme *problèmes simples*. Dans ce cas, ils sont proposés dans les activités mathématiques scolaires dans le but d'une initiation à la gestion des finances familiales. Les intentions visées par l'enseignement de ces problèmes montrent, à suffisance, la place de la mathématique dans les activités sociétales et scientifiques.

Par ailleurs, Hersant(2001) met en évidence le taux de l'intérêt qui compare généralement le bénéfice réalisé en une période bien définie par rapport à un capital donné. Il le qualifie du « taux familial ». Bien qu'il le qualifie du familial dans le cadre de sa recherche axé sur l'enseignement du niveau secondaire, nous pensons que Hersant aurait dû relativiser la *familiarité du taux d'intérêt*. Dans un cours dialogué en rapport avec l'approche de la Théorie des situations didactiques, Hersant(2001) évoque le même problème notamment l'exercice nommé la situation « 5% d'intérêts ». Pour les élèves, dans le cadre arithmétique (ou registre du langage naturel), 5% d'intérêts représentent le taux d'intérêt, et l'écrivent 5F pour 100 F pour signifier s'il place 100 F, il a 5F d'intérêts. Ils ont la facilité d'interpréter la signification de 5% d'intérêts en langage naturel. Par ailleurs, ils appliquent la théorie de la proportionnalité en calculant le coefficient de proportionnalité pour calculer l'intérêt correspondant aux multiples du capital donné : « pour 200 F on a 10 F, comment trouver 10 F ? On multiplie par 2 ». Il fait remarquer que les enseignants utilisent l'effet topaze pour obtenir la procédure du coefficient décimal.

4 CADRE THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIE

4.1 APPROCHE PRAXÉOLOGIQUE

Chevallard(1998), dans le cadre de la théorie de l'anthropologie du didactique, considère que toute activité humaine met en œuvre une organisation appelée praxéologie, ou organisation praxéologique. Il la considère comme l'un des outils permettant d'analyser une activité mathématique, et s'articule autour d'un quadruplet $[T/\tau/\theta/\theta]$ que nous qualifions de « tétrade praxéologique ». Elle est composée de différents types de tâches(ou sous-tâches) T à accomplir au moyen d'une certaine technique τ , justifiée par une technologie θ . Cette technologie permet en même temps de penser ou de la produire. Par conséquent, elle tire sa légitimité au travers d'une théorie θ . Les quatre éléments constitutifs de la « tétrade praxéologique » sont considérés comme des « ingrédients institutionnels » de la praxéologie ou fragments praxéologiques. Sa fragmentation, selon Chevallard (2017), peut s'écrire :

$$[T/\tau] + [\theta/\theta]$$

Partant de la tétrade praxéologique $[T/\tau/\theta/\theta]$, Chevallard (2002.a) met en évidence deux types de praxéologies (organisations): La praxéologie mathématique et praxéologie didactique. Elle est mathématique lorsque les types de tâches T relèvent des mathématiques, et didactique lorsque les types de tâches sont des types de tâches d'étude. Dans l'organisation didactique, Chevallard (1998) détermine six instants d'étude des types de tâches. Il les appelle *moments de l'étude* ou *moments didactiques*. Nous les considérons aussi comme des instants fragmentaires didactiques.

Par ailleurs, Chevallard (1999a p. 2) qualifie une organisation mathématique de mixte celle qui articule des objets mathématiques et des objets extramathématiques. Les problèmes en étude sont des problèmes de la vie nécessitant l'apport de deux sciences notamment la mathématique et l'économie. C'est à ce titre que nous dirons que la praxéologie y relative est dite praxéologie mathématique mixte.

4.2 PROBLÈMES IATROMATHÉMATIQUES

Le Dictionnaire français et Wikipédia qualifient d'iatromathématique, ce qui applique les mathématiques à l'explication des phénomènes de l'économie vivante. Dans l'environnement scolaire qui est nôtre, les problèmes mathématiques se rapportant au taux d'intérêt font obligatoirement appel aux notions mathématiques entre autre la multiplication, le pourcentage, le rapport, le taux et ses problèmes connexes. Et ce, non seulement pour les résoudre, mais aussi pour expliquer la production d'un intérêt à partir de l'opérateur « taux » qui agit sur un capital. Cette manière d'expliquer la production d'un intérêt calculé grâce aux outils mathématiques, et le rôle que joue la notion de taux, permet de qualifier ces problèmes d'« iatromathématiques ».

4.3 MÉTHODOLOGIE

Pour réaliser l'étude des praxéologies mises en place dans le manuel dominant, nous nous sommes appuyés sur les textes transposés de « l'apprêtage » notamment le savoir à enseigner et le savoir apprêté (Assude et Margolinas, 2005, p. 232). Au travers de leur écologie relative aux problèmes iatromathématiques afférant au taux d'intérêt, nous avons réalisé l'étude susmentionnée. Notre réflexion s'est orientée sur un certain nombre de questions axées sur les différents fragments praxéologiques et, surtout sur leur instant d'apparition et la manière de mobiliser le savoir mathématique dans l'enseignement de problèmes en étude. Finalement, elle s'est orientée sur la pertinence, la nécessité, le type d'élaboration, la satisfaction, l'intelligibilité, la disponibilité, la raison d'être, la justification des praxis et des environnements technologico-théoriques.

Pour ce faire, nous avons examiné les fragments praxéologiques (praxis et environnement technologico-théorique), d'une part, dans les activités préparatoires des manuels. D'autre part, dans les parties « cours » et « exercices ». Cela, en vue de déterminer les notions mathématiques mobilisées permettant l'exécution des différents types de tâches rattachés à la tétrade. Aussi, nous avons établi un répertoire des praxéologies et dégagé les commentaires sur les fragments praxéologiques identifiés, puis évalué des praxéologies contenues dans le manuel.

5 RÉSULTATS ET COMMENTAIRES DE LA RECHERCHE

5.1 TYPOLOGIE DES FRAGMENTS DES PRAXIS DE LA TÉTRADE PRAXÉOLOGIQUE $[T/\tau/\theta/\theta]$

5.1.1 IDENTIFICATION SOMMAIRE DES TYPES DE TÂCHES

Dans le cadre de l'analyse de manuel dominant² utilisé par les enseignants enquêtés, nous nous intéressons aux types de tâches proposés dans le manuel ainsi qu'aux techniques y associées, et ce, en référence avec le programme national en cours. Ces différents types de tâches sont :

- I : Calculer l'intérêt
- C : Calculer le capital
- r : Calculer le taux
- t : Calculer le temps de placement

Du fait que chaque type de tâche est associé à une durée de placement, nous avons utilisé l'indice j pour indiquer chaque sous-type de tâche correspondant à la durée de placement.

- A cet effet, Pour j = 1, on a la durée correspondant en une année ;
 Pour j = 2, on a une durée correspondant en années;
 Pour j = 3, on a une durée fixée en mois;
 Pour j = 4, on a une durée correspondant à un nombre de jours établi,
 Pour j = 5, on a une durée complexe ou combinée.

5.1.2 DES FRAGMENTS DU BLOC PRAXIS (T/τ)

• Fragments du bloc praxis relatifs au calcul de l'intérêt

Dans ce travail, nous noterons les différents résultats i_a de ces différents sous-types de tâches I_1, I_2, I_3, I_4 et I_5 respectivement par $i_a, i_{na}, i_m, i_{jours}$ et i_c , qui représentent respectivement l'intérêt annuel, l'intérêt associé en années, l'intérêt fixé en mois, l'intérêt associé au nombre des jours et l'intérêt associé à une durée de temps complexe ou combinée.

Nous avons identifié 3 sous-types de tâches associés au type de tâche I : I_2, I_3, I_4 . Les techniques associées au type de tâche I sont la règle de trois et la technique d'application des formules qui sont notées respectivement τ_{RIj} et τ_{FIj} . Elles sont exclusivement présentes dans les exercices résolus. τ_{RIj} est la technique fondamentale de l'exécution du type de tâche I, car elle permet de générer la technique τ_{FIj} . L'incomplétude de sous-type de tâche I caractérisée dans ce manuel par l'absence de I_1 comme intérêt fondamental, ne permet pas aux auteurs de projeter la réalisation des autres sous-types de tâches comme des intérêts multiples de I_1 .

Dans le cadre de sous-types de tâches associés à la combinaison des unités de temps de placement des capitaux, analysons l'exemple tiré à la page 128 où le temps de placement est exprimé en 2 ans 3 mois 10 jours. Dans cet exemple, les auteurs considèrent ce temps comme correspondant ; et alignent ce temps dans le type de tâche I_4 . Nous pensons que ce temps sera considéré en jours après le traitement des unités des temps combinées. Cette considération nous amène à dire que I_4 est un sous-type de tâche complexe.

Dans le passage de 1 an à un temps donné (5ans), une réduction à l'unité est présente dans le cadre du passage d'I.U.R(Intérêt unitaire de référence) au capital donné. Nous remarquons, dans le cadre du changement de temps, le passage d'un an en 5ans, l'intrusion de l'application du raisonnement proportionnel dans l'application de la technique τ_{RI2} . Par ailleurs, pour τ_{FI} , les formules présentées sont les suivantes :

$$i = \frac{C \times r \times t}{100}, i = \frac{C \times r \times t}{100 \times 12} \text{ et } i = \frac{C \times r \times t}{100 \times 360}$$

² Au travers de l'enquête réalisée auprès de 41 enseignants dans le cadre de notre recherche doctorale, il ressort que le manuel « PRATM 6 » est le plus dominant.

Elles représentent respectivement i_a , i_m et i_{jours} .

Dans ce manuel, la réalisation de ces deux techniques indiquées nécessite la mise en œuvre de deux types d'intérêts unitaires identifiés : l'intérêt unitaire de référence noté (I.U.R) et qui correspond à 100 FC pris comme capital unitaire de référence noté (C.U.R), et l'intérêt unitaire simple (I.U.S) correspondant à 1 FC pris comme capital unitaire simple (C.U.S).

• Fragments du bloc praxis relatifs au calcul du capital

Dans ce travail, nous noterons les différents résultats c_d de ces différents sous-types de tâches C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 et C_6 respectivement par C_a , C_{na} , C_m , C_{jours} et C_c , qui représentent chacun le capital défini selon le temps défini par le sous-type de tâche.

Dans la praxis (t , τ), 2 techniques sont associées notamment la règle de trois et l'application des formules notées respectivement par $\tau_R C_j$ et $\tau_F C_j$. Les sous-types de tâches associés au type de tâche C sont au nombre de 6. Il s'agit de : C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 et C_6 . Deux techniques y sont rattachées à savoir : la règle de trois et l'application des formules représentées respectivement par : $\tau_R C_j$ et $\tau_F C_j$. Les sous-types de tâches C_2 , C_4 et C_5 sont repérés dans les exercices non résolus. Une façon de dire que les deux techniques de résolution ne sont pas visiblement appliquées dans ces sous-types de tâches.

Dans différentes transformations de C_1 à d'autres C_j rattachés aux différents sous-types de tâches impliquant la technique τ_R , la règle de trois simple inverse intervient dans C_2 , C_3 , et C_4 . La page 131 en fait l'illustration :

« Quel capital qui, placé à 4% pendant trois mois, rapporte un intérêt de 300 FC ? ».

- Pour produire 4 FC en 12 mois, on place 100 FC
- Pour produire 1 FC en 12 mois, on place $\frac{100 \text{ FC}}{4}$
- Pour produire 300 FC en 12 mois, on place $\frac{100 \times 300 \text{ FC}}{4}$
- Pour produire 300 FC en 1 mois, on place $\frac{100 \times 300 \times 12 \text{ FC}}{4}$
- Pour produire 300 FC en 3 mois, on place $\frac{100 \times 300 \times 12 \text{ FC}}{4 \times 3} = 30\,000 \text{ FC}$.

Dans la solution de cet exercice, une double règle de trois est identifiée: De 4 FC à 300 FC d'une part, et de 12 mois à 3 mois d'autre part, et ce avec deux notions respectivement la règle de trois simple et la règle de trois simple inverse. Dans chaque sous-type de C résolu, les auteurs, bien qu'ils n'appliquent pas la technique τ_F , ils la font suivre d'une simple présentation des formules qui apparaissent comme une simulation.

Dans ce manuel, deux types de capitaux sont identifiés dans le type de tâche C notamment : le capital unitaire de référence noté (C.U.R.) qui correspond à 100 FC, et le capital unitaire simple (C.U.S.) qui correspond à 1FC. Toutefois dans C_6 , le manuel traite les cas où le capital est placé en une durée qui est fixée en années. Il est question ici de déterminer au préalable le capital de départ et son l'intérêt dont la somme devient le C.U.R qui sera réduit à l'unité en termes de C.U.S. Par ailleurs, pour $\tau_F C_6$ l'application des formules correspondantes sont données selon le temps de placement de la manière suivante:

$$C = \frac{(c+i)x100}{100 + (rXt)}, C = \frac{(c+i)x100}{100 + (\frac{rXt}{12})}, C = \frac{(c+i)x100}{100 + (\frac{rXt}{360})}$$

Elles représentent respectivement C_a , C_m et C_{jours} . Nous pensons que la naturalisation de cette technique rattachée à ces formules n'est pas certaine, car leur évolution n'est pas convaincante et leur portée risque d'être insatisfaisante.

• Fragments du bloc praxis relatifs au calcul de taux d'intérêt

Les sous-types de tâche associés au type de tâche r sont r_1 et r_5 . Deux techniques sont identifiées : $\tau_R r_j$ et $\tau_F r_j$. Bien que les auteurs aient fixé les sous titres indiquant les sous-types de tâches r_2 , r_3 et r_4 , le contenu des exemples résolus ne relèvent pas de ces 2 différents sous-types de tâches. Le sous-titre de r_2 traite de la matière de r_1 . Pour r_3 et r_4 , il s'agit plutôt de r_5 car le temps de placement correspond à une durée complexe. Dans ce cas, l'exemple de la durée de placement de 1 an 7 mois et 29 jours est considérée par les auteurs comme temps exprimé en jours.

Cependant, dans les exercices non résolus, nous notons la présence des sous- types de tâches rattachés respectivement à r_2 , r_3 et r_4 . L'absence des exercices résolus concernant ces trois derniers sous-types de tâches laisse voir le manque de mise en œuvre de deux techniques identifiées. Le calcul du taux est obtenu par la conversion en pourcentage de l'intérêt rapporté par

le C.U.R. en 1 an. Pour y arriver, deux séries de règles de trois (la règle de trois simple et la règle de trois inverse) sont identifiées dans le passage du temps donné à la durée annuelle, et du capital donné au C.U.R.

Pour la technique τ_{fr} , ce manuel présente les formules relatives au calcul de taux d'intérêt de la manière suivante :

$$r = \frac{iX100}{CXt} \quad r = \frac{iX100X12}{CXt} \quad \text{et} \quad r = \frac{iX100X360}{CXt}$$

• Fragments du bloc praxis relatifs au calcul de temps

Le sous-type de tâche attaché au calcul de temps est noté par t. Notons que dans ce type de tâche, seule la transformation du résultat trouvé peut indiquer le type de durée de placement. Dans ce travail, nous noterons divers résultats de ces différents sous-types de tâches t_1, t_2, t_3 respectivement par t_a, t_m et t_{jours} , qui représentent respectivement le temps de placement en année, en mois et en nombre des jours. Par ailleurs, les techniques associées à ce type de tâche sont la règle de trois et l'application de la formule notées respectivement par τ_{Rtet} et τ_{ft}

En rapport avec les exercices résolus, un seul type de tâche est identifié, et qui correspond à une durée équivalente à un multiple de mois. En s'appuyant sur les formules, les auteurs présentent les formules correspondantes au temps en jours, en mois et en années. Dans les exercices non résolus, les sous-types de tâches ne sont pas identifiés, et ce compte tenu du caractère de l'énoncé. Il nous convient de ne pas caractériser les différents sous-types de tâches qui ne sont pas précis dans l'énoncé. C'est ainsi que 1 seul sous – type de tâche est identifié et simulé à « t » comme type de tâche. Deux techniques rattachées à ce type de tâche, il s'agit de τ_{Rt} et τ_{ft} . La première s'articule autour de la règle de trois simple inverse, et la deuxième se base sur l'application des formules suivantes :

$$t = \frac{iX100X360}{CXr}, \quad t = \frac{iX100X12}{CXr}, \quad t = \frac{iX100}{CXr} \quad \text{selon qu'il s'agit d'exprimer le temps en jours, mois ou années.}$$

5.1.3 DÉTERMINATION QUANTITATIVE DE TÂCHES DANS LE MANUEL

Dans ce manuel, nous avons répertorié 74 tâches associées aux différents types de tâches identifiés. Les types de tâches I, C, r et t comprennent respectivement 23, 27, 6 et 18 tâches. La fréquence de C (soit 36,4%) est supérieure aux autres fréquences de l'ensemble des tâches identifiées. Par ailleurs, le type de tâche t avec ses 6 tâches (soit 8,1%) montre combien l'organisation mathématique mixte est faible autour des types de tâche t.

Sur ces 23 tâches du type I, le sous- type de tâche I_1 a un caractère légal. Cette fréquence ne devrait pas justifier le rôle fondamental qu'il joue dans la résolution des problèmes en étude. Sa naturalisation faciliterait l'exécution des autres sous-types de tâche. Etant donné les conditions d'emploi des techniques τ_{C5} , τ_{C6} , τ_{fr} et τ_{fr} , le nombre des exercices proposés à leur égard, semble rendre leur portée insatisfaisante voire intelligible par l'élève. Nous pensons que ces techniques ne pourront pas évoluer de manière convenable dans l'avenir. En revanche, la technique τ_{I1} est facile à utiliser et suffisante. Elle a une portée satisfaisante et favorise son évolution dans l'avenir.

5.2 TYPOLOGIE DES FRAGMENTS DES BLOCS DES SAVOIRS (Θ_Y, Θ) DE LA TÉTRADE PRAXÉOLOGIQUE [$T/\tau/\theta/\Theta$]

5.2.1 DÉTERMINATION DES FRAGMENTS TECHNOLOGIQUES DES BLOCS DES SAVOIRS (Θ_Y, Θ)

Dans « PRATM6 », la technique τ_R est expliquée, et justifiée par les éléments technologiques, notés Θ_1 , couvrant les définitions du pourcentage, du taux d'intérêt et du rapport. Ils sont présents dans le manuel (respectivement dans les pages 119 -124, 126, 69) et sont formulés comme suit : pour le rapport «... $A = 10$ FC, $B = 40$ FC, la part de A et la part de B sont dans le rapport de 1 à 4 ; le rapport de la part de A à la part de B est la fraction $\frac{10}{40}$ ou $\frac{1}{4}$. Toutes les propriétés des fractions valent également pour les rapports ». Le taux d'intérêt (r) défini comme « l'intérêt produit par 100 FC pour une durée de placement (t).... Le taux d'intérêt est toujours exprimé en pourcentage ». Ces éléments technologiques devraient être justifiés par le discours concernant la multiplication et division des grandeurs (concrètes et abstraites), et la définition de taux. Leur absence dans ce manuel caractérise l'incomplétude du bloc de savoir.

Par ailleurs, la technique τ_f tire sa légitimité de la technique τ_R du fait qu'elle est définie comme substitution des composantes numériques de chacun des résultats des cas traités grâce à la technique τ_R par les composantes littérales correspondant aux initiales des objets extra-mathématiques en étude. Dans ce cas, τ_R reconnue comme technique, est considérée aussi comme technologie Θ_2 qui joue la fonction de production de technique de τ_f . Toutefois, les éléments technologiques de Θ_1 justifient aussi la technique τ_R .

Voyons cet exemple : « Un capital de 6800 FC a rapporté 360 FC en une année. A quel taux était-il placé ? » (PRATM6, p.138). Les auteurs, sur base de composantes de la solution ou de l'avant dernière étape de la solution trouvée par la technique τ_R où $r = \frac{360 \times 100}{6800}$, ont inféré que $r = \frac{i \times 100}{cx t}$. Il en est de même pour les autres sous-types de tâches identifiés dans ce travail, hormis I_1 .

Au regard des éléments technologiques évoqués ci-dessus, nous mettons en évidence les 2 blocs des savoirs (θ_Y, θ) notamment (θ_1, θ), (θ_2, θ), où $Y = 1$ ou 2 .

5.3 ELABORATION DES CORRESPONDANCES ENTRE LES BLOCS DE LA TÉTRADE PRAXÉOLOGIQUE

5.3.1 COMPARAISON DES FRAGMENTS DU BLOC PRAXIS (T/τ)

Toutes ces deux techniques rattachées aux sous types de tâches de genre de tâche « calculer ». Bien que le verbe d'action semble changer quelque fois (« *A quel taux faut-il placer..., Quel capital...*»), mais sa forme sémantique s'articule toujours autour de « calculer ». Cela montre le caractère statique de ces sous types de tâches. Nous assistons à des praxéologies mixtes de type « routinier », « récurrent ». Nous souhaitons voir l'élaboration des sous-types de tâches « comparer », « établir le rapport.. », « justifier la supériorité ou l'infériorité de.. », « trouver le plus petit ou le plus grand taux ». Cela contribuerait au développement de raisonnement dans les activités mathématiques de recherche relatives aux problèmes en étude.

5.3.2 COMPARAISON DES BLOCS (θ_1, θ_2) DE CHAQUE MANUEL

Les éléments technologiques distinctement présentés dans le manuel « PRATM6 » sont les grandeurs directement proportionnelles, la définition du taux d'intérêt, le tant pour cent, le rapport. Deux discours θ_1 et θ_2 jouent deux fonctions : justifier et expliquer les deux techniques τ_p et τ_R dans l'établissement de la relation entre les grandeurs directement proportionnelles. Par ailleurs, dans les blocs (θ_1, θ) et (θ_2, θ), la technologie du bloc du savoir (θ_2, θ) semble être éloignée du premier bloc, et évolue parallèlement au premier bloc.

5.3.3 CORRESPONDANCES ENTRE LES DEUX BLOCS PRAXÉOLOGIQUES (T, τ) ET (θ, θ): DES PRAXÉOLOGIES LOCALES ET PONCTUELLES

L'analyse de ce manuel nous a permis d'identifier 2 types de technologies associés aux blocs des savoirs (θ_Y, θ) notamment θ_1 et θ_2 où $Y = 1, 2$.

En établissant des correspondances entre les différents blocs technologico- théoriques et les praxis (T_i, τ_x), nous dégagons, autour du bloc (θ_1, θ) associé aux praxis (T_i, τ_x), la praxéologie locale ($T_i, \tau_x, \theta_1, \theta$) où $x = R$; $T_i = I, C, r$ et t ; $Y = 1$ et 2 , ainsi que les praxéologies ponctuelles ($T_{ij}, \tau_x, \theta_1, \theta$) où $j = 1, 2, 3, 4, 5$ et 6 .

La praxéologie locale ($I, \tau_x, \theta_1, \theta$) et les praxéologies ponctuelles ($I_j, \tau_x, \theta_1, \theta$) où $j = 1, 2, 3, 4$ et 5 et $X = R$; toutes associées à la praxis (I, τ_x) en sont des illustrations. Il en est de même autour des blocs (θ_2, θ) où nous avons des praxéologies ponctuelles ($T_{ij}, \tau_x, \theta_1, \theta$) où $j = 1, 2, 3, 4, 5$ et 6 , et ($C_j, \tau_x, \theta_2, \theta$) où $j = 1, 2, 3, 4, 5$ et 6 .

D'une manière générale, autour des blocs (θ_Y, θ) associés aux praxis (T_i, τ_x), nous avons les praxéologies locales ($T_i, \tau_x, \theta_Y, \theta$) où $Y = 1$ et 2 , et les praxéologies ponctuelles ($T_{ij}, \tau_x, \theta_Y, \theta$) où $j = 1, 2, 3, 4, 5$ et $T_i = I, C, r$ et t . L'élaboration de ces différents niveaux des praxéologies nous permet de caractériser le premier niveau de spécification des types de tâches associé aux praxéologies ponctuelles spécifiant les sous-types de tâches de tâches identifiées. L'existence de ces différents niveaux praxéologiques confère à l'enseignement et apprentissage des problèmes en étude un caractère d'activité mathématique large.

5.4 ANALYSE DES ORGANISATIONS DIDACTIQUES DES MANUELS

Les manuels scolaires utilisés tant par les enseignants que les élèves sont des outils indispensables fournis par les auteurs en vue de leur permettre de remplir leurs tâches respectives. C'est ainsi que, l'étude que nous comptons faire sur les organisations didactiques des manuels porte sur le comment les manuels scolaires aident les enseignants à préparer leurs cours et les élèves à apprendre.

5.4.1 TYPOLOGIE DES INSTANTS FRAGMENTAIRES DIDACTIQUES

Les moments didactiques que nous identifions seront présentés selon leur apparition dans chaque manuel.

- Le moment de la première rencontre se réalise dans les activités préparatoires. Il apparaît dans l'exemple introductif de la rubrique « Dis ». Il comprend les définitions des concepts relatifs aux problèmes en étude.
- Moment d'institutionnalisation a lieu dans la rubrique « Retiens ». Il fixe les définitions, les remarques et formules y rattachées. Le premier aspect du moment de la construction technologico-théorique y est mêlé.
- Moment d'exploration des types de tâches et l'élaboration des techniques se laisse voir dans chaque leçon, excepté le moment de la première rencontre. Il intervient seulement après l'institutionnalisation, d'une part des définitions et remarques de la rubrique « Dis », et d'autre part de la rubrique « Retiens ». Il se réalise aussi au moment de l'évaluation.
- Moment d'évaluation se réalise dans les exercices de fin de chaque leçon.

5.4.2 COMMENTAIRES

De prime à bord, nous disons que l'étude écologique menée nous a révélé que le dans le programme national, la notion de taux n'est prévue nullement dans sa forme générale. Ceci caractérise la première piste de l'enseignement des problèmes en étude. Conséquemment, cette absence peut avoir d'impact dans la compréhension de l'expression de taux d'intérêt. L'existence de plusieurs sous types de tâches peut aussi avoir de l'impact sur le temps didactique de l'enseignement des problèmes en étude.

L'incomplétude de type de tâche I caractérisée par la quasi absence de I_1 , comme outil fondamental de l'enseignement et apprentissage des problèmes en étude, pourra se constituer en une pesanteur dans l'exécution des autres types de tâches identifiés dans cette étude. Nous pensons que l'intégration des tâches d' I_1 serait d'un apport considérable dans la praxéologie mixte des autres types de tâches des problèmes sous examen.

Dans ces problèmes, les unités de mesure de temps occupent une place indispensable. Mais leur position en aval de ces problèmes ne faciliterait pas l'élève à sa mise en application. Notre souhait est que le point relatif aux unités de temps soit traité en amont des problèmes sous examen pour une intégration optimale dans l'enseignement et apprentissage de ces problèmes.

Concernant le temps de placement, les auteurs font remarquer : « la durée de placement est de 360 jours, 52 semaines ou 12 mois pour une année et de 360 jours pour un mois » (PRATM6, p. 126). Ils auraient dû le faire aussi pour la combinaison des unités de temps telle que 4 ans 3mois 17 jours.

En rapport avec la fonction de production des techniques, la stratégie adoptée par les auteurs tient bon dans la production de différents types de tâches excepté dans les sous- types de tâches r_2 , r_3 et r_4 . Ils substituent les composantes numériques de chacun des résultats par des composantes littérales correspondant aux initiales des objets extra-mathématiques en étude. Cette transposition est faite sous la forme de passage en force sans fondement ni cohérence. L'exemple que nous donnons illustre bien cette forme de transposition : « A quel taux a-t-on placé un capital de 7200 FC qui a rapporté 900 FC d'intérêts en 2ans et 8 mois ? » (Ibid. p.138-139). L'avant dernière étape de la solution trouvée par la technique τ_R donne $[r = \frac{360 \times 100}{7200}]$, et conduit les auteurs à conclure que $[r = \frac{iX100X12}{CXt}]$.

Pendant l'institutionnalisation, les auteurs notent que le taux d'intérêt est toujours exprimé en %. Il est l'intérêt produit par 100 FC pour une durée de placement. Qu'en est-il de l'intérêt de 200 FC, de 9000 FC ... Ils auraient dû faciliter la compréhension de la relation existant entre un taux exprimé en pourcentage et celui défini en langage naturel, et ce, de la manière suivante : 30 FC d'intérêt produit par 100 FC en un an peut être noté par le rapport $\frac{30}{100}$ en un an et l'exprimé autrement comme suit : 30% en un an ou 30% l'an.

L'absence des éléments technologiques correspondant au discours θ_{GP} devrait pleinement jouer dans ce manuel « PRATM6 » la fonction relative à l'établissement de la relation concernant le passage d'une grandeur donnée à une autre demandée via la réduction à l'unité. Une difficulté inhérente se trouve dans le cas de sous-type de tâche C_6 qui nécessite une bonne maîtrise des propriétés et des opérations des fractions pour calculer :

$$\left[C_m = \frac{(c+i)x100}{100+(\frac{rx}{12})} \right] \text{ et } \left[C_j = \frac{(c+i)x100}{100+(\frac{rx}{360})} \right]$$

Au regard de l'hypothèse relative à la difficulté de rétention des formules (Wane, 2015), nous pensons que la rétention et la reproduction formelle des formules du « Je retiens », peut constituer une difficulté d'apprentissage.

6 CONCLUSION

L'étude praxéologique que nous venons de réaliser dans le manuel le plus dominant, nous a permis d'identifier sur les 17 sous types de 4 types de tâches identifiés, deux techniques permettent de les réaliser. Deux catégories de technologies issues d'un même discours théorique sont dégagées. Elles permettent de justifier ou d'expliquer les techniques identifiées caractérisant deux blocs technologico- théoriques : (θ_1, θ) et (θ_2, θ) . Cependant, les définitions données pour le taux d'intérêt sont sujettes à plusieurs interprétations. De ces deux blocs des savoirs, nous avons dégagé des praxéologies ponctuelles $(T_{ij}, \tau_x, \theta_y, \theta)$ où $j = 1, 2, 3, 4, 5$ et $T_i = l, C, r$ et t dans les praxéologies locales $(T_i, \tau_x, \theta_y, \theta)$ où $y = 1$ et 2 , associés aux praxis (T_i, τ_x) . Cela favorise des activités mathématiques y relatives larges avec un repliement temporel.

Aussi, Il ressort de cette étude que les praxéologies étudiées, bien que hiérarchisées, elles sont routinières, récurrentes et traditionnelles. Elles sont axées sur un seul type de genre de tâches. Elles inhibent la vie du raisonnement proportionnel et de la recherche. Son incomplétude dénote d'une organisation mathématique mixte moyenne autour de ces 3 premiers sous-types de tâches. Etant donné les conditions d'emploi des techniques τ_{FC5} , τ_{FC6} , τ_{FR} et τ_{FR} , le nombre des exercices proposés à leur égard semble rendre leur portée insatisfaisante voire intelligible par l'élève. Nous pensons que ces techniques ne pourront pas évoluer de manière convenable dans l'avenir. Nous espérons que les auteurs des manuels scolaires et les formateurs des enseignants tiendront compte des remarques faites dans cette recherche.

REFERENCES

- [1] ARTAUD, M.(1997) *L'écologie des organisations mathématiques et didactiques* », In Bailleul et al. (eds.), Actes de la IXème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques, Houlgate, pp. 101- 139.
- [2] ASSUDE T.et MARGOLINAS C,(2005)Aperçu sur les rôles des manuels dans la recherche en didactique des mathématiques ; In BRUILLARDE.(dir.),Manuels scolaires, regards croisés, pp. 231-240, CRDP Basse Normandie.
- [3] BWEYASA MAYENDE et al, (2004) *Pratiques de Mathématiques à l'école primaire 6*, Manuel agréé sous le n° DEPS/PMO/SG/80/131/88, New SCOLOT édition.
- [4] Chevallard, Y. (1989) Le concept de rapport au savoir, rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique, IMAG, p. 211-235. Institut Fourier. Grenoble.
- [5] Chevallard, Y. (1991) La transposition didactique, Du savoir savant au savoir enseigné », Grenoble : La pensée Sauvage éd. 2nde édition.
- [6] Chevallard, Y.(1999) La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique ». Recherches en didactiques des mathématiques, Vol. 19-1, p. 77-124. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- [7] Chevallard, Y.(2003) Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des Mathématiques, In S. Maury & M. Caillot (sous la direction de), Rapport au savoir et didactiques, Education et sciences. Paris : Fabert, pp 81-104.
- [8] Chevallard, Y.(2017) *La TAD et son devenir : rappels, reprises, avancées*, In G. Cirade et al. (Éds), Évolutions contemporaines du rapport aux mathématiques et aux autres savoirs à l'école et dans la société (pp. 27-65).
- [9] Hersant, M (2001) Interactions didactiques et pratiques d'enseignement, le cas de la proportionnalité au collège, Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, Université Paris 7- Denis Diderot.
- [10] MINEPSP (2009) Programme National des Mathématiques, Enseignement Primaire. Kinshasa, Direction de programme et matériels didactiques, Edition électronique.
- [11] Wane Mondoni (2016) Résolution de problèmes relatifs à l'achat et vente : Analyse des Pratiques enseignantes dans les classes de Sixième année primaire », in Presses de l'Université Pédagogique Nationale (PUPN)-CRIDUPN N° 067a, pages 141-153, Kinshasa, R.D. Congo.
- [12] Wane Mondoni et Engombe Wedi Shamba (2017) *Ecologie des problèmes mathématiques afférant au taux d'intérêt dans le programme national et manuel de mathématique de la sixième année primaire* », In Presses de l'Université Pédagogique Nationale (PUPN)-CRIDUPN N° 073d, pages 163-173, Kinshasa, R.D. Congo.

Contribution de l'usage des systèmes d'information à la résilience de la chaîne logistique globale : Élaboration d'un modèle théorique

[Contribution of the use of information systems to the global supply chain resilience : Elaboration of a theoretical model]

Abdelilah ELKHARRAZ¹ and Kamar MOUKADEM²

¹Enseignant-Chercheur, Equipe de Recherche : Management & Systèmes d'Information,
Responsable de l'Equipe de Recherche Management & Systèmes d'Information (ER-MSI),
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Tanger,
Université Abdelmalek Essaâdi, Maroc

²Doctorante en Sciences de Gestion, Equipe de Recherche : Management & Systèmes d'Information,
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Tanger,
Université Abdelmalek Essaâdi, Maroc

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

ABSTRACT: This article aims to propose a theoretical research model around information systems to explain the process by which information systems contribute to the global supply chain resilience by taking into account the users' point of view contributing in different activities of the supply chain. Methodologically, we have used a theoretical exploration of the choice of reference models for inter-organizational information systems in the context of the supply chain. The results obtained from this research enabled us to justify the evaluation dimensions used for our research as well as the extension variables of the reference model.

KEYWORDS: Information Systems, Resilience, Uncertainty , Integration, Flexibility.

RÉSUMÉ: L'objectif de cet article est de proposer un modèle de recherche théorique autour des systèmes d'information pour expliquer le processus par lequel les systèmes d'information contribuent à la résilience de la chaîne logistique globale en s'attachant au point de vue des utilisateurs contribuant aux différentes activités de la chaîne logistique. Sur le plan méthodologique, nous avons eu recours à une exploration théorique par rapport au choix des modèles de référence en matière des systèmes d'information inter-organisationnels dans le contexte de la supply chain. Les résultats obtenus de cette recherche nous ont permis de justifier les dimensions de l'évaluation retenues pour notre recherche ainsi que les variables d'extension du modèle de référence.

MOTS-CLEFS: Systèmes d'information, Résilience, Incertitude, Intégration, Flexibilité.

1 INTRODUCTION

Avec la globalisation croissante de l'activité économique et le développement rapide des technologies de l'information et de la communication, les entreprises industrielles cherchent à développer et à organiser des réseaux mondiaux stratégiques

et efficaces. Ces réseaux, que l'on appelle souvent une chaîne logistique globale, visent à intégrer des sources d'approvisionnement, de production et de distribution des produits [1].

Le réseau de la chaîne logistique globale actuelle, traverse des pays divers ou même des continents. L'essor global de ce réseau n'épargne aucun espace offrant des possibilités de création de valeur. Ainsi, grâce à la modernisation progressive de son tissu industriel national, le Maroc a pu s'intégrer aux supply chains globales en créant un environnement incitatif à l'implantation de filiales de grands donneurs d'ordre internationaux dans ce pays.

Dans ce contexte, l'interdépendance croissante entre l'ensemble des entreprises de la chaîne logistique (y compris les entreprises industrielles au Maroc) a amplifié le potentiel pour que les effets des perturbations même s'ils se produisent dans un endroit éloigné d'un membre, entravent inévitablement la fluidité des flux physiques et informationnels tout au long de la chaîne logistique globale [2].

Ainsi, selon la présidente du Conseil de la compétitivité [3], «Gérer des perturbations dans un environnement incertain est un défi de compétitivité émergente - un défi qui exige une résilience».

La capacité à réagir à une perturbation inattendue et ensuite restaurer les opérations à la normale connue sous le terme de la résilience [4], apparaît dans ce contexte, comme un concept pertinent pour analyser la continuité et la fluidité des flux physiques par une exploitation globalement optimisée des flux informationnels dont l'objectif est d'assurer la coordination de l'ensemble des entreprises de la chaîne logistique.

Pour ce faire, ces entreprises exigent souvent que leurs partenaires de la chaîne mettent en œuvre des processus communs qui nécessitent la mise en place des systèmes automatisés partagés qualifiés des Systèmes d'Information Inter-Organisationnels (SIIO). Ces systèmes permettent aux acteurs de la supply chain d'échanger et de partager les informations tout au long de la chaîne logistique globale [5].

Les questions posées par les chercheurs en matière de la modélisation de la résilience de la chaîne logistique s'attachent à analyser les facteurs de vulnérabilité ou les capacités que les acteurs d'une chaîne logistique doivent développer pour augmenter la résilience de leurs supply chains. En effet, ces travaux se concentrent davantage sur la rupture des flux physiques qui est facilement observable et chiffrable et pourtant peu de chercheurs ont cherché à comprendre en quoi les systèmes d'information, peuvent contribuer à la capacité de résilience de leurs supply chains [6], sachant que les flux physiques sont étroitement liés aux flux informationnels qui permettent d'en assurer le pilotage.

C'est cette lacune dans la littérature qui nous ouvre une opportunité de recherche visant la proposition d'un modèle théorique permettant d'évaluer la contribution de l'usage des systèmes d'information à la résilience de la chaîne logistique globale.

Par ailleurs, depuis le milieu des années 1990, la recherche s'est intéressée à l'évaluation des systèmes d'information inter-organisationnels [7]. Des chercheurs ont analysé ainsi l'impact de ces systèmes sur la structure et la gestion des chaînes logistiques et concluent que les systèmes d'information inter-organisationnels permettent de développer des relations de collaboration contribuant ainsi à rendre l'ensemble de la chaîne plus compétitive [8].

A cet égard, notre recherche étant à la frontière de disciplines de la logistique et des systèmes d'information, s'inscrit dans la continuité de ces travaux de recherche et porte sur la problématique d'évaluation des SIIO dans le contexte de la résilience de la supply chain.

Ainsi, dans cet article, nous commencerons de prime à bord par le contexte et la problématique de recherche ainsi que le cadre théorique pour présenter les concepts et les perspectives sur lesquels nous nous fondons pour aborder notre objet de recherche. Ensuite, nous présenterons notre cadre de référence basé sur les travaux mobilisant les critères d'évaluation du « Fit » pour que par la suite, nous construisions notre modèle théorique de recherche via l'ajout des variables d'extension favorisant la contribution des SI à la résilience de la chaîne logistique globale. Enfin, nous discuterons quelques perspectives de notre recherche.

2 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Aujourd'hui, les chaînes logistiques globales sont devenues de plus en plus significatives en reliant les pays en développement aux marchés internationaux. Auparavant, les opérations des chaînes logistiques globales étaient limitées à quelques secteurs économiques et se limitaient essentiellement aux pays développés [9]. Les changements récents dans le monde des affaires et les améliorations apportées au Supply Chain Management ainsi que les changements dans la structure industrielle des pays en développement ont permis à ces pays d'intégrer les chaînes logistiques globales [10]. L'exemple typique

de cette intégration est l'industrie automobile où les réseaux de production et de distribution ont émergé globalement et où les fournisseurs des pays en développement prennent leur part [11].

L'industrie marocaine ne fait pas l'exception. Nul ne peut aujourd'hui nier la place qu'occupe l'industrie automobile au sein de l'économie marocaine. Dominée majoritairement par les équipementiers automobiles, ce secteur a enregistré une croissance non négligeable et continue au cours des dix dernières années. En effet, il occuperait fièrement la deuxième place de producteur automobile en Afrique et le premier secteur d'exportation du Maroc [12].

A ce niveau, l'industrie automobile représente aujourd'hui un secteur à forte valeur ajoutée. Nombreux sont les acteurs qui interagissent au sein de cette industrie: concepteurs, assembleurs, fournisseurs de pièces, équipementiers, transporteurs, commerciaux [13].

En général, l'industrie automobile est caractérisée par une supply chain complexe et fragile. Ceci s'explique principalement par les incertitudes environnementales auxquelles sont confrontés les partenaires de la supply chain et la dépendance des entreprises vis-à-vis leurs partenaires [14], [15]. Pour gérer ces incertitudes, les entreprises de l'industrie automobile ont tendance à investir massivement dans la mise en place des systèmes d'information inter-organisationnels avec leurs partenaires de la chaîne logistique. Ces systèmes favorisent la collaboration entre les acteurs de la chaîne rendant alors l'information disponible pour des prises de décisions réactives et des actions sur le marché et par conséquent, ils contribuent à la résilience de la chaîne logistique globale [16], [17], [18].

Parce que chaque entreprise de l'industrie automobile est au cœur d'un réseau [19] et liée par des processus logistiques inter-organisationnels, nous étudions les liens entre l'usage des systèmes d'information qui les soutiennent et la résilience de la chaîne logistique globale. Ainsi, notre problématique générale de recherche peut s'énoncer comme suit : **Dans quelle mesure l'usage des systèmes d'information contribue-t-il à la résilience de la chaîne logistique globale dans le cas des entreprises de l'industrie automobile au Maroc ?**

3 CADRE THÉORIQUE DE RECHERCHE

L'objectif de cette revue de littérature est de décrire et de justifier le cadre conceptuel que nous avons mobilisé. Elle vise à positionner la recherche par rapport à notre thématique, tant dans le champ de la recherche en logistique que celui des systèmes d'information.

Ainsi, nous présentons les différentes approches mobilisées ainsi que les liens reliant les concepts sur lesquels est fondée notre démarche de recherche.

Le bilan principal que l'on peut tirer de notre revue de littérature, consacrée spécifiquement aux travaux traitant les systèmes d'information de la supply chain, est la pénurie en matière des modèles de recherche orientée vers des systèmes d'information à caractère inter-organisationnel pour le contexte de la supply chain.

En plus, la plupart des recherches disponibles axées sur la modélisation de la chaîne logistique résiliente se concentrent principalement sur les facteurs de vulnérabilité ou les capacités que les acteurs d'une chaîne logistique doivent développer afin d'augmenter la résilience de leurs supply chains, mais la modélisation de la résilience de la chaîne logistique intégrant le rôle des systèmes d'informations dans ces cas particuliers n'a pas encore été profondément abordée [6].

Le présent travail s'intègre dans cette perspective, en cherchant à élaborer un modèle théorique d'évaluation de la contribution des SI à la résilience de la chaîne logistique globale.

A cet égard, notre recherche mobilise les travaux portant sur l'évaluation des SI dans un contexte inter-organisationnel [20], [21], ainsi que les travaux portant sur la résilience de la supply chain [22], [16].

3.1 LA RESILIENCE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE GLOBALE

L'évolution que connaît aujourd'hui le modèle de la Supply Chain est essentiellement une intensification et un changement radical des relations qui unissaient les différents acteurs de la chaîne logistique, ces relations sont devenues complexes, connectées et interdépendantes [23].

Les relations qui structuraient l'ancien modèle de la supply chain étaient linéaires et indépendantes. Aujourd'hui, nous nous sommes éloignés de ce modèle en silo, linéaire, vers un modèle en « réseau » basé sur des relations de co-crédation et de collaboration dans lequel les partenaires de la chaîne sont tous connectés et interdépendants (Figure1).

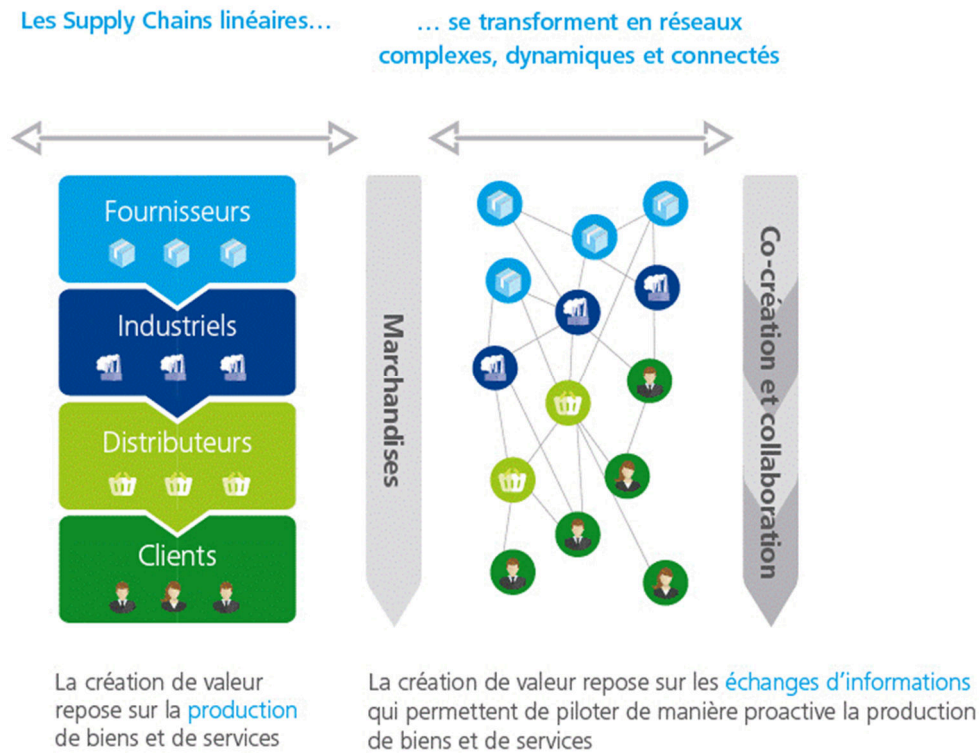


Fig. 1. L'évolution du modèle de la supply chain [24]

Ainsi, le nouveau modèle de la supply chain a permis le développement des réseaux mondiaux stratégiques et efficaces. Ces réseaux, que l'on appelle souvent une chaîne logistique globale, visent l'intégration des sources d'approvisionnement, de production et de distribution des produits.

Une chaîne logistique globale est définie comme un processus dynamique qui implique un flux constant d'informations et de matières au sein et entre les différents acteurs de la chaîne, y sont intégrés des activités telles que le transport, l'entreposage et le stockage, la manutention, la préparation des commandes, etc. » [25], [26].

La figure ci-dessous illustre l'entreprise au centre d'une chaîne logistique (réseau des fournisseurs et des clients), chacun des partenaires est lui-même intégré au centre d'une chaîne logistique avec ses propres fournisseurs et clients.

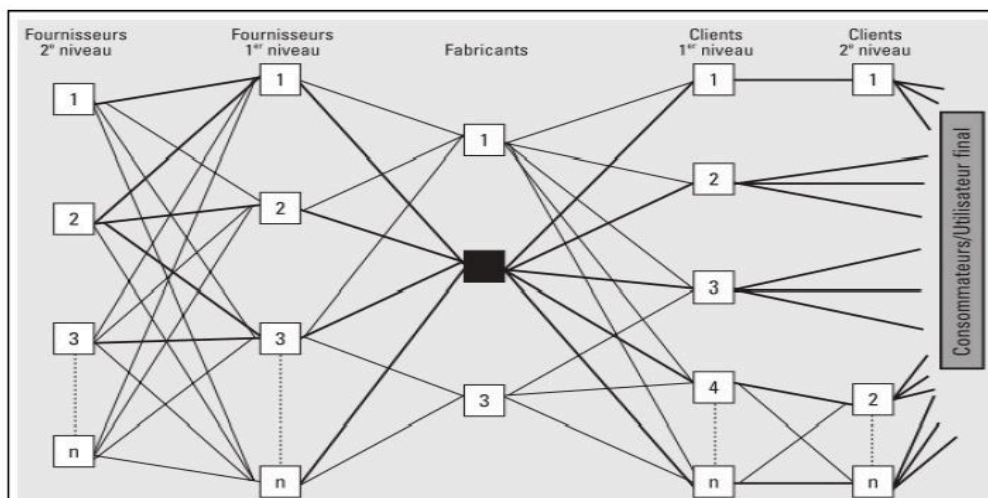


Fig. 2. Exemple d'une chaîne logistique globale [27]

D'après cet exemple, on remarque que les interdépendances de la chaîne logistique sont nombreuses et que les perturbations au niveau d'un maillon de la chaîne auront des répercussions sur l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique [28].

On entend par perturbation tout événement imprévisible, qui affecte le fonctionnement habituel et la stabilité d'une entreprise ou d'une chaîne logistique [29]. Gérer les perturbations dans un contexte d'incertitude constitue pour les entreprises un défi majeur qui exige une résilience. Une chaîne logistique qui est encore capable d'exécuter et de fournir des produits et services dans telles circonstances est caractérisée comme résiliente [30].

Étant donné que la résilience est un domaine émergent dans la gestion de la chaîne logistique (SCM), il n'existe pas une définition généralement acceptée et communément utilisée pour cette approche multidisciplinaire et multidimensionnelle [31].

Pour comprendre la résilience dans le contexte de la supply chain, les auteurs [22], à travers une étude approfondie de la littérature dans différentes disciplines (psychologie, écosystème...) ont défini la résilience comme «la capacité adaptative des chaînes logistiques à se préparer à des événements inattendus, à répondre aux perturbations et à s'en remettre tout en maintenant la continuité des opérations à un niveau souhaité de connexion et de contrôle sur la structure et ses fonctions».

Ainsi, pour qu'une chaîne logistique soit résiliente, les partenaires de la supply chain doivent développer des capacités d'anticipation, de réponse et de rétablissement afin de réduire la vulnérabilité de leurs chaînes aux perturbations [32]. Pour ce faire, la revue de littérature met en évidence plusieurs éléments définis par certains auteurs, comme des éléments formatifs de la résilience, [2], [30], d'autres les considèrent comme antécédents de la résilience de la supply chain [22], des concepts tels que (L'intégration, la visibilité, la collaboration, la redondance, la flexibilité, l'agilité et l'adaptabilité) ne sont que quelques antécédents de la résilience communément discutées dans la littérature.

3.2 LES SYSTEMES D'INFORMATION ET LA RESILIENCE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE

L'enjeu de la chaîne logistique globale reliant différentes unités (intra ou inter-entreprises) est d'assurer la continuité et la fluidité des flux physiques entre les différentes unités par une exploitation globalement optimisée des flux informationnels pour assurer la coordination entre l'ensemble des entreprises de la chaîne logistique.

Cette coordination ne peut être sans la mise en place des systèmes d'information permettant aux acteurs de la supply chain d'échanger, de partager ou de mettre à disposition les informations tout au long de la chaîne logistique globale [5].

Au sein d'une supply chain, la littérature en systèmes d'information fait la distinction entre deux principaux niveaux d'intégration des processus ayant pour objectif de soutenir la coordination au sein de la chaîne logistique : le niveau intra-organisationnel et le niveau inter-organisationnel [33].

Le premier niveau a pour objectif de soutenir les processus inter-fonctionnels au sein de la même organisation [34]. Le second niveau tend à améliorer la collaboration entre les différentes organisations contribuant à la même chaîne logistique à travers la mise en place des systèmes automatisés partagés qualifiés des SIIO «Systèmes d'Informations Inter-Organisationnels» [35].

Ainsi, grâce au support des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), le concept de Système d'Information, traditionnellement interne à une entreprise, peut s'étendre au-delà des frontières des organisations pour évoluer vers des Systèmes d'Information Inter-Organisationnels (SIIO).

Un système d'information inter-organisationnel (SIIO) est défini comme un système permettant l'échange et le partage des informations par une ou plusieurs organisations en créant des ressources d'information communes telles que des bases de données, des logiciels ou des réseaux de communication [36].

Depuis 1982, plusieurs chercheurs s'intéressaient à l'émergence de ces systèmes. Le SIIO est un construit théorique qui ne se réfère pas à une technologie ou une application spécifique mais plutôt à l'utilisation partagée d'une même technologie par plusieurs organisations liées dans des processus d'affaires. La recherche sur les SIIO a maintenant acquis une certaine maturité [7] et constitue un champ de recherche très actif [37].

A cet égard, nous nous intéressons aux applications et aux technologies qui soutiennent les processus logistiques au sein de l'entreprise et avec ses partenaires. Les principaux outils utilisés dans la supply chain sont définis dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. *Définition des principaux outils technologiques utilisés dans la Supply Chain [38]*

Terme générique	Définition	Objectif et fonctionnalité
CPFR	<i>Collaborative Planning and Forecasting Resplenishment</i>	Application qui utilise la technologie Internet afin de partager les prévisions de ventes et les programmes d'approvisionnement.
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>	Application visant à comprendre, à anticiper et à gérer les besoins de ses clients actuels et potentiels.
EDI	<i>Échange de Données Informatisé ou Electronic Data Interchange</i>	Terme générique définissant un échange d'informations automatique entre deux entités à l'aide de messages standardisés, de machine à machine.
ERP	<i>Enterprise Resource Planning ou PGI (Progiciel de Gestion Intégré)</i>	Progiciel d'application composé de plusieurs modules qui soutient et contrôle les processus d'affaires d'une entreprise.
APS	<i>Advanced Planning Scheduling</i>	Progiciel destiné à optimiser le travail collaboratif interentreprises et à soutenir le processus de prise de décision stratégique.
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>	Ensemble des modules fonctionnels permettant de couvrir les besoins de préparation, d'exécution et de suivi des tâches d'exécution de production.
MRP	<i>Manufacturing Ressource Planning</i>	Progiciel de gestion intégré spécialisé dans l'activité manufacturière.
SCE	<i>Supply Chain Execution</i>	Outil d'exécution de la chaîne logistique fonctionnant en temps réel. Son objectif est d'apporter une réponse immédiate à une demande complexe des clients.
SCM	<i>Supply chain Management System</i>	Système de logistique intégrée permettant de gérer de façon optimale la totalité des flux d'informations et physiques entre les différents acteurs, impliquant dans la supply chain.
TMS	<i>Transport Management System</i>	Application qui permet de planifier et d'exécuter le transport des marchandises dans toute sa complexité.
WMS	<i>Système de gestion d'entrepôts ou Warehouse Management System</i>	Progiciels destinés à gérer les opérations d'un entrepôt de stockage. L'objet est de prendre en compte les commandes clients et d'en optimiser la préparation.

Par ailleurs, le marché d'aujourd'hui est relié électroniquement et de nature dynamique. Par conséquent, les entreprises essaient d'améliorer la résilience de leurs supply chains dans le but d'être flexible et réactive pour répondre aux perturbations. Le lien entre systèmes d'information et résilience logistique fait l'objet d'un nombre restreint de publications académiques [6].

Dans un environnement incertain, plusieurs chercheurs ont confirmé que le partage de l'information et de la connaissance via un système d'information entre les partenaires de la chaîne logistique réduit l'incertitude et facilite des réactions et des interventions utiles ainsi qu'une prise des décisions efficaces [39], [40]. La capacité décisionnelle des systèmes d'information dans ce contexte d'incertitude constitue un prisme d'analyse de la résilience des chaînes logistiques [6].

Ainsi, grâce au partage et au transfert d'informations en temps réel entre les différents acteurs de la chaîne logistique et sa capacité décisionnelle, le système d'information permet d'anticiper, de réagir et de s'adapter à un environnement changeant, et par conséquent de contribuer à la résilience de la chaîne logistique globale [41].

4 CADRE DE RÉFÉRENCE

Notre recherche s'inscrit dans le champ de l'évaluation des systèmes d'information appliqués à un contexte logistique. La recherche sur l'évaluation du SI rencontre de nombreuses difficultés étant donné que «l'objet à évaluer, le système d'information, est de nature pluridimensionnelle et ses contours sont incertains, il est conçu, mis en place, utilisé par des acteurs au comportement imparfaitement prévisible, au sein d'organisations en perpétuelles mutations soumises aux

influences d'environnements» [42]. Malgré ces difficultés, la recherche sur l'évaluation des SI reste pourtant pléthorique et continue, et revêt des formes très diverses du fait des dimensions qui y sont mobilisées [43].

Nous choisissons de développer les travaux qui font sens avec notre objet de recherche afin de sélectionner des variables adéquates en fonction des objectifs de notre étude et du contexte organisationnel des entreprises de l'industrie automobile au Maroc.

4.1 ORIENTATION DE NOTRE DÉMARCHE D'ÉVALUATION

Les dimensions de l'évaluation retenues pour notre étude sont présentes dans la littérature, néanmoins leur application dans un contexte inter-organisationnel et sur l'activité logistique des entreprises de l'industrie automobile est un aspect original de notre recherche. Afin de justifier notre choix d'évaluation, nous présentons dans un tableau synthétique les dimensions de l'évaluation retenues.

Tableau 2. Synthèse des dimensions de l'évaluation des SI [44]

DIMENSIONS DE L'ÉVALUATION	
L'objet de recherche	Notre évaluation porte sur les applications technologiques mises à disposition des utilisateurs contribuant aux activités logistiques des entreprises de l'industrie automobile. Nous analysons le SI sous l'angle de sa dimension d'usage.
Le moment du cycle de vie de la technologie choisi [45]: - Evaluation ex-ante - Evaluation ex-post	Nous nous inscrivons dans une évaluation <i>ex-post</i> du système d'information, il s'agit d'une analyse a posteriori de l'implémentation du SI, nous intéressons à l'usage ordinaire du SI par les utilisateurs [45], [46].
La perspective de l'évaluation [47] (Evaluation de processus, de réponse et de l'impact)	Notre choix est orienté vers une approche processuelle de l'évaluation des SI dans le contexte de SCM [48]; le système d'information contribue à l'intégration des processus logistiques favorisant ainsi les dynamiques de collaboration entre les différentes entreprises de la chaîne logistique [49].
La mesure de l'évaluation [50]: (Financière, Stratégique, Opérationnelle)	Nous choisissons de nous concentrer sur la mesure opérationnelle. Notre évaluation porte sur l'adéquation entre les capacités des SI dédiés à l'activité logistique et les besoins des utilisateurs en mettant en exergue les effets de leur usage pour la résilience de la chaîne logistique globale.
Le niveau d'analyse [51]	Nous pouvons faire la distinction entre plusieurs niveaux d'analyse: organisationnel, collectif, technique et individuel. Au regard de notre problématique, nous nous focalisons sur le point de vue des utilisateurs du SI appliqué à un contexte inter-organisationnel.

4.2 POSITIONNEMENT THÉORIQUE

Généralement, les chercheurs en management des SI font la distinction entre deux principales approches d'évaluation : l'approche causale et l'approche processuelle [48].

Les auteurs se réclamant du premier courant, cherchent à analyser la relation de causes à effets entre des variables indépendantes (les investissements dans les SI) et des variables dépendantes (la performance de l'entreprise). Néanmoins, cette approche présente des limites notamment la non prise en compte des acteurs (utilisateurs des SI) sujet de notre recherche [52].

Le second courant se propose d'analyser le processus par lequel les SI contribuent à la performance de l'entreprise en distinguant entre trois sous approches ; l'approche basée sur les ressources, l'approche structurationniste et l'approche sociotechnique [53].

Au regard de notre problématique, nous nous intéressons au deuxième courant avec une perspective sociotechnique pour évaluer la contribution de l'usage des SI à la résilience de la chaîne logistique globale dans la mesure où l'entreprise de l'industrie automobile est vue comme un ensemble de sous-systèmes en interaction, où le sous-système technique (la technologie et les tâches) et le sous-système social (la structure et les acteurs) sont inter-reliés dans un contexte intra et inter-organisationnel comme le montre la figure ci-dessous.

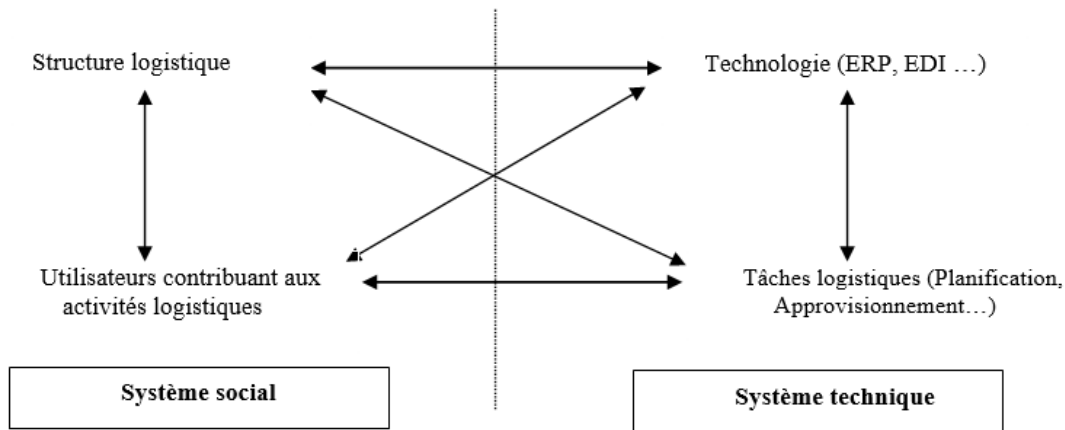


Fig. 3. Approche théorique adoptée (Adapté de [54])

4.3 MODÈLES DE RÉFÉRENCE THÉORIQUES

Dans le panorama de la recherche sur l'évaluation des systèmes d'information inter-organisationnels, la notion d'alignement (FIT) est saillante [20]. Les recherches qui reposent sur le construit du fit ont pour objet d'évaluer l'adéquation des capacités de la technologie adoptée aux besoins de l'organisation afin d'atteindre les objectifs de performance visés par l'utilisation des systèmes d'information [54].

Les travaux initiaux de cette théorie étaient intra-organisationnels. Les auteurs [55] et [21], ont proposé dans ce cadre le modèle «Performance-traitement de l'information». Ensuite, les auteurs [21], ont proposé l'adaptation de ce modèle dans le cadre des relations inter-organisationnelles liées aux technologies de l'information à travers leur modèle conceptuel de coordination inter-organisationnelle.

Par ailleurs, étant donné que la chaîne logistique globale suppose dans un contexte d'incertitude, la coordination des processus intra et inter-organisationnels, l'utilisation des systèmes d'information et une dimension plus stratégique qui est la gestion des relations entre les partenaires de la chaîne [56], nous avons trouvé que le « modèle conceptuel de coordination inter-organisationnelle » est le modèle le plus adapté à notre problématique de recherche, c'est ainsi que nous l'avons choisi comme modèle de référence.

Afin que notre modèle théorique de recherche puisse répondre parfaitement à notre problématique, nous essayerons de l'affiner et de le contextualiser par la suite en ajoutant des variables d'extension tirées de la revue de littérature en la matière.

4.3.1 LE MODELE PERFORMANCE-TRAITEMENT DE L'INFORMATION

Selon les auteurs [21], les organisations sont conceptualisées comme des systèmes de traitement de l'information. L'équilibre (ou alignement ou adéquation) entre besoins et capacités de traitement de l'information est appelé Fit, et ce Fit détermine la performance de l'organisation. Cet axiome est présenté par la figure 4.

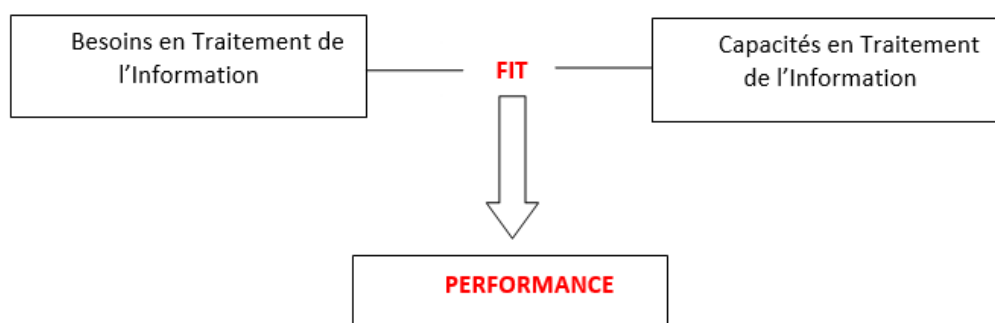


Fig. 4. Modèle performance-traitement de l'information [21]

4.3.2 LE MODELE CONCEPTUEL DE COORDINATION INTER-ORGANISATIONNELLE

les auteurs [21] proposent une adaptation du modèle « performance-traitement de l'information » susmentionné dans le cadre des relations inter-organisationnelles liées aux technologies de l'information où ils ramènent les besoins en traitement de l'information à différentes sources d'incertitude et les capacités en traitement de l'information à un déploiement de mécanismes de coordination (voir figure 5).

Ainsi, selon nous, s'intéresser à l'alignement entre les besoins des utilisateurs et les capacités offertes par une technologie est un moyen d'en mesurer l'usage.

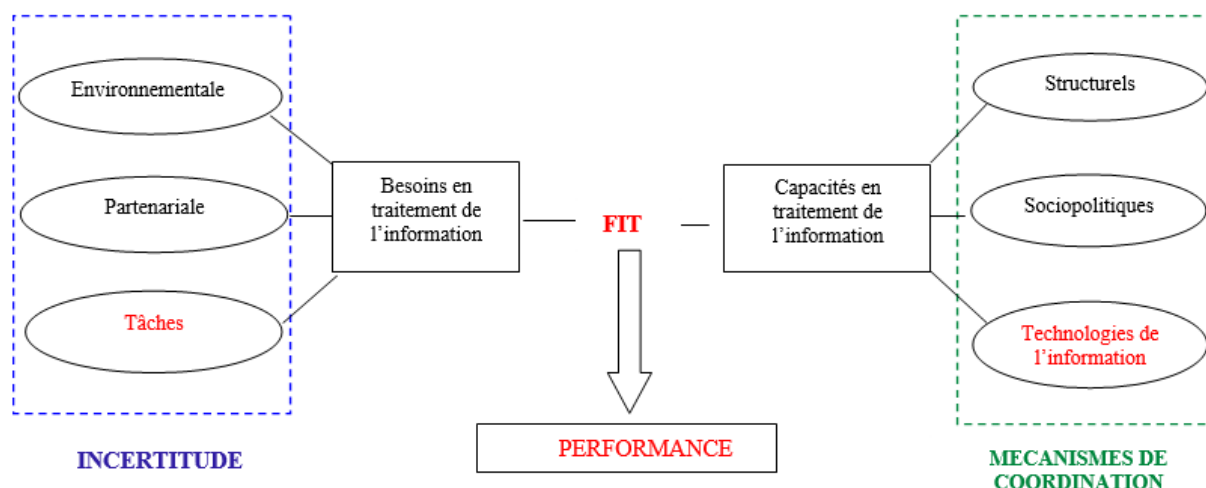


Fig. 5. *Modèle conceptuel de coordination inter-organisationnelle [21]*

D'après ces auteurs, les besoins de traitement de l'information découlent de trois types d'incertitude:

- L'incertitude de l'environnement: liée à la complexité et au dynamisme de l'environnement ou aux changements fréquents de diverses variables environnementales.
- L'incertitude partenariale: liée à la confiance mutuelle prédominant dans la relation et le niveau d'interdépendance des unités ;
- L'incertitude de tâches: liée à la procédure spécifiant la séquence des étapes à suivre pour effectuer la tâche et les interdépendances qui relient les différents personnels de l'entreprise pour accomplir leurs tâches.

Pour répondre à ces besoins, Bensaou et Venkatraman suggèrent des capacités de traitement de l'information en s'appuyant sur trois mécanismes de coordination inter-organisationnels:

- Mécanismes structurels: il s'agit d'une hiérarchie de mécanismes structurels pour réduire l'incertitude (Règles et procédures, contacts directs, rôles de liaison, équipes de travail).
- Mécanismes sociopolitiques: ceux-ci représentent les processus sociopolitiques qui se situent tout au long du continuum coopératif-conflictuel de la relation affectant ainsi l'importance de l'échange libre d'information entre les membres des dyades.
- Technologies d'information: celles-ci représentent l'utilisation des technologies de l'information pour faciliter la coordination inter-organisationnelle par opposition aux utilisations intra-organisationnelles. Ceux-ci incluent des liens électroniques entre les partenaires.

Ainsi, en se référant à notre problématique de recherche, nous comptons retenir de notre modèle de base :

- D'une part du côté des besoins, l'incertitude qui réfère entre autres, à l'instabilité de l'environnement, au degré d'interdépendance entre les organisations et à l'incertitude des tâches ;
- D'autre part, conformément à l'objectif de l'étude de comprendre l'usage des systèmes inter-organisationnels, nous retenons du côté des capacités, les mécanismes de coordination qui sont basés essentiellement sur l'usage des systèmes d'information dans les diverses activités de la chaîne logistique.

À cet égard, nous écartons de notre modèle de base, tout ce qui a trait au structurel et au sociopolitique puisque nous étudions l'usage des systèmes d'information en classant les entreprises de l'industrie automobile en fonction de l'usage et les capacités de leurs systèmes d'information à répondre aux besoins des utilisateurs et à contribuer ainsi à la résilience de la chaîne logistique globale.

4.4 EXTENSION DU MODÈLE DE BASE

A la lumière des cadres théoriques que nous avons pu répertorier dans la littérature et afin d'affiner la construction de notre modèle de recherche, nous présentons dans cette partie les variables d'extension du modèle de base à savoir : la résilience de la chaîne logistique globale et les antécédents de la résilience de supply chain (Intégration & flexibilité).

La revue de la littérature en matière de la supply chain et les systèmes d'information révèle des tendances croissantes vers le développement des modèles axés sur la contribution des systèmes d'information à la performance logistique [57]. En effet, les recherches disponibles dans ce contexte restent plus au moins caduques et très abordées par la littérature. Cependant, la recherche en matière de la modélisation de la résilience de la chaîne logistique intégrant le rôle des systèmes d'informations n'a pas encore été profondément abordé [6].

Par ailleurs, étant donné que la chaîne logistique est considérée comme un réseau d'entreprises agissant ensemble pour gérer le flux de matériel et d'information; chaque entreprise doit déployer un ensemble de capacités considérées dans cette étude comme antécédents de la résilience afin d'augmenter la résilience de la chaîne logistique.

Ainsi, malgré qu'un large éventail de différentes capacités soit employé dans la littérature pour le contexte d'une gestion résiliente (L'intégration, la visibilité, la collaboration, la redondance, la flexibilité, l'agilité, l'adaptabilité...), celles-ci convergent vers deux principales capacités ou antécédents considérées comme ayant une plus grande influence sur la résilience de la supply chain à savoir : l'intégration et la flexibilité [58], c'est ainsi que ne les avons choisi comme variables d'extension du modèle.

4.4.1 LA RESILIENCE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE GLOBALE

L'interconnexion et l'interdépendance entre les entreprises dans des chaînes logistiques globales les rend plus vulnérables à des événements perturbateurs [59]. Aujourd'hui, la performance de l'entreprise s'inscrit dans sa capacité résiliente à s'adapter aux changements et à revenir à un état stable [60].

A cet effet, la résilience permet à une supply chain de mieux anticiper, de réagir et de s'adapter à un environnement changeant, et par conséquent de contribuer à sa performance [61].

Par ailleurs, dans un environnement incertain, l'alignement (FIT) entre les besoins des utilisateurs en informations et les capacités des systèmes d'information à anticiper, à réagir et à s'adapter aux perturbations, joue un rôle primordial dans la résilience de la chaîne logistique [17], [18], [62].

Dans cette optique, nous estimons que la contribution des SI peut être mesurée en termes de résilience de la chaîne logistique globale c'est ainsi que nous avons choisi de l'intégrer comme variable à expliquer.

4.4.2 L'INTEGRATION

L'intégration de la supply chain permet de renforcer la collaboration et la visibilité entre les acteurs conduisant ainsi à un transfert permanent de l'information entre les différents acteurs de la chaîne logistique [63], [64].

Dans un environnement incertain, l'intégration permet la synchronisation de l'ensemble des flux physiques et informationnels permettant de faciliter la cueillette et le partage des informations clés afin d'anticiper les perturbations et d'enrichir la prise de décision [65].

Dans la même lignée, les auteurs [66] affirment que le partage d'informations et la collaboration entre les acteurs de la chaîne améliorent le niveau d'intégration dans une chaîne logistique et renforcent par conséquent la résilience de la chaîne logistique.

Pour renforcer cette intégration, plusieurs chercheurs en SI indiquent que ce dernier se présente comme étant indispensable pour l'intégration des supply chains et ce grâce à son partage et son transfert d'informations en temps réel entre les différents acteurs de la chaîne logistique ainsi que les ressources et les capacités dont il dispose (gestion des relations externes, réactivité au marché, gestion des relations internes, gestion du changement...), [8], [63], [64].

4.4.3 LA FLEXIBILITE

La flexibilité a été définie comme la capacité d'une entreprise à gérer sa chaîne logistique lorsqu'elle opère dans des conditions de haute qualité, de dynamisme et de complexité [67], [68].

Le concept de la flexibilité de la chaîne logistique peut être élargi au-delà des frontières de l'entreprise et consiste en la capacité des partenaires de la chaîne logistique, à restructurer leurs opérations, à aligner leurs stratégies et à partager la responsabilité de répondre rapidement aux éventuelles perturbations contribuant ainsi à la résilience de la chaîne logistique [69], [22].

Pour ce faire, les chercheurs en management des SI soutiennent que le système d'information permet un partage rapide du savoir, des processus flexibles, un couplage relationnel avec les partenaires de la chaîne logistique ainsi qu'une innovation axée sur les données permettant ainsi une flexibilité accrue [67], [68], [70].

5 MODÈLES THÉORIQUE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les résultats théoriques obtenus, renforcés par notre modèle de base, nous ont permis de concevoir notre modèle théorique de recherche susceptible d'expliquer l'utilité de l'usage des systèmes d'information dans la résilience de la chaîne logistique globale. Afin d'analyser les liens entre les différentes variables du modèle, nous avons formulé les principales hypothèses de recherche.

5.1 LES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

À l'issue de la revue de la littérature et sur la base de notre modèle de base susmentionné, nous avons élaboré les variables de recherche ainsi que les hypothèses de recherche qui en découlent présentées dans le tableau suivant :

Tableau 3. *Hypothèses de recherche*

Hypothèses	Formulation	Adapté de
H1	L'incertitude de l'environnement a un impact significatif sur l'augmentation des besoins des utilisateurs en informations.	[71], [21]
H2	L'incertitude des partenaires de la chaîne a un impact significatif sur l'augmentation des besoins des utilisateurs en informations.	[21], [72], [73], [74], [75]
H3	L'incertitude des tâches a un impact significatif sur l'augmentation des besoins des utilisateurs en informations.	[21], [76], [77], [78], [74]
H4	Il existe une relation positive et significative entre les capacités du SI et la satisfaction des besoins des utilisateurs en informations.	[79], [80], [81], [16]
H5	Il existe une relation positive et significative entre l'alignement « FIT » (des capacités des SI en traitement de l'information & les besoins des utilisateurs en informations) et la résilience de la chaîne logistique.	[55], [21], [56], [17], [18], [62]
H6	Il existe une relation positive et significative entre le SI et l'intégration.	[8], [63], [64], [65]
H7	Il existe une relation positive et significative entre le SI et la flexibilité.	[70], [67], [68], [69]
H8	Il existe une relation positive et significative entre la résilience de la chaîne logistique et les antécédents de la résilience.	[63], [64], [61]

5.2 PRÉSENTATION DU MODÈLE THÉORIQUE

Sur la base de la revue de la littérature, nous pouvons proposer notre modèle théorique, obtenu à travers l'extension du modèle de coordination inter-organisationnelle [21], via l'ajout des variables liées au contexte de la résilience de la chaîne logistique.

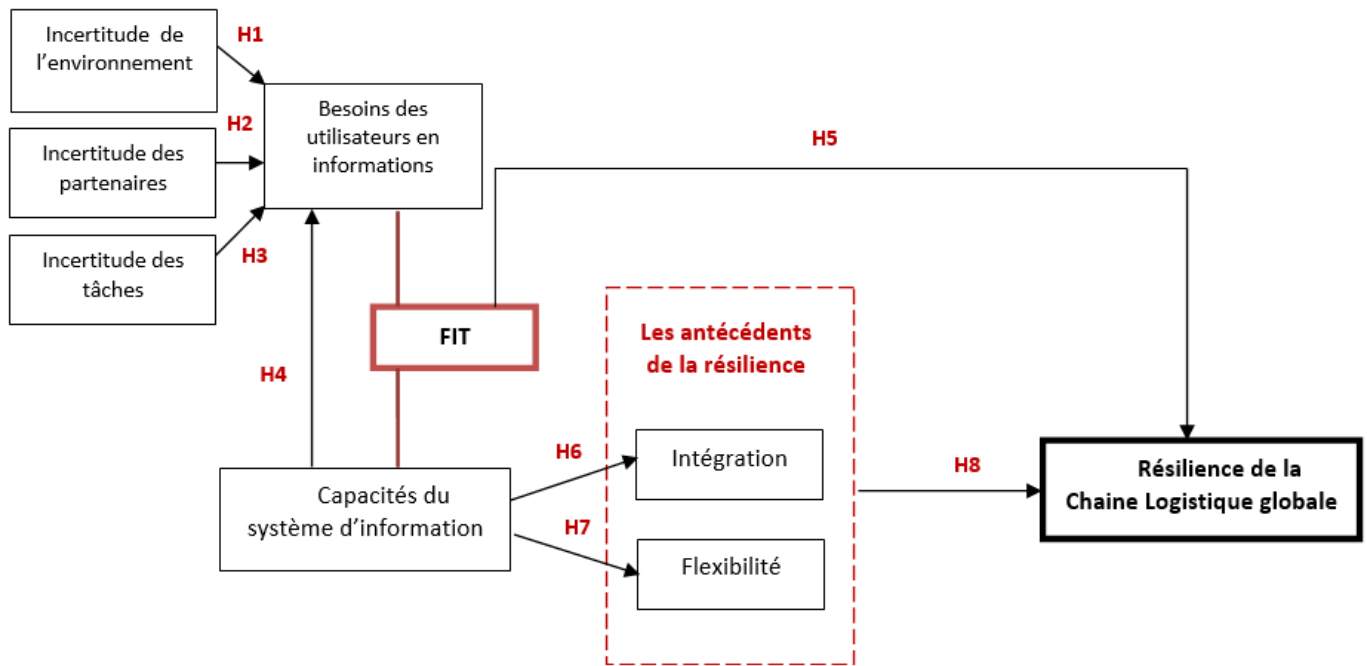


Fig. 6. Modèle théorique pour l'étude de la contribution de l'usage des systèmes d'information à la résilience de la chaîne logistique globale

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

L'objet de notre recherche est né d'un constat que nous avons pu faire à partir de notre revue de littérature. Le bilan principal que nous avons pu tirer consacré spécifiquement à la résilience de la chaîne logistique globale est la pénurie en matière des recherches visant à analyser les liens entre les systèmes d'information et la résilience de la chaîne logistique globale.

Sur le plan théorique, la conceptualisation de diverses interactions inter-organisationnelles d'une chaîne logistique globale en étudiant l'apport de l'usage des systèmes d'information (au niveau intra et inter-organisationnel) dans le contexte de la résilience de la chaîne logistique des entreprises de l'industrie automobile marocaine constitue une contribution originale de cette étude.

Ainsi, nous élargirons notre champ de recherche dans les prochaines étapes afin de tester le modèle conceptuel de recherche sur le terrain au niveau des entreprises de l'industrie automobile au Maroc. À cet égard, nous allons soumettre notre modèle à des évaluations empiriques afin d'affiner le modèle conceptuel développé.

RÉFÉRENCES

- [1] OCDE, « Logistique du transport: Défis et solutions », OCDE Transport, Paris, 2002.
- [2] Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C. W., "An Empirically Derived Framework of Global Supply Resiliency", Journal of business logistics, 2011.
- [3] Deborah Wince-Smith, "Transform – The Resilient Economy: Integrating Competitiveness and Security", the Council for Competitiveness, 2007.
- [4] Rice, J. B., & Caniato, F., "Building a secure and resilient supply network. Supply chain management review", Vol .7, N.5, 2003, p. 22-30.
- [5] Chen G, "On the competitiveness of aviation logistics industry", Fourth International Conference on Education and Sports Education (ESE 2013), Hong Kong, 2013.
- [6] Evrard Samuel, Karine & Ruel, Salomé, "Systèmes d'information et résilience des chaînes logistiques globales," Systèmes d'Information et Management, Vol. 18, 2013.
- [7] Robey D., Im G. et Wareham J., « Theoretical foundations of empirical research on interorganizational systems: assessing past contributions and guiding future directions », Journal of the Association for Information Systems, vol. 9, n°9 , 2008, p. 497-519.

- [8] Holland C., "Cooperative supply chain management: the impact of interorganizational IS", *Journal of strategic information systems*, 1995, p. 117-133.
- [9] Fasika Bete Georgise, Thoben Klause-Dieter, Marcus Seifert, "Integrating Developing Country Manufacturing Industries into Global Supply Chain", *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2014.
- [10] COMTD (Committee on Trade and Development, "Participation of developing countries in World Trade: Overview of major trends and underlying factors", *World Trade Organization*, 1996.
- [11] Fleury, A., & Fleury, M.T., "Alternatives for industrial upgrading in global value chains: The case of the plastics industry in Brazil". *Ids Bulletin-Institute of Development Studies*, 2001.
- [12] Flanders Investment & Trade, *Market Survey, "Le secteur de l'automobile au Maroc"*, 2015.
- [13] V. Frigant et J.-B. Layan, "Géographie d'une industrie automobile modulaire: le cas des équipementiers français en Europe de l'Est", *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, n° 4, 2009.
- [14] Wang, E. T. G., Tai, J. C. F., & Wei, H. L., "A virtual integration theory of improved supply-chain performance", *Journal of Management Information Systems*, 2006, p. 41-64,.
- [15] Kumar, N., Scheer, L. K., & Steenkamp, J.-B. E. M., "The effects of perceived interdependence on dealer attitudes", *Journal of Marketing Research*, 1995, p.348-356.
- [16] Prajogo D. et Olhager J., « Supply chain integration and performance: the effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration », *International Journal of Production Economics*, vol. 135, n°1, 2012, p. 514-522.
- [17] Ngai, E.W., Chau, D.C., Chan, T., "Information technology, operational, and management competencies for supply chain agility: Findings from case studies", *Journal of Strategic Information Systems*, 2011, p. 232-249.
- [18] Pan, S.L., Pan, G., Leidner, D.E., "Crisis Response Information Networks", *Journal of the Association for Information Systems*, 2012, p. 31-56.
- [19] Anderson J.C., Håkansson H. et Johanson J., "Dyadic business relationships within a business network context", *The Journal of Marketing*, 1994, p. 1-15.
- [20] Venkatraman N., "The concept of fit in strategy research: toward verbal and statistical correspondence", *Academy of management review*, vol. 14, n°3, 1989, p.423-444.
- [21] Bensaou M., Venkatraman N., "Inter-organizational relationships and information technology: a conceptual synthesis and a research framework", *European journal of Information Systems*, vol. 5, 1995, p. 84-91.
- [22] Ponomarov, S.Y., M.C. Holcomb, "Understanding the concept of supply chain resilience", *International Journal of Logistics Management*, vol. 20, n°1, 2009, p. 124-143.
- [23] Cabinet Deloitte SAS, « Etude Supply Chain Trends 2016 », Paris, 2016.
- [24] Magali Testard, « Les Value Webs ou le renouveau du modèle de Supply Chain », Cabinet Deloitte SAS, France, 2016.
- [25] Jain, V., Wadhwa, S., Deshmukh, S.G., Select supplier-related issues in modelling a dynamic supply chain: potential, challenges and direction for future research. *International Journal of Production Research* 47, 2009, p.3013-3039.
- [26] Fulconis, F., Paché G., Roveillo, G., *La prestation logistique. Origines, enjeux et perspectives*, éditions EMS, Paris, 2011.
- [27] D. M. Lambert & T. L. Pohlen, "Mesurer la performance globale de la chaîne logistique," *Logistique Manag.*, vol. 10, 2002, p. 3-20.
- [28] Hanna, J. B., Skipper, J. B., and Hall, D., "Mitigating supply chain disruption: the importance of top management support to collaboration and flexibility", *International Journal of Logistics Systems and Management*, 2010.
- [29] Barroso, A. P., Machado, V. H., & Cruz Machado, V., "A supply chain disturbances classification", In *Proceedings of the international conference on industrial engineering and engineering management*, Singapore ,Vol. (1-3), 2008, p. 1870-1874.
- [30] Hohenstein, N.O., Feisel, E., Hartmann, E. and Giunipero, L., Research on the phenomenon of supply chain resilience: a systematic review and paths for further investigation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2015.
- [31] Wieland, A. & Wallenburg, C. M., "The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2013, p.300-320.
- [32] Ponomarov, Serhiy, "Antecedents and Consequences of Supply Chain Resilience: A Dynamic Capabilities Perspective" PhD diss., University of Tennessee, 2012.
- [33] Markus, « Reflections on the systems integration enterprise », *Business Process Management Journal*, vol. 7, n°3, 2001.
- [34] Corbière F., Rowe F. et Wolff F.-C., « De l'intégration interne du système d'information à l'intégration du système d'information de la chaîne logistique », *Systèmes d'information & management*, vol. 17, n°1, 2012, p. 81-111.
- [35] Wei H.-L., Wong C.W.Y. et Lai K., « Linking inter-organizational trust with logistics information integration and partner cooperation under environmental uncertainty », *International Journal of Production Economics*, vol. 139, n°2, 2012, p.642-653.

- [36] Aubert B.A. & Dussart A., "Systèmes d'information inter-entreprises", Rapport Bourgogne du CIRANO, 2002RB-01, 2002.
- [37] Im G. et Rai A., « IT-enabled coordination for ambidextrous interorganizational relationships », *Information Systems Research*, vol. 25, n°1, 2013, p. 72-92.
- [38] Gwenaëlle LAIRET, "Les effets indésirables de l'intégration logistique pour les utilisateurs du système d'information", Université de Nantes, Thèse de doctorat, 2015.
- [39] Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, K. S., Min, S., Nix, N. W., & Smith, C. D., "Defining Supply Chain Management", *Journal of Business Logistics*, 2001, p. 1-25.
- [40] Harrison, A. & van Hoek, R., "Logistics management and strategy", 2nd ed., Essex: Pearson Education, 2005.
- [41] Ouabouch, L. & Paché, G., "Risk Management in the Supply Chain: Characterization and Empirical Analysis", *The Journal of Applied Business Research*, 2014, p.329–340.
- [42] Kalika M. et Kefi H., *Evaluation des systèmes d'information: une perspective organisationnelle*, Economica, Paris, 2004.
- [43] Reix R., « Systèmes d'information et performance de l'entreprise étendue », dans *Faire de la recherche en systèmes d'information* Vuibert, Paris, 2002, p.359.
- [44] De Deltour F., « Satisfaction, acceptation, impacts: une analyse multidimensionnelle et conceptualisée de l'évaluation individuelle des intranets », thèse de doctorat, en Sciences de Gestion, Université de Lille, 2004.
- [45] Baroudi J.J. et Orlikowski W.J., « The problem of statistical power in MIS research », *MIS Quarterly*, vol. 13, n°1, 1989, p. 87-106.
- [46] Goodhue D.L. et Thompson R.L., « Task-technology fit and individual performance », *MIS Quarterly*, vol. 19, n°2, 1995, p. 213-236.
- [47] Kohli R. et Grover V., « Business value of it: an essay on expanding research directions to keep up with the times », *Journal of the association for information systems*, vol. 9, n°1, 2008, p. 23-40.
- [48] Grover V., Jeong S.R. & Segars A.H., « Information systems effectiveness: the construct space and patterns of application », *Information & Management*, vol. 31, n°4, 1996, p. 177- 191.
- [49] Markus M.L. et Robey D., « Information technology and organizational change: causal structure in theory and research », *Management science*, vol. 34, n°5, 1988, p.583-598.
- [50] Fawcett S.E., Wallin C., Allred C., Fawcett A.M. et Magnan G.M., « Information technology as an enabler of supply chain collaboration: a dynamic-capabilities perspective », *Journal of Supply Chain Management*, vol. 47, n°1, 2011, p. 38-59.
- [51] Marciniak R. et Rowe F., "Systèmes d'information, dynamique et organisation", Economica, Paris, 2009, p.152.
- [52] M. Azzouz, « Évaluation de la réussite des intranets: Application d'un modèle contextuel d'évaluation multidimensionnelle au sein d'un établissement bancaire français – Étude orientée "utilisateur final" », Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Université de Picardie Jules Verne, 2012.
- [53] F. X. D. Vaujany, *Les grandes approches théoriques du système d'information*, Lavoisier. Hermès sciences, 2009.
- [54] Bostrom, P. R et Heinen, J. S., "MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective Part I: The Causes". *MIS Quarterly*, 1977, p.17-32.
- [55] Galbraith JR, "Organization Design", Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- [56] Fabbe-Costes N., "La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs: les dimensions organisationnelles d'une gestion lean et agile, PUG, 2007, p. 19-43.
- [57] S. Maqbool, M. Rafiq, S. Lecturer, M. Imran, A. Qadeer, et T. Abbas, « Creating competitive advantage through Supply Chain Management (Role of Information & Communication Technology in Supply Chain Management to create competitive advantage: a literature base study) », *International Journal of Research in Commerce, IT & Management*, vol. 4, no 2, 2014, p. 47-52.
- [58] Xavier Brusset , Christoph Teller , « Supply chain capabilities, risks, and resilience », *International Journal of Production Economics* vol 184 , p.59-68, 2016.
- [59] Christopher, M., & Peck, H., "Building the resilient supply chain", *Industrial Journal of Logistics Management*, 2004.
- [60] Hollnagel, E. Woods, D.D. and Leveson, N., "Resilience Engineering: Concepts and Precepts", Aldershot, UK: Ashgate, 2006.
- [61] Pettit, T. J.: Fiksel, J. and Croxton, K. L., "Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework", *Journal of Business Logistics*. Vol, 31, n° 1, 2010.
- [62] Hollstein, C., & Himpel, F., "Supply chain risk management", *Log Forum*, 2013, p. 21-25.
- [63] Blackhurst, J., Craighead, C. W., Elkins, D. & Handfield, R. B., "An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions", *International Journal of Production Research*, Vol. 43, 2005, p. 4067–4081.
- [64] Chopra, S., & Sodhi, M., "Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown", MIT Sloan, 2004.
- [65] Zinn, W. et A. Parasuraman, "Scope and intensity of logistics-based strategic alliances: A conceptual classification and managerial implications", *Industrial Marketing Management*, vol. 26, n°2; 1997, p. 137-147.
- [66] Brandon-Jones, E., Squire, B., Autry, C. W. and Petersen, K. J., "A contingent resource-based perspective of supply chain resilience and robustness", *Journal of Supply Chain Management*, Vol.50, 2014, p. 55-73.

- [67] Wade, M., Hulland, J., "The resource-based view and information systems research: review, extension, and suggestions for future research", *MIS Q*, 2004, p.107–142.
- [68] Tiwari, A.K., Tiwari, A., Samuel, C., "Supply chain flexibility: a comprehensive review", *Manag. Res. Rev*, 2015, p.767–792.
- [69] Kumar, S., Massie, C. & Dumonceaux, M. D., "Comparative innovative business strategies of major players in cosmetic industry", *Industrial Management & Data Systems*, 2006, p. 285-306.
- [70] Saraf, N., Langdon, C.S., Gosain, S., "IS application capabilities and relational value in interfirm partnerships", *Inf. Syst. Res*, 2007, p. 320–339.
- [71] Tushman M.L. et Nadler D.A., « Information Processing as an Integrating Concept in Organizational Design », *the Academy of Management Review*, vol 3 n°3, 1978, p.613-624.
- [72] Sanders N.R. et Premus R., « IT applications in supply chain organizations: a link between competitive priorities and organizational benefits », *Journal of Business Logistics*, vol. 23, n°1, 2002, p. 65-83.
- [73] Thompson J.D, *Organizations in action: Social science bases of administrative theory*, McGraw-Hill, New York, 1967, p.192.
- [74] Kumar K. et Van Dissel H.G., « Sustainable collaboration: managing conflict and cooperation in interorganizational systems », *MIS Quarterly*, 1996, p. 279-300.
- [75] Premkumar, G., and Ramamurthy, K., "The Role of Inter-organizational and Organizational Factors on the Decision Mode for Adoption of Inter-organizational Systems," *Decision Sciences*, 1995, p. 303-36.
- [76] Świerczek A., « The impact of supply chain integration on the « snowball effect » in the transmission of disruptions: an empirical evaluation of the model », *International Journal of Production Economics*, vol. 157, 2014, p. 89-104.
- [77] Svensson G., «The bullwhip effect in intra-organisational echelons », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 33, n°2, 2003, p.103-131.
- [78] Clergeau C. et Rowe F., « Caractérisation des dispositifs d'interdépendance organisationnelle et mutualisation: le cas des centres d'appels virtuels », *Systèmes d'Information et Management*, vol. 10, n°3, 2005, p. 93-116.
- [79] Konsynski, B. & A. Warbelow, "Cooperating to Compete: Modelling Interorganizational Interchange,"*Harvard Business School Working Paper*, 1990.
- [80] Laudon K.C., Laudon J.P., Fimbel E. et Costa S., *Management de systèmes d'information*, Paris, Pearson Education, 2010, p. 618.
- [81] Burton-Jones A. , Straub Jr D.W, « Reconceptualizing system usage: an approach and empirical test », *Information systems research*, vol. 17, n°3, 2006, p. 228-246.

A rare case of myeloma light chains: Data and discussion

Imane Tlamçani¹, Soukaina Oudrhiri Benaaddach¹, Kawthar Armani¹, Fatima El Boukhrissi², Mohamed El Baaj³, Kamal Doghmi⁴, Mohamed Mikdame⁴, Mohamed Moudden Karim³, Moncef Amrani Hassani¹, Lhoussine Balouch², and Youssef Bamou²

¹Hematology Laboratory, Central Laboratory of Medical Analysis, CHU Hassan II, Fes, Morocco

²Biochemistry Laboratory, Military Hospital Moulay Ismail, Meknes, Morocco

³Department of Internal Medicine, Military Hospital Moulay Ismail, Meknes, Morocco

⁴Department of Clinical Hematology, Military Hospital Mohamed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Multiple myeloma is a little-known disease in young adults, it is rarely reported before the age of 30, even less if it is light chains. We report a case illustrating one of these exceptional situations. It has characteristics as organic sounding extended and favorable response to treatment despite diagnostic delay. We wanted to take the opportunity to raise awareness about the possibility of myeloma in adults at any age.

KEYWORDS: multiple myeloma; light chains; the young adult; organic sounding; diagnostic delay.

1 INTRODUCTION

The multiple myeloma, rare pathology at the young age, is defined by the malignant proliferation of a plasma cells clone being accompanied by the secretion of a monoclonal immunoglobulin [1]. The myelomas with intact immunoglobulin are most frequent (80%), those with light chains account for only 15 to 20% of the cases [2]. But they generate important complications and particularly at the renal level. Those can be avoided or slowed down if the disease is labelled in times. Where from importance of the early diagnosis, and there the place of biology is considerable. Indeed, while limiting itself to the clinic and to epidemiologic data, one can miss it with all the consequences which ensue from it. To enrich more the already available data, we considered useful to bring back and to discuss the case of a myeloma with light chains occurring before the age of thirty years: situation far from being common.

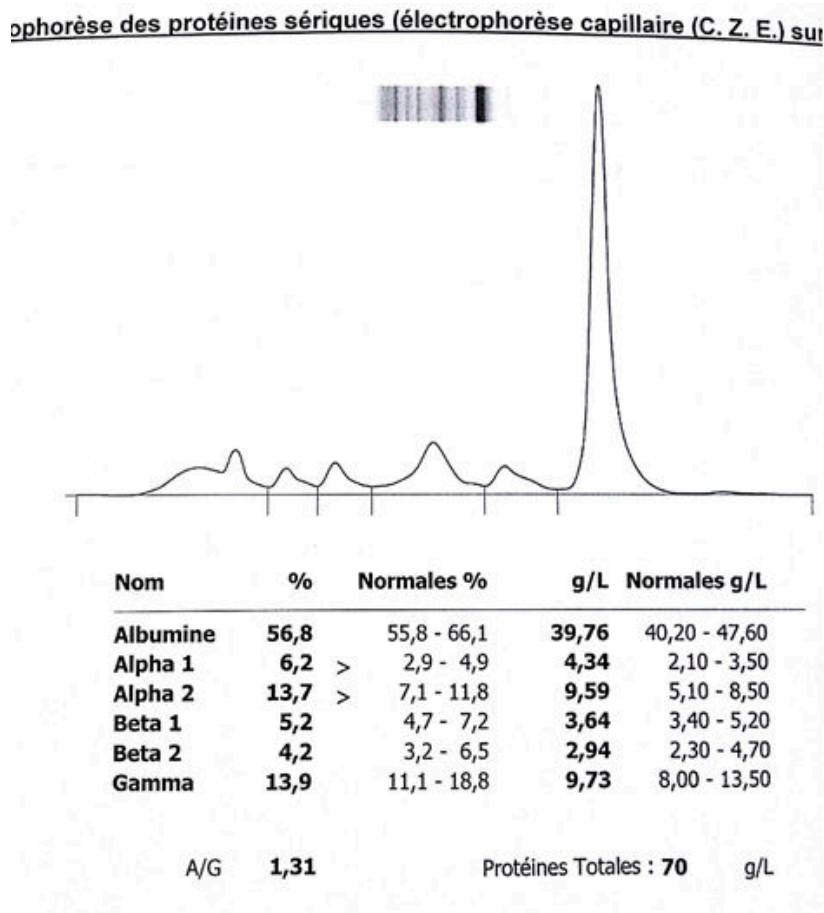
2 OBSERVATION

H.M. 29 years old woman was hospitalized for exploration of a paraparesy of the lower limbs. The interrogation and the exploitation of some old medical documents allowed to note the following datas: - no notable pathological histories, no tobacco nor of contact with pesticides, - seven months before: chronic inflammatory pains becoming invalidating at the sternocostal and dorsolumbar level, - microcytic hypochromic non-regenerative anemia uncorrected by an iron therapy, - deterioration of the general state.

The first intention physical examination revealed only neurological disturbances. A specialized examination ended in a paraparesy with thermo-algic hypoesthesia arriving up to the xiphoidian level, as well as an abolition of the cutaneous abdominal reflex. In the biological exploration, the complete blood count showed a bicytopenia: platelets in 130.000 elements/mm³ and a normochromic normocytic non-regenerative anemia (haemoglobin = 7 g/dl). The erythrocyte sedimentation rate (ESR) was in 48 mm. The imaging explorations, in particular by magnetic resonance imaging (MRI) showed

an osteolytic vertebral body collapse of D4, D7 and D10 with a spinal cord compression in the opposite side, and many lytic lesions on the coasts level and skull's bones. The tumoral etiology with suspicion of bone metastasis was evoked.

A serum proteins electrophoresis (SPE) was performed at the same time (on Sebia's Capillarys®), and revealed a small monoclonal peak in gamma globulins (10.9 g/l) with a serum protein rate in 75g/l (Figure1).



Generated by CamScanner from intsig.com

Fig. 1. Serum proteins electrophoresis showing a small monoclonal spike in gamma globulin

The serum's immunofixation on Agarose gel (Hydragel 1 IF®, Sebia) with the immuns serums anti-Ig G, anti-Ig A, anti-Ig M, anti-Ig E, anti-Ig D, anti-Kappa and anti-Lambda highlighted an isolated strip from light chains Lambda (Figure 2 and the gel with anti D and anti E: a and b). A Bence Jones protein, made of free light chains, was also located at the urinary and serum level by immunofixation (Agarose gel hydragel I BJ®) (Figure2: c and d). The quantitative examinations showed [Kappa] = 5.2 mg/L and [Lambda] = 103.3 mg/L. From where a ratio K/L = 0.05 (reference value: 0,26-1,65).

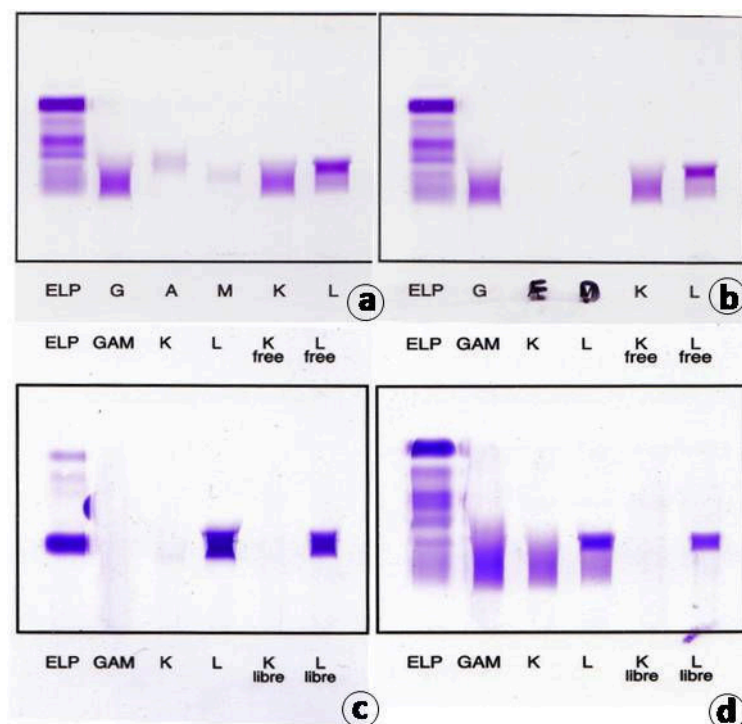


Fig. 2. *a et b* : Serum immunofixation electrophoresis with agarose gel (Hydragel 1 YEW [®], Sebia) with immun serums anti-Ig G, anti-Ig A, anti-Ig M, anti-Ig E, anti-Ig D, anti-kappa and anti-lambda highlighting an isolated band of Lambda light chains.

***c et d* : Serum and urinary immunofixation electrophoresis with agarose gel (Hydragel I BJ [®]) revealing the presence of a Bence Jones protein, made by Lambda free light chain.**

A myelogram from a bone marrow sternal aspiration concluded to a dystrophic plasma cells infiltration up to 12% (Figure3). The diagnosis of multiple myeloma with Lambda light chains was then made according to the Southwest Oncology Group (SWOG) diagnostic criteria. The value of the B2-microglobulin (9.05mg/l) classifies it at the stage III of International Staging System (the ISS). Other elements made possible to list it stage IIIA of Durie and Salmon (bone lesions, haemoglobin in 7 g/dl and a creatinin < 20 mg/l). The cytogenetics do not show anomalies: normal medullary chromosomic chart and the fluorescent hybridization in situ (FISH) also (no deletion p53 nor T (4; 14)).

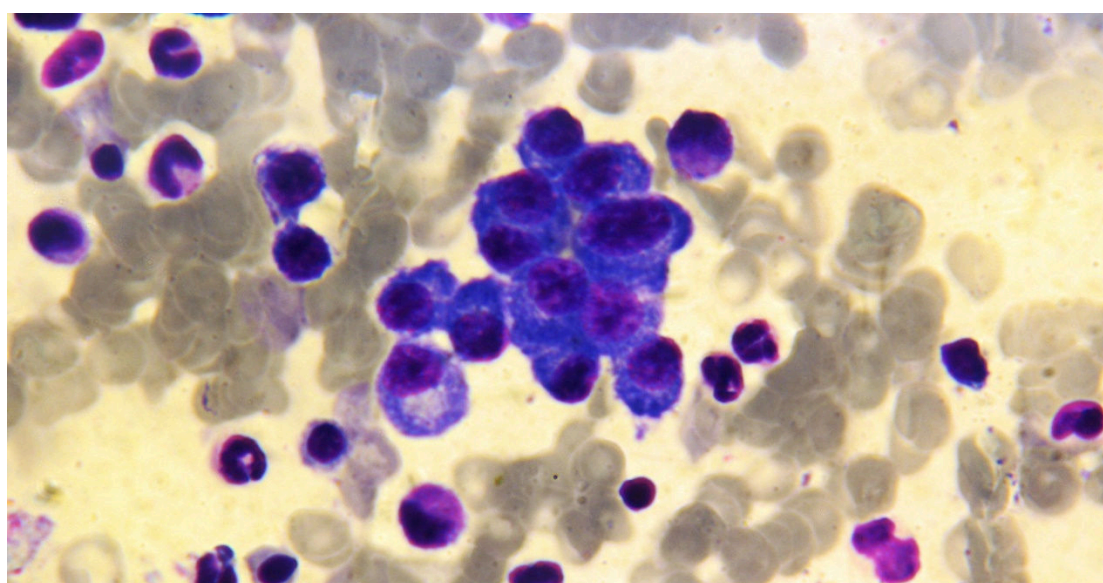


Fig. 3. *Medullary smear seen with the zoom x100 showing a dystrophic plasma cells infiltration of the bone marrow.*

The patient was sent to the Mohamed V's instruction military hospital for an appropriate care. After five cures of VTD (Velcade®= Bortezomib, Talidomide, Dexamethasone) followed by a therapeutic intensification (Melfalan 200mg/m²) and then an autograft, the patient is in complete remission with a eight month backward.

3 DISCUSSION

The multiple myeloma (MM) is a malignant blood disease characterized by a clonal proliferation of tumoral plasma cells invading hematopoietic bone marrow [1],[2]. It represents 1.4% of all cancers and approximately 10% of hematologic ones, what places it at the second rank in term of frequency after the lymphomas [3]. It affects preferentially men (sex-ratio H/F close to 1.4). Before the age of 40 years, this pathology is scarce, not exceeding 2% of the cases. It is even rarer before age of 30 years and only some cases were reported in the literature [1],[2]. This scarcity associated with an important organic repercussion constitutes one of the reasons which encouraged us to bring back this observation.

The immunofixation blood test is the test of choice to characterize the type of the immunoglobulin (Ig) in cause [3]. Usually, it is practiced after having an electrophoretic aspect in touch with the myeloma, but sometimes even with a normal aspect of pace. Indeed, an electrophoresis without apparent anomalies does not exclude a immunoglobulinopathy (migration in β zone : IgA and light chains for example), a suspect clinical symptoms for example would be enough to require a immunofixation. The most met monoclonal immunoglobulins are IgG type (60% to 70% of the cases), followed by IgA (25% of the cases) whereas the light chains are only seen in 15% of the cases and Kappa is twice more involved than Lambda [2],[4]. The immunofixation enabled us to highlight in the blood and the urines of this patient light chains Lambda. Even then we register additional element in support of the rarity of this case (myeloma with light chains Lambda twice less frequent than with light chains Kappa).

The myelogram is inescapable in the good diagnostic approach of the MM. Indeed, it is the test which allows to confirm a plasma cells infiltration and to characterize its quantitative and qualitative scale [1],[5]. This one was 12% at our patient and in spite of this low infiltration, the clinical symptoms were more severe. As a matter of fact, the located bone lesions are wide and deep having led to functional disorders of a neurological nature due to a medullary compression. So marked osteolysis would be the witness of a particular toxicity of the monoclonal protein and/or aggressiveness of other secretions of the plasma cells clone. Would these peculiarities have a link with the age? Can be, from the moment when the biological potential is closely related to this parameter.

The early diagnosis would allow to avoid the complications as well as the optimization of the coverage of the disease, which would have a positive impact directly on the patient and the State finances [6]. In this sense and considering the serious consequences of the delay, it would be of a great interest to think of this pathology each time the slightest element of suspicion appears [7]. This case of myeloma should have been detected in time if such an attitude were adopted. Indeed, anemia discovered eight month ago associated to a high erythrocyte sedimentation rate were sufficient arguments to try at least a serum protein electrophoresis. Microcytosis, hypochromy and hypoferritinemy pushed in the sense of a deficiency origin of anemia, especially if one considers the age of the patient and the epidemiologic context of the martial deficit in the country. The osteolytic images were attributed rather to a primitive tumour having metastasis at the bone level. Insidiously, a myeloma in early phase set up itself and in spite of the location of some of its elements in time (high ESR + anemia to 7 g/dl) the diagnosis was missed. It was necessary to wait for the complications to realize it, this would be due to the fact that we are confined in rules of strict definition of pathologies by omitting the particular situations. The work that we present here has the main purpose to recall, to draw more the attention and to take part in the rising awareness on these situations which we can avoid and their heavy consequences. All that precedes encourages with more rigour in the logic and the reasoning, which must remain more scientific. The human body is a very complexed system and it is impossible to control in entirely, it would be preferable not to argue anymore in term of impossible situations. The case we report shows it well, a simple fact like age misled us therefor if we were more rigorous we would have preferred to risk spending additional (price of a SPE) at the risk of delaying the diagnosis of a myeloma. Intensive chemotherapy with peripheral hematopoietic stem cells autograft remains a standard treatment for the young patients with multiple myeloma [8]. The patients less than 50 years old have a survival fitted to the age as well as a rate of survival at 10 years which are significantly longer with regard to older patients [8],[9]. The main explanatory factors are low stage ISS at the time of diagnosis and the other prognostic factors, generally more favorable at patients of less than 50 years [3],[5],[6],[7]. We find nothing of that in our patient however widely younger. She is indeed at the stage III with unfavorable prognostic factors. This constitutes an element moreover, making distinguishing this case which deserves well to be discussed.

The patient in spite of her stage of infringement by the myeloma is currently in complete remission after having benefited from the therapeutic protocol reserved to the young people. Indeed, after an induction phase made of tritherapy with VTD and an intensification by the melfalan, the autograft was a success, the patient is until our days asymptomatic and all the parameters normalized and particularly the ratio K/L.

4 CONCLUSION

The multiple myeloma ends by complications which carry the patient, the early diagnosis allows a care in times. This way, while protecting the comfort of the existence of the patient, we manage to also improve his life expectancy. This pathology is very rare before the age of 30 years old, however this epidemiological data should not make us forget to think of it even by default. This is more justified if we consider the pejorative consequences of a diagnosis carried lately. An anemia with less than 10 g/dl of hemoglobin associated to an erythrocyte sedimentation rate even moderately high must bring us to prescribe at least a serum protein electrophoresis, even when the patient is less than 30 years old.

REFERENCES

- [1] Bouataya A, Hizema S, Ben Youssef Y, Sayaria F et al. Myélome multiple: aspect clinique, diagnostic biologique et pronostic. Immuno-analyse et biologie spécialisée 2013 ; 28 : 30-35.
- [2] Bidet A, Marit G, Bérard AM. Intérêt du dosage des chaînes légères libres des immunoglobulines. Ann Biol Clin 2008 ; 66 (4) : 427-31.
- [3] Manier S, Leleu X. Myélome multiple : diagnostic clinique et perspective de traitement. Recommandations de l'International Myeloma Working Group (IMWG). Immuno-analyse et biologie spécialisée 2011; 26 : 125-36.
- [4] Lopez J, Dauwalder O, Joly P, IDimet I et al. Intérêt et limites des dosages sériques et urinaires des chaînes légères libres pour le diagnostic et le suivi des dysglobulinémies monoclonales. Ann Biol Clin 2006 ; 64 (3) : 287-97.
- [5] Carole E. Le myélome multiple : actualités biologiques. Option Bio 2015 ; 531 :20-21.
- [6] Durie BGM, Salmon SE. Clinical staging system for multiple myeloma correlation of measured myeloma cells mass with presenting clinical features, response to treatment and survival. Cancer 1975; 36: 842-54.
- [7] Kyle RA, Rajkumar SV. Criteria for diagnosis, staging, risk stratification and response assessment of multiple myeloma. Leukemia 2009;23:3-9.
- [8] Fouquet G, Gay J, Demarquette H, Bonnet S, Leleu X. Maintenance dans le myélome multiple chez les sujets jeunes et les sujets âgés. Hématologie 2012 ; 18(3) :170-4.
- [9] Stewart AK, Richardson PG, San-Miguel JF. How I treat multiple myeloma in younger patients. Blood 2009;114: 5436-43.

Sélection des variétés de riz pluvial (*Oryza sativa*) adaptées aux conditions agroécologiques du Secteur de Bundi (Territoire de Seke-Banza en République Démocratique du Congo)

Masiala Muanda Gabriel

Attaché de Recherche, Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques (INERA), RD Congo

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

ABSTRACT: The present study was led during two crop years (during years 2011 and 2012) at the Research station Inera-gimbi to evaluate the performances of 11 varieties of rain rice under the édapho-climatic conditions of the sector of Bundi. Ten varieties of rain rice (BAIBINGE 1, INERA 7, INERA 8, IRAT 112, IRAT 216, IRAT 341, IR 47686-13-2-2, NERICA 4, NERICA 7, LIENGE) were used in comparison with local witness NGAMBI. The adopted experimental device was that of the complete blocks randomized with three repetitions. Each variety occupied a compartmental dimension of 5 m X 2 m. Several agronomic parameters, namely the percentage of recovery, tillering at 45 days after sowing, the period of 50 % flowering, the period of maturation to 50 %, the height with the insertion of ear, the height of the plants with maturity, the behavior of the varieties vis-a-vis the pyriculariose, the length of the panicles and the output were evaluated with harvest. The data obtained were evaluated by using the analysis of variance (ANOVA). The comparison of average was carried out using the smallest significant difference (PPDS) with the threshold of probability of 5% and 1%. The results obtained indicate that there are significant differences between the varieties for all the evaluated parameters. Five varieties (IR 47686-13-2-2, INERA 8, LIENGE, IRAT 112, and NERICA 7) gave outputs significantly higher than local witness NGAMBI. These varieties in addition had a good resistance to the foliar pyriculariose. So they were regarded as powerful under the local conditions of Gimbi.

KEYWORDS: Selection, *Oryza sativa*, Bundi, Seke-Banza, RDC.

RÉSUMÉ: La présente étude a été conduite pendant deux campagnes agricoles (au cours des années 2011 et 2012) à la Station de Recherche INERA-GIMBI pour évaluer les performances de 11 variétés de riz pluvial dans les conditions édapho-climatiques du secteur de Bundi. Dix variétés de riz pluvial (BAIBINGE 1, INERA 7, INERA 8, IRAT 112, IRAT 216, IRAT 341, IR 47686-13-2-2, NERICA 4, NERICA 7, LIENGE) ont été utilisées en comparaison avec le témoin local NGAMBI. Le dispositif expérimental adopté était celui des blocs complets randomisés avec trois répétitions. Chaque variété occupait une dimension parcellaire de 5 m x 2 m.

Plusieurs paramètres agronomiques, à savoir le pourcentage de reprise, le tallage à 45 jours après semis, la période de 50 % floraison, la période de maturation à 50 %, la hauteur à l'insertion de l'épi, la hauteur des plantes à maturité, le comportement des variétés face à la pyriculariose, la longueur des panicules et le rendement ont été évalués à la récolte. Les données obtenues ont été évaluées en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA). La comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de probabilité de 5% et 1%. Les résultats obtenus indiquent qu'il y a des différences significatives entre les variétés pour tous les paramètres évalués. Cinq variétés (IR 47686-13-2-2, INERA 8, LIENGE, IRAT 112, et NERICA 7) ont donné des rendements significativement supérieurs au témoin local NGAMBI. Ces variétés ont présenté par ailleurs une bonne résistance à la pyriculariose foliaire. De ce fait, elles ont été retenues comme performantes dans les conditions locales de Gimbi.

MOTS-CLEFS: Sélection, *Oryza sativa*, , Bundi, Seke-Banza, RDC.

1 INTRODUCTION

Le riz constitue l'aliment de base pour plus de la moitié de la population mondiale [1,2]. Il fournit 20 % des besoins mondiaux en énergie alimentaire [3]. Sa culture couvre environ 150 millions d'hectares et sa production a atteint 683,9 millions de tonnes de paddy en 2009 [4]. Selon la même source, la consommation de riz par habitant était estimée à 56,1 kg par an durant la même période.

Il fait partie intégrante des systèmes de production agricole en Afrique. Son importance ne cesse de s'accroître, tant au plan alimentaire qu'économique [5] cité par [6]. Il joue un rôle très important dans la contribution à la sécurité alimentaire, importante source de revenus aux producteurs et par conséquent à la réduction de la pauvreté dans certains pays africains [7,8] cité par [6].

Le riz est la deuxième céréale la plus consommée par la population en République Démocratique du Congo (R.D- Congo), après le maïs [9].

Dans le secteur de Bundi (Territoire de Seke-Banza), la culture du riz revient en troisième position après le manioc et la banane plantain. Elle fait partie des cultures de base des populations de la zone [10].

En régions tropicales, la culture de riz est soumise à des contraintes biotiques et abiotiques drastiques conduisant à des menaces de leur érosion génétique [11].

Une des grandes contraintes à la production du riz chez les paysans en RDC est le manque des variétés améliorées avec des caractéristiques désirables.

L'insuffisance de germoplasmes de riz dans le milieu restreint sa culture à un nombre limité des variétés. Par ailleurs, les cultigènes de plus en plus utilisés par les paysans, en proie aux maladies et ravageurs, sont actuellement menacés par l'érosion génétique [9].

Dans un contexte extrêmement difficile en termes de sous-alimentation et de malnutrition que connaît la RDC, il est donc indispensable que des nouvelles variétés de riz soient vulgarisées en vue d'apporter une réponse appropriée aux groupes vulnérables.

La présente étude s'est proposé comme objectif l'identification des variétés performantes qui s'adaptent aux conditions édapho-climatiques du territoire de Seke-Banza afin de les vulgariser aux la population de la zone. Le paysan pourra ainsi disposer du matériel adapté aux conditions locales capable d'assurer des rendements intéressants.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'expérimentation a été conduite sur le site expérimental de la Station INERA-GIMBI ; le site est situé à 44 Km de Matadi, dans le secteur de Bundi, territoire de Seke-Banza, District du Bas-Fleuve, Province du Kongo Central en République Démocratique du Congo. Les coordonnées géographiques du site expérimental sont les suivantes : 5°28'53" de latitude Sud, 13°22 '071" de longitude Est et 339 m d'altitude.

Le climat qui prévaut au site expérimental appartient au type AW5 selon la classification de Köppen. C'est un climat tropical humide caractérisée par deux saisons pluvieuses : saison A (de mi-septembre à mi-décembre), saison B (de mi-février à mi-mai) et deux saisons sèches (de mi-janvier à mi-février ; de mi-juin à mi-août) [12] in [10] [13]. La moyenne de précipitations est de 1185,24 mm/an (Tableau 1). Le champ expérimental est une jachère de fines herbes. Sa végétation est la savane herbeuse dominée par *Imperata cylindrica*. Son sol est sablo-argileux, de couleur noire et enrichi en humus [14].

Les données pluviométriques de Gimbi renseignent le retour effectif des pluies de plus en plus en retard, vers fin octobre ou en novembre. La variabilité dans les irrégularités des pluies sont observées dans les 2 saisons culturales. La saison culturale B est plus contraignante que la saison A en termes de quantités et de la période d'eau tombée.

Tableau 1. Données pluviométriques de la Station INERA-GIMBI

Mois	Moyenne 25 ans (1977 - 2002)		Moyenne 10 ans (2002 - 2012)	
	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluies	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluies
Janvier	119,44	13,96	145,68	13,1
Février	147,68	12,46	122,86	10,3
Mars	161,56	15,5	167,98	13,9
Avril	169,25	15,22	175,52	15
Mai	60,06	11,74	37,84	10,5
Juin	1,9	4,74	3,5	7,1
Juillet	1,6	5,13	1,82	5,4
Août	3,87	6,09	5,38	9
Septembre	14,9	15,88	7,76	12
Octobre	61,1	18,42	81,88	21,8
Novembre	185,48	18,79	245,76	20,33
Décembre	142,08	16,17	189,26	16
Total	1068,92	154,10	1185,24	154,43
Moyenne	89,08	12,84	98,77	12,87

Source : Station agro-météorologique de la Station INERA-GIMBI

2.2 MATÉRIEL D'ÉTUDE

Le matériel végétal utilisé au cours de cette expérimentation était constitué de dix variétés de riz pluvial (BAIBINGE 1, INERA 7, INERA 8, IRAT 112, IRAT 216, IRAT 341, IR 47686-13-2-2, NERICA 4, NERICA 7, LIENGE) en comparaison avec la variété locale NGAMBI.

2.3 MÉTHODES

L'expérimentation a été conduite pendant deux (2) saisons culturales suivant un dispositif en blocs complets randomisés avec 3 répétitions [15,16], comportant 11 traitements constitués de 10 variétés améliorées comparées au témoin local. Chaque bloc, représentant une répétition, comporte 11 parcelles correspondant aux variétés testées, soit un total de 33 parcelles. Les parcelles avaient une superficie de 10 m² soit 5 m de long et 2 m de large. L'essai avait 598 m² soit 26 de long et 23 m de large. Deux blocs consécutifs étaient séparés par une allée de 1 m, tandis que deux parcelles consécutives étaient distantes de 0,50 m. Le terrain a été labouré et les parcelles ont été tracées et piquetées avant le semis ; ce dernier a été fait aux écartements de 20 cm dans tous les sens.

Les observations ont porté sur les paramètres agronomiques ci-après : le pourcentage de reprise, le tallage à 45 jours après semis, la période de 50 % floraison, la période de maturation à 50 %, la hauteur à l'insertion de l'épi, la hauteur des plantes à maturité, le comportement des variétés face à la pyriculariose, la longueur des panicules et le rendement.

Les données collectées ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Statistix 8.0 et les moyennes ont été séparées en utilisant le test de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de 5 % de probabilité.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Les moyennes de valeurs obtenues sur les paramètres évalués sont consignées dans le tableau 2.

Les résultats relatifs aux paramètres évalués tous en fonction des variétés sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Paramètres agronomiques évalués

Variétés	% reprise	Tallage à 45 jours après semis	Nombre jours Floraison à 50 %	Nombre jours Maturation à 50 %	Hauteur à l'insertion (cm)	Hauteur à la récolte (cm)	Longueur des panicules (cm)	Rendement (T/ha)
BAIBINGE 1	65,83±9,46 bc	6,50±0,87 abcd	68,17±18,37 d	116,17±0,29 b	83,33±7,64 a	115,83±9,46 a	29,17±3,82 a	2,23±0,11 de
INERA 7	66,67±15,28 bc	9,00±1,00 ab	66,00±1,00 d	110,00±1,00 de	90,00±5,00 a	116,67±5,77 a	26,67±2,89 ab	2,53±0,68 de
INERA 8	45,00±5,00 d	8,00±1,73 abc	82,67±0,76 ab	116,33±0,29 b	87,50±12,50 a	116,67±13,77 a	28,33±3,82 ab	4,13±0,73 ab
IR 47686-13-2-2	50,00±10,00 cd	9,33±4,04 a	56,00±2,00 e	113,67±1,53 c	91,67±12,58 a	121,67±12,58 a	30,00±0,00 a	4,60±2,07 a
IRAT 112	65,00±11,46 bc	5,50±0,87 cd	64,17±1,61 de	102,17±1,26 g	68,00±5,07 bc	88,67±5,51 bc	22,50±0,00 bc	3,07±0,55 bcd
IRAT 216	86,67±10,41 a	2,33±0,58 e	80,33±2,89 ab	101,67±0,58 g	61,67±2,89 c	80,00±0,00 c	18,33±2,89 c	1,80±0,08 de
IRAT 341	89,33±7,51 a	3,67±0,58 de	78,33±2,31 bc	113,00±0,00 c	61,67±16,07c	83,67±18,72 bc	16,67±7,64 c	1,47±0,33 f
LIENGE	77,50±10,90 ab	7,67±3,01 abc	81,50±1,00 ab	109,00±0,50 e	82,50±4,33 ab	125,83±28,45 a	26,67±2,84 ab	4,03±1,37 abc
NERICA 4	45,83±16,27 d	6,67±1,61 abcd	69,17±0,58 cd	107,33±1,26 f	80,00±2,50 ab	105,00±2,50 ab	25,00±4,33 ab	2,13±0,41 de
NERICA 7	52,50±6,61 cd	6,00±0,50 bcd	66,67±2,36 d	111,33±0,76 d	83,33±10,10 a	112,00±7,21 a	27,00±2,65 ab	2,70±0,21 cde
NGAMBI	85,83±3,82 a	3,83±1,04 de	88,67±0,76 a	129,83±1,26 a	83,33±3,82 a	105,17±6,90 ab	21,83±4,04 bc	1,73±0,24 de
Moyenne	61,38±18,30	6,23±2,46	72,88±10,75	111,86±7,52	78,11±13,29	105,24±18,69	24,74±5,26	2,76±1,24
P	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001

Les moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% de probabilité selon le test LSD ($p>0,05$)

POURCENTAGE DE REPRISE

L'analyse statistique révèle une différence significative entre les variétés ($p < 0,05$). Il varie entre 10 et 89,33 % (Tableau 2). Le pourcentage de reprise le plus élevé a été enregistré chez la variété IRAT 341 (89,33%), suivies des variétés IRAT 216 (86,67 %), NGAMBI (85,83 %), LIENGE (77,50 %), INERA 7 (66,67 %), BAIBINGE 1 (65,83 %) et IRAT 112 (65 %). Les variétés NERICA 7 (52,50 %), IR 47686-13-2-2 (50 %), NERICA 4 (45,83 %) et INERA 8 (45 %) ont présenté un pourcentage inférieur aux autres variétés mises en compétition.

TALLAGE À 45 JOURS APRÈS SEMIS

L'analyse de variance indique qu'il existe une variabilité entre les 11 variétés testées au niveau du nombre total de talles déterminé à 45 jours après semis. Le nombre total de talles varie, en moyenne, entre 2,33 et 9,33 talles.

Il ressort du tableau 2 que les variétés sont classées dans l'ordre suivant :

IR 47686-13-2-2 (9,33) > INERA 7 (9) > INERA 8 (8) > LIENGE (7,67) > NERICA 11 (6,87) > NERICA 4 (6,67) > BAIBINGE 1 (6,50) > NERICA 7 (6) > IRAT 112 (5,50) > NGAMBI (3,83) > IRAT 341 (3,66) > IRAT 216 (2,33).

PÉRIODE DE 50 % DE FLORAISON

Les résultats relatifs à la durée semis-floraison en fonction des variétés sont présentés dans le Tableau 1.

Il existe une variabilité entre les 11 variétés au niveau de la période de 50 % de floraison. Elle varie de 56 à 88,67 jours.

Il ressort de l'examen du tableau 2 que les moyennes ont suivi l'ordre suivant :

NGAMBI (88,67) > INERA 8 (82,67) > LIENGE (81,50) > IRAT 216 (80,33) > IRAT 341 (78,33) > NERICA 4 (69,17) > BAIBINGE 1 (68,17) > NERICA 7 (66,67) > INERA 7 (66) > IRAT 112 (64,17) > IR 47686-13-2-2 (56).

PÉRIODE DE MATURATION À 50 %

Le nombre de jours maturation à 50 % des plants a varié d'une variété à l'autre. Les moyennes sont classées de la manière suivante :

NGAMBI (129,83) > INERA 8 (116,33) > BAIBINGE 1 (116,17) > IR 47686-13-2-2 (113,67) > IRAT 341 (113) > NERICA 7 (111,33) > INERA 7 (110) > LIENGE (109) > NERICA 4 (107,33) > IRAT 112 (102,17) > IRAT 216 (101,67).

HAUTEUR À L'INSERTION

L'analyse statistique au seuil de probabilité $\alpha = 0,05$ indique qu'il existe une différence significative entre les variétés testées.

La hauteur à l'insertion des plants a varié d'une variété à l'autre. Par ordre décroissant, on peut le classer de la manière suivante :

IR 47686-13-2-2 (91,67 cm) > INERA 7 (90 cm) > INERA 8 (87,50 cm) > BAIBINGE 1 (83,33 cm) = NERICA 7 (83,33 cm) = NGAMBI (83,33 cm) > LIENGE (82,50 cm) > NERICA 4 (80 cm) > IRAT 112 (68 cm) > IRAT 216 (61,67 cm) = IRAT 341 (61,67 cm).

HAUTEUR DES PLANTS À LA RÉCOLTE

L'analyse de variance ($p < 0,05$) indique qu'il existe des différences significatives entre les variétés testées pour ce qui concerne la hauteur des plantes à maturité (Tableau 2).

Par ordre décroissant, on peut le classer de la manière suivante :

LIENGE (125,83 cm) > IR 47686-13-2-2 (121,67 cm) > INERA 7 (116,67 cm) > INERA 8 (116,67 cm) > BAIBINGE 1 (115,83 cm) > NERICA 7 (112 cm) > NGAMBI (105,17 cm) > NERICA 4 (105 cm) > IRAT 112 (88,67 cm) > NERICA 11 (85,77 cm) > IRAT 341 (83,67 cm) > IRAT 216 (80 cm).

LONGUEUR DES PANICULES

L'analyse statistique au seuil de probabilité 0,05 révèle une différence significative entre les variétés testées.

La longueur des panicules des plants a varié entre 16,67 et 30 cm pour l'ensemble des variétés. Par ordre décroissant, on peut le classer de la manière suivante :

IR 47686-13-2-2 (30 cm) > BAIBINGE 1 (29,17 cm) > INERA 8 (28,33 cm) > NERICA 7 (27 cm) > INERA 7 (26,67 cm) > LIENGE (26,67 cm) > NERICA 4 (25 cm), IRAT 112 (22,50 cm) > NGAMBI (21,83 cm) > IRAT 216 (18,33 cm) > IRAT 341 (16,67 cm).

LE COMPORTEMENT DES VARIÉTÉS FACE À LA PYRICULARIOSE

Le contrôle phytosanitaire effectué régulièrement tout au long de notre expérimentation n'a pas révélé la présence de la pyriculariose.

Autrement dit, toutes ces variétés ont exprimé une résistance vis-à-vis de la pyriculariose.

LE RENDEMENT

L'analyse statistique (ANOVA) des résultats indique qu'il existe des différences significatives entre les 11 variétés testées en ce qui concerne le rendement (Tableau 2). Par ordre décroissant, on peut le classer de la manière suivante : IR 47686-13-2-2 (4,60 T/ha) > INERA 8 (4,13 T/ha) > LIENGE (4,03 T/ha) > IRAT 112 (3,07 T/ha) > NERICA 7 (2,70 T/ha) > INERA 7 (2,53 T/ha) > BAIBINGE 1 (2,23 T/ha) > NERICA 4 (2,13 T/ha) > IRAT 216 (1,80 T/ha) > NGAMBI (1,73 T/ha) > IRAT 341 (1,47).

4 DISCUSSION

Les paramètres agronomiques ont été évalués, ils ont varié selon les variétés.

LE POURCENTAGE DE REPRISE

L'analyse de variance montre qu'il existe une hétérogénéité (des différences significatives) entre les 11 variétés testées pour le pourcentage de reprise ($p = 0,000 < 0,01$) variant entre 45 et 89,33 % (Tableau 2).

LE TALLAGE À 45 JOURS APRÈS SEMIS

Le nombre de talles fertiles est un paramètre végétatif qui contribue à l'augmentation du rendement élevé en riziculture [17] cité par [18].

La comparaison des moyennes a permis de noter qu'il y a une hétérogénéité entre les variétés pour ce qui concerne le tallage, déterminé à 45 jours après semis. Il varie, en moyenne, entre 2,33 et 9,33. (Tableau 2).

L'analyse de variance indique qu'il existe une variabilité entre les 11 variétés testées au niveau du nombre total de talles déterminé à 45 jours après semis.

Par ailleurs, [19] cité par [18] rapportent que l'augmentation du nombre de talles est un mécanisme morphologique de la tolérance à la sécheresse.

Il est à noter également que le nombre de talles produits par une variété est lié au stade de développement des plantes, qui à son tour, est strictement lié à la variété [20].

Il est probable que les variétés qui produisent un grand nombre de talles fertiles auront un rendement élevé [20]. D'après [21], 90 % des variétés testées ont présenté une taille moyenne supérieure à 100 cm à la maturité.

Il est important de noter que le rendement n'est pas directement corrélé au développement végétatif de la plante. Cependant, il est probable que les variétés qui produisent plus de talles fertiles pourraient avoir un rendement élevé.

Selon [9], un pied de riz peut produire jusqu'à 10-15 talles productives, par contre l'essai d'adaptation portait sur ces trois variétés avait donné les moyennes de nombre de talle fleurie variant entre 6-8 en moyenne pour ces trois variétés ce qui nous fait remarquer une faible capacité de ces variétés de fleurir dans les conditions de ce milieu.

LA PÉRIODE DE 50 % DE FLORAISON

La notation de la date de floraison renseigne sur la durée du cycle végétatif des variétés parce que la période entre la floraison et la maturité est généralement constante.

Concernant la période de 50 % floraison, l'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les 11 variétés de riz pluvial testées ($p = 0,000 < 0,05$). Elle varie entre 56 et 88,67 jours (Tableau 2).

Il ressort de notre étude que d'après l'échelle de cotation décrit par [22] cité par [23], les variétés IRAT 341, IRAT 216, LIENGE, INERA 8 sont des variétés à cycle moyen, car leur 50 % jour à la floraison est compris entre 76 et 85 jours.

Les résultats obtenus indiquent que la plupart des variétés testées ont été précoces avec une période de 50 % de floraison autour de 70 jours en moyenne. Le même phénomène a été observé en Afrique de l'Ouest avec ces nouvelles variétés améliorées qui arrivent à maturité entre 90 et 100 jours et présentent ainsi une précocité à la maturité de 30 à 50 jours par rapport aux variétés typiques de riz pluvial et les variétés améliorées demi naines d'Afrique.

LA PÉRIODE DE MATURATION À 50 %

En ce qui concerne la période de maturation à 50 %, l'analyse de variance a révélé une différence hautement significative entre les 11 variétés de riz pluvial testées ($p = 0,000 < 0,05$). Elle varie entre 101,67 et 129,83 jours (Tableau 2).

Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par [20] et [2] notant que les variétés typiques de riz pluvial arrivent à maturité entre 150 et 170 jours et les variétés améliorées demi-naines entre 120 et 140 jours après semis. La différence entre ces variétés peut être attribuée à l'amélioration génétique des nouvelles variétés de riz pluvial qui présentent des performances de plus en plus importantes.

Il y a à noter que, plus une variété a un cycle long, plus elle accumule des réserves nutritives et plus elle est productive [24] cité par [18].

LA HAUTEUR À L'INSERTION DE L'ÉPI

Pour ce qui est de la hauteur à l'insertion de l'épi, l'analyse de variance a révélé une différence très significative entre les 11 variétés de riz pluvial testées ($p = 0,000 < 0,05$).

La hauteur à l'insertion de l'épi varie entre 61,67 et 91,67 (Tableau 2).

HAUTEUR DES PLANTS À MATURITÉ

Pour ce qui est de la hauteur moyenne des plants ainsi que la hauteur à l'insertion épi, [25] cindique c'est un caractère très important dans le choix des variétés, car elle a de l'influence sur la résistance à la verse. Plus la hauteur de la plante est élevée plus la plante est susceptible à la verse.

La hauteur moyenne des plants varie entre 80 à 125,83 cm se rapprochant de [26] qui a noté que la tige d'un plant de riz peut atteindre 60 à 180 cm.

Les données sur la hauteur des plants consignés dans le Tableau 2 indiquent les variétés NERICA 4, NGAMBI, NERICA 7, BAIBINGE 1, INERA 8, INERA 7, IR 47686-13-2-2 et LIENGE présentent une hauteur moyenne tandis que les variétés IRAT 216, IRAT 341 et IRAT 112 présentent une hauteur courte selon l'échelle de [22] cité par [23].

La variété LIENGE a présenté des risques de verse (125,83 cm) ; Ce résultat s'accorde avec celui trouvé par [10].

Ces résultats corroborent ceux trouvés par [18] notant que les variétés INERA 8, NERICA 6, INERA 7, LIENGE, BAIBINGE 1, NERICA 7, LIOTO et NERICA 4 sont de taille moyenne tandis que les variétés IRAT 112, IRATA 341 et IRAT 216 sont de tailles courtes.

RÉSISTANCE À LA PYRICULARIOSE FOLIAIRE

Toutes les variétés testées ont été résistantes aux maladies. Ceci corrobore le résultat obtenu par [13] rapportant que la sensibilité aux maladies et la performance sont fonction des variétés et de l'environnement.

LA LONGUEUR DES PANICULES (CM)

La longueur des panicules est un paramètre qui contribue à la production du riz [18].

Elle mesure en général de 15 à 50 cm, la moyenne étant de 20 à 24 cm [27] cité par [9].

Le résultat obtenu montre qu'il existe une variabilité entre les 11 variétés testées oscillant entre 16,66 et 30 cm (Tableau 2).

Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par [10] notant que la longueur des panicules a varié entre 17,75 cm à 30 cm et [9] indiquant que la longueur des panicules oscille entre 20,8 et 28 cm pour l'ensemble des traitements.

LE RENDEMENT

Les résultats obtenus montrent qu'il existe une variabilité entre 11 variétés pour le rendement. Les rendements observés varient entre 1,47 et 4,60 tonnes à l'hectare (Tableau 2).

Les résultats repris dans le tableau 2 montrent que les variétés IR 47686-13-2-2, INERA 8, LIENGE, IRAT 112, et NERICA 7 sont performants, car ayant donné des rendements statistiquement supérieurs au témoin local NGAMBI.

Les résultats repris dans le tableau 2 (Les résultats obtenus) montrent qu'il existe une variabilité entre 11 variétés pour le rendement. Les rendements observés varient entre 1,47 et 4,60 tonnes à l'hectare. Ce sont les variétés IR 47686-13-2-2, INERA 8, LIENGE, IRAT 112, et NERICA 7 sont performants, car ayant donné des rendements statistiquement supérieurs au témoin local NGAMBI (Tableau 2).

Dans les conditions de Kiyaka, [18] ont noté que les variétés IR 47686-13-2-2 et LIENGE sont parmi les performantes. Quant à [10], la variété LIENGE a été sélectionnée comme performante. Les autres variétés INERA 8, IRAT 112 et NERICA 7 se sont adaptées aux conditions locales de Gimbi ; car les performances des géotypes dépendent fortement des conditions environnementales qu'ils rencontrent pendant leur cycle cultural : il existe une forte interaction géotype x environnement [25].

Selon [9], le rendement a varié de 2099,0 à 3380,8 kg par ha pour l'ensemble des traitements étudiés.

Quant à [20], au Congo Brazzaville, ont montré que les rendements du riz pluvial sont passés de 2 à 4 tonnes par hectare avec l'utilisation des variétés améliorées.

5 CONCLUSION

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer les variétés de riz pluvial dans les conditions édapho-climatiques du secteur de Bundi (territoire de Seke-Banza) en vue d'en retenir les variétés prometteuses avec un rendement des grains supérieur au témoin local et possédant une large capacité d'adaptation. Les caractères agronomiques tels que le pourcentage de reprise, le tallage à 45 jours après semis, la période de 50 % floraison (le nombre de jours à 50 % de floraison), la période de maturation à 50 %, la hauteur à l'insertion de l'épi, la hauteur (lades plantes à maturité), la résistance à la pyriculariose, la longueur des panicules et le rendement ont été mesurés. Les résultats obtenus ont montré que toutes les variétés testées ont montré un comportement similaire à celui des variétés

Au terme des différentes analyses des paramètres agronomiques, il ressort que les variétés IR 47686-1, INERA 8, LIENGE, IRAT 112 et NERICA 7 sont les plus productives. Leurs rendements sont respectivement de 4,60, 4,13, 4,03, 3,06 et 2,7 t/ha.

Les résultats obtenus ne doivent pas être considérés comme définitifs. Les variétés sélectionnées ainsi que les autres devront dans les études ultérieures, être suivies sur de grandes superficies dans la même région afin de confirmer leurs performances.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie le Projet PANA-ASA pour avoir financé les activités de recherche ayant abouti à la rédaction du présent article.

REFERENCES

- [1] Jacquot M., Clément G., Ghesquière A., Glaszmann J-C., Guiderdoni E. et D. Tharreau. 1997. Les riz. In : L'amélioration des plantes tropicales. CIRAD et ORSTOM, Toulouse, France, p. 533 – 535.
- [2] Nguetta A. S. P, Guéi R. G. et S. Diatta. 2005. Contribution à l'identification de variétés performantes de riz inondé (*Oryza* sp.) dans la région subéquatoriale du Congo Brazzaville. *Afrique Science*, 01 (1) : 81-93.
- [3] FAO. 2004. Année internationale du riz 2004 : le riz c'est la vie. <http://www.fao.org./rice2004>. (le 07 octobre 2011).
- [4] FAO. 2010. Suivit du marché du riz. 3 p. <http://www.fao.org> (le 17 septembre 2011).
- [5] Totin E., van Mierlo B., Saïdou A., Mongbo R., Agbossou E., Stroosnijder L., Leeuwis C., 2012. Barriers and opportunities for innovation in rice production in the inland valleys of Bénin. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 60-63: 57-66.
- [6] SAIDOU Aliou., GNAKPENOU K. Denis, BALOGOUN Ibouaïman, HOUNNAHIN S. Romain1), KINDOMIHOU M. Valentin. 2014. Effet de l'urée et du NPK 15-15-15 perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 en zone de bas-fond au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 77:6575 – 6589
- [7] Fagade, S.O., 2000. Yield gaps and productivity decline in rice production in Nigeria. In: FAO (Ed.), *Proceedings of the Expert Consultation on Yield Gap and Productivity Decline in Rice*, Rome, Italy. pp. 15–37.
- [8] Totin E., Stroosnijder L., Agbossou E., 2013. Mulching upland rice for efficient water management: A collaborative approach in Benin. *Agricultural Water Management*, 125 : 71-80.
- [9] Kasongo KM, Walangululu MJ, Bantodia KM, Likoko B & Mbuya K. 2003. Étude du comportement et des performances de huit lignées hybrides de riz pluvial à cycle moyen sélectionnées à Yangambi. *Tropicultura*, 21(3): 112 – 116.
- [10] Franck NGOYI TSHITE, Van TSHIOMBE MULAMBA and Patrice LIENGE. Agronomic evaluation of rain fed rice varieties in Seke-Banza area, Democratic Republic of Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(5): 2039-2045, October 2016. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.8>
- [11] ADRAO. 2003. NERICA en plein essor : un symbole d'espoir pour les riziculteurs africains. Abidjan, Côte d'Ivoire, 2 p., [http : //www.warda.org](http://www.warda.org) (le 03 juillet 2011).
- [12] Franck NGOYI TSHITE, Van TSHIOMBE MULAMBA and Patrice LIENGE. Agronomic evaluation of rain fed rice varieties in Seke-Banza area, Democratic Republic of Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(5): 2039-2045, October 2016. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.8>
- [13] Muderhwa M. 2009. Import of soil cover in the restoration of forest ecosystems: the Luki Biosphere Reserve, Bas Congo province. TFC Graduate Agronomist degree, University of Kinshasa, p6, unpublished.
- [14] Franck NGOYI TSHITE, Justin MUDIBU WA KABANGU ,Van TSHIOMBE MULAMBA and Gabriel MASIALA MUANDA. Identification of adapted varieties of groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) in SEKE BANZA area, Democratic Republic of the Congo (DRC). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2): 652-663, April 2015. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.7>

- [15] Franck NGOYI TSHITE, Justin MUDIBU WA KABANGU ,Van TSHIOMBE MULAMBA and Gabriel MASIALA MUANDA. Identification of adapted varieties of groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) in SEKE BANZA area, Democratic Republic of the Congo (DRC). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2): 652-663, April 2015. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.7>
- [16] SENAFIC. 2011. Characterization studies of tested site of PANA-ASA project/INERA GIMBI/ BAS CONGO/KINSHASA GOMBE.
- [17] Dagnelie P. Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyses de leurs résultats. Gembloux (Belgique): Les presses agronomiques, 2003.
- [18] Roger Vumilia KIZUNGU, Kasele Idumbo, Stephane Dubois, Binsika Bi Mayala, Mankangidila Kindomba. (2011). Utilisation des logiciels de base dans la recherche agronomique. Application sur le Dispositif en Blocs Complètement Randomisés. Projet AMPV II. Renforcement des Capacités des Chercheurs et Techniciens de l'INERA en NTICs (Gandajika, Kipopo, Kiyaka Mvuazi, Yangambi). 38 p.
- [19] PIGEAIRE A. (1980). Contribution à l'analyse de l'élaboration du rendement du riz pluvial. O.R.S.T. Outre-Mer, Bouake, p98.
- [20] Kukupula P.D., Anzolo N.P., Ndembo J., (2016). Récents progrès en sélection du riz à Kiyaka, en R.D. Congo. *Congo Sciences* vol. 4 (2), 144-152
- [21] KONE B., ETTIEN J.B., AMADJI G. ET DIATTA S. [2008]. Caractérisation de la tolérance d NERICA à la sécheresse de mi-saison en riziculture pluviale. Uganda, *Africa Crop Science Journal*, 16(2) :113-145.
- [22] A.S.P. Nguetta, J.Y. Lidah, C.N. M. Ebélébé et R.G. Guéi. 2005. Sélection de variétés performantes de riz pluvial (*Oryza* sp.) dans la région subéquatoriale du Congo Brazzaville. *Afrique Science*, vol 2, n°3, pp. 352-364, 2006
- [23] Monty P. J., M. Dingkhun, G. K. Aluko and S. Mandé. 1997. «Interspecific *Oryza sativa* L. x *Oryza glaberrima* Steud. progenies in upland rice improvement». *Euphytica*, (92) : 237 - 246.
- [24] Kabuyaya D. 2001. Le Protocole « PRERP ». La mise en place d'un essai et la collecte des données. Coopération Agricole Italienne en RDC, At.C/PNR, Kinshasa.
- [25] Bangata BM, Ngbolua KN, Ekutsu E, Kalonji MA. 2013a. Comportement de quelques lignées de riz NERICA en culture de bas-fond dans la région de Kinshasa, République Démocratique du Congo (RDC). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(1): 25- 32. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1.3>.
- [26] Séminaire sur la riziculture d'altitude. Bujumbura. 1990.
- [27] Nyembo Kimuni Luciens, Mpundu Mubemba Michel, and Baboy Longanza Louis. Évaluation et sélection de nouvelles variétés de maïs (*Zea mays* L.) à haut potentiel de rendement dans les conditions climatiques de la région de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol.3 No. 1 May 2014, pp. 21-27
- [28] DE DATTA SK (1981); *Principles and practices of rice production*, Wiley, New York, USA.
- [29] Moule C., 1972. Le riz. Paris.

Sélection des clones performants de manioc (*Manihot esculenta*) à Gimbi (Secteur de Bundi, Territoire de Seke-Banza) en République Démocratique du Congo

[Selection of the effective cultivars of cassava (*Manihot esculenta*) in Gimbi (Sector of Bundi, Territory of Seke-Banza) in Democratic Republic of Congo]

Masiala Muanda Gabriel

Attaché de Recherche, Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques (INERA), RD Congo

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

ABSTRACT: A study was led to the station of the National Institute for the Study and the Agronomic research (INERA) of Gimbi, sector of Bundi, territory of Seke-Banza, province of Kongo Central, Democratic République of Congo, during the farming years 2011/2012 and 2012/2013 in order to evaluate the various clones of cassava cultivated in the agroecologic conditions in this part of the country.

Thirteen cultivars of manioc including 11 clones (2008/003, 2008/019, 2008/0223, 2008/0330, 2007/0305, 2007/021, 2007/071, 2007/030, 2007/084, 2007/089, 2007/0102) and 2 witnesses: local (Anti-ota) and improved (Obama) were evaluated in a test installed according to the device of the blocks completely randomized with 4 repetitions.

Several parameters were observed to know the date of plantation, the duration of the time of the plantation to the recovery, percentage of recovery 1st MAP, the incidence and severity of diseases (CMD, CAD, CBB...), the ravageurs (white Fly, Thrips, CART and others), le diamètre with the collet, the height of the plants with 3,6,9 and 12th MAP, the height of ramification, the number of collected seedlings, the index of harvest, le a number of marketable and nonmarketable roots, the color of pulp, the output of tuberoses roots.

The results obtained indicate that in 12 months after plantation clones 2007/0305 with 18,937 T/ha, 2008/0223 with 18,852 T/ha, 2007/0102 with 18,410 T/ha, 2008/003 with 18,312 T/ha and 2008/0330 with 17,873 T/ha had an output higher than the improved witnesses than local (Obama with 17,610 T/ha, Anti-ota with 9,335 T/ha).

The African mosaic was observed at the local witness with a weak incidence.

In spite of the significant differences observed between the performances of these varieties, one noted in general that the averages of the four evaluated parameters expressed a tendency to the growth up to 15 MAP.

KEYWORDS: Sélection, cultivar, cassava, Gimbi, Bundi, Seke-Banza.

RÉSUMÉ: Une étude a été conduite à la station de l'Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique (INERA) de Gimbi, secteur de Bundi, territoire de Seke-Banza, province du Kongo Central, République Démocratique du Congo, durant les années culturales 2011/2012 et 2012/2013 en vue d'évaluer les différents clones de manioc cultivées aux conditions agroécologiques dans cette partie du pays.

Treize cultivars de manioc dont 11 clones (2008/003, 2008/019, 2008/0223, 2008/0330, 2007/0305, 2007/021, 2007/071, 2007/030, 2007/084, 2007/089, 2007/0102) et 2 témoins : locale (Anti-ota) et améliorée (Obama) ont été évaluées dans un essai installé suivant le dispositif des blocs complètement randomisés avec 4 répétitions.

Plusieurs paramètres ont été observés à savoir la date de plantation, la durée du temps de la plantation à la reprise, pourcentage de la reprise 1^{er} MAP, l'incidence et sévérité des maladies (CMD, CAD, CBB,...), les ravageurs (Mouche blanche, Thrips, CART et autres), le diamètre au collet, la hauteur des plantes à 3,6,9 et 12^{ème} MAP, la hauteur de ramification, le nombre de plants récoltés, l'indice de récolte, le nombre de racines commercialisables et non commercialisables, la couleur de la pulpe, le rendement en racines tubéreuses.

Les résultats obtenus indiquent qu'à 12 mois après plantation les clones 2007/0305 avec 18,937 T/ha, 2008/0223 avec 18,852 T/ha, 2007/0102 avec 18,410 T/ha, 2008/003 avec 18,312 T/ha et 2008/0330 avec 17,873 T/ha avaient un rendement supérieur aux témoins améliorés que local (Obama avec 17,610 T/ha, Anti-ota avec 9,335 T/ha).

La mosaïque africaine a été observée chez le témoin local avec une faible incidence.

Malgré les différences significatives observées entre les performances de ces variétés, on a noté en général que les moyennes des quatre paramètres évalués ont manifesté une tendance à la croissance jusqu'à 15 MAP.

MOTS-CLEFS: Sélection, Clone, Manioc, Gimbi, Bundi, Seke-Banza.

1 INTRODUCTION

Le manioc est la plante vivrière la plus importante de la zone tropicale humide grâce à sa plasticité, et au volume de sa production et de sa consommation. Il est cultivé essentiellement pour ses racines tubéreuses riches en amidon [1].

Sa production annuelle mondiale est estimée à environ 250 million de tonne avec 52% pour l'Afrique [2].

La culture de manioc est la deuxième culture vivrière de base en Afrique Subsaharienne où le manioc joue un grand rôle dans la sécurité alimentaire et fournit plus de 285 calories par personnes par jour [3], [4] cités par [5].

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) constitue à la fois la principale culture et denrée de base la plus répandue ainsi que source de revenus pour environ 70 % de la population sur l'ensemble du territoire de la République Démocratique du Congo (RDC). Il couvre plus de la moitié des superficies sous culture et est consommée de manière permanente par plus de 70 % de la population pour ses racines et par environ 80 % pour ses feuilles qui constituent un des principaux légumes du pays. Après le Nigeria, la RDC est classée deuxième des grands producteurs du manioc en Afrique et au cinquième rang mondial [6] [7] cités par [5] ; [8] [9].

On enregistre souvent des rendements très faibles de l'ordre de 7-8 tonnes/ha dans les cultures paysannes [10].

Par ailleurs, les besoins en boutures des variétés résistantes aux contraintes biotiques et performantes sont très élevés en RDC [8].

Dans le territoire de Seke-Banza (secteur de Bundi), le manioc est une culture vivrière qui contribue fortement à la sécurité alimentaire et représente la principale source de revenus pour beaucoup de producteurs.

Malgré son importance, la production du manioc est confrontée à de nombreuses contraintes qui sont toutes directement ou indirectement d'ordre agronomique (insuffisance de cultivars performants, forte sensibilité des cultivars locaux aux maladies et ravageurs, pertes post-récoltes très élevées, effets des changements climatiques, etc.) qui rendent difficile sa culture et pouvant être levées par l'utilisation de cultivars performants [11] cité par [12].

L'objectif est d'identifier des clones performants de manioc s'adaptant aux conditions édapho-climatiques de Gimbi afin de les distribuer chez la population de la zone. Le paysan pourra ainsi disposer du matériel adapté aux conditions locales capable d'assurer des rendements intéressants.

L'objectif poursuivi dans cette étude, est d'évaluer et d'identifier les clones performants de manioc cultivés aux conditions édapho-climatiques de Gimbi afin de les distribuer à la population de la zone. Le paysan pourra ainsi disposer du matériel adapté aux conditions locales capable d'assurer des rendements intéressants.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'expérimentation a été conduite à la Station de recherche de l'Institut National pour l'étude et la Recherche Agronomique (INERA) de Gimbi, pendant deux années agricoles : 2011-2012 et 2012-2013. Le territoire de Seke-Banza (Province de Kongo Central), a les coordonnées géographiques suivantes. Le site expérimental est situé à 44 Km de Matadi, dans le secteur de Bundi, territoire de Seke-Banza, District du Bas-Fleuve, Province du Kongo Central en République Démocratique du Congo dont les coordonnées sont les suivantes : 5°28'531" de latitude Sud, 13°22 '071" de longitude Est et 339 m d'altitude.

Le climat qui prévaut au site expérimental appartient au type AW5 selon la classification de Köppen. C'est un climat tropical humide caractérisée par deux saisons pluvieuses : saison A (de mi-septembre à mi-décembre), saison B (de mi-février à mi-mai) et deux saisons sèches (de mi-janvier à mi-février ; de mi-juin à mi-août) [13] in [14] [15]. La moyenne de précipitations est de 1185,24 mm/an (Tableau 1). Le champ expérimental est une jachère de fines herbes. Sa végétation est la savane herbeuse dominée par *Imperata cylindrica*. Son sol est sablo-argileux, de couleur noire et enrichi en humus [16].

Les données pluviométriques de Gimbi renseignent le retour effectif des pluies de plus en plus en retard, vers fin octobre ou en novembre. La variabilité dans les irrégularités des pluies sont observées dans les 2 saisons culturales. La saison culturale B est plus contraignante que la saison A en termes de quantités et de la période d'eau tombée.

Tableau 1. Données pluviométriques de la Station INERA-GIMBI

Mois	Moyenne 25 ans (1977 - 2002)		Moyenne 10 ans (2002 - 2012)	
	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluies	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluies
Janvier	119,44	13,96	145,68	13,1
Février	147,68	12,46	122,86	10,3
Mars	161,56	15,5	167,98	13,9
Avril	169,25	15,22	175,52	15
Mai	60,06	11,74	37,84	10,5
Juin	1,9	4,74	3,5	7,1
Juillet	1,6	5,13	1,82	5,4
Août	3,87	6,09	5,38	9
Septembre	14,9	15,88	7,76	12
Octobre	61,1	18,42	81,88	21,8
Novembre	185,48	18,79	245,76	20,33
Décembre	142,08	16,17	189,26	16
Total	1068,92	154,10	1185,24	154,43
Moyenne	89,08	12,84	98,77	12,87

Source : Station agro-climatologique de l'INERA-GIMBI

2.2 MATÉRIEL D'ÉTUDE

Le matériel de plantation utilisé au cours de cette expérimentation était constitué de 13 cultivars de manioc, à savoir 11 clones (2008/003, 2008/019, 2008/0223, 2008/0330, 2007/0305, 2007/021, 2007/071, 2007/030, 2007/084, 2007/089, 2007/0102) en compétition avec deux (2) témoins : amélioré (Obama) et local (Anti-ota).

2.3 MÉTHODES

L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif des blocs complètement randomisés avec quatre (4) répétitions [17] [18].

Les traitements sont constitués des cultivars testés. Les parcelles élémentaires de 10 m x 4 m (40 m²) étaient séparées par des allées de 1 m et les blocs par des allées de 2 m. Les écartements de plantation étaient de 1 m x 1 m, soit une densité de 10.000 plants/ha.

Les variables et les paramètres observés ou mesurés sont les suivants :

- Pourcentage de reprise à 1^{er} MAP ;
- Circonférence de tige à 10 cm du sol à 12^{ème} MAP (cm) ;
- Nombre de tiges par pied à la récolte à 12^{ème} MAP ;
- Hauteur des plants à la récolte à 12^{ème} MAP (cm) ;
- Hauteur de ramification à 12^{ème} MAP (cm) ;
- Nombre de pieds récoltés ;
- Nombre de tubercules commercialisables et non commercialisables ;
- Poids frais des tubercules commercialisables et non commercialisables en kg ;
- Poids des parties aériennes à 12^{ème} MAP (Kg) ;

- Cotation CBSD racines tubéreuses à 12^{ème} MAP ;
- Évaluation Cochenille Africaine des Racines et des Tiges (CART) 12^{ème} MAP ;
- Cotation Mosaïque Africaine de Manioc (CMD) à 12^{ème} MAP ;
- Cotation CAD à 12^{ème} MAP ;
- Cotation CBB à 12^{ème} MAP ;
- Rendement à 12^{ème} MAP, 15^{ème} MAP et 18^{ème} MAP.

Le rendement en tubercules a été déterminé à 12, 15 et 18 mois après plantation des boutures par dénombrement et pesée des racines tubéreuses fraîches (détermination du poids frais des tubercules) après récolte sur le champ à l'aide d'une balance de précision 100 g.

Les données collectées ont fait l'objet d'analyse de la variance et la comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test LSD au seuil de probabilité de 5 % en utilisant le logiciel **Statistix 8.0**.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Les moyennes de valeurs obtenues sur les différents paramètres observés sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 2. Circonférence de tige à 10 cm du sol, nombre de tiges par pied, hauteur des plants (cm), nombre de pieds récoltés et nombre de tubercules commercialisables des clones de manioc testés.

Clones	CT (cm)	NTP	HP (cm)	NPR	NTC
2007/0102	7,25±0,96 d	1,00±0,00 d	155,00±30,00 fg	13,50±2,65 ab	34,00±13,93 abc
2007/021	9,00±0,82 bc	1,75±0,50 ab	277,50±26,30 ab	14,25±2,36 ab	32,75±7,23 abcd
2007/030	8,25±0,50 bcd	1,00±0,00 d	182,50±20,62 ef	12,00±2,16 b	22,75±5,06 bcd
2007/0305	7,75±0,50 cd	1,75±0,50 ab	285,00±19,15 ab	14,75±0,96 a	36,25±14,48 ab
2007/071	7,25±0,96 d	1,00±0,00 d	175,00±25,17 efg	13,00±2,94	22,00±11,34 cd
2007/084	7,75±0,50	1,00±0,00 d	160,00±8,16 fg	13,25±1,71 ab	22,00±1,41 cd
2007/089	9,00±0,82 bc	1,50±0,58 bc	277,50±20,62 ab	15,00±1,15 a	35,75±6,99 ab
2008/003	9,25±0,50 b	1,25±0,50 cd	232,50±12,58 cd	13,75±1,26 ab	35,50±7,59 abc
2008/019	8,75±0,96 bc	1,00±0,00 d	147,50±23,63 g	12,00±3,56 b	19,50±9,11 d
2008/0223	7,75±0,96 cd	1,50±0,58 bc	200,00±0,00 de	15,50±1,00 a	37,25±4,11 a
2008/0330	8,50±0,58 bcd	1,00±0,00 d	177,50±17,08 efg	13,25±0,96 ab	33,00±13,71 abcd
Anti-ota	13,25±2,22 a	2,00±0,00 a	262,50±47,87 bc	14,00±0,00 ab	24,00±7,62 abcd
Obama	9,00±1,15 bc	1,75±0,50 ab	300,00±0,00 a	13,00±2,00 ab	35,50±13,53 abc
Moyenne	8,67±1,72	1,35±0,48	217,88±58,05	13,63±2,02	30,02±10,77
CV (%)	10,66	25,70	10,63	12,89	31,44
P	0,0000	0,0001	0,0000	0,1832	0,0494

Les moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% de probabilité selon le test LSD ($p>0,05$)

CT : Circonférence de tige à 10 cm du sol

NTP : Nombre de tiges par pied

HP : Hauteur de plant

NPR : Nombre de pieds récoltés

NTC : Nombre de tubercules commercialisables

NTNC : Nombre de tiges non commercialisables

Tableau 3. Poids frais des tubercules commercialisables, non commercialisables, des parties aériennes des clones de manioc testés

N°	Clones	PFTC (kg)	PFTNC (kg)	PPA (kg)
1	2007/0102	24,50±4,34 ab	8,75±1,66 abc	66,00±3,39 b
2	2007/021	18,88±2,59 bcd	5,88±2,10 de	52,63±2,95 de
3	2007/030	14,00±2,00 d	7,01±1,95 cde	41,25±1,19 g
4	2007/0305	27,88±8,71 a	9,75±1,26 a	60,25±6,49 bc
5	2007/071	13,50±3,70 d	6,63±2,36 cde	48,25±8,06 ef
6	2007/084	12,75±2,63 d	6,13±0,85 de	43,25±1,94 fg
7	2007/089	21,50±2,48 abc	8,00±2,16 abcd	61,38±4,39 bc
8	2008/003	25,13±4,29 ab	9,75±0,50 a	72,88±2,93 a
9	2008/019	16,88±4,97 cd	7,25±1,71 bcde	58,50±6,89 cd
10	2008/0223	28,88±2,59 a	5,38±0,75 e	62,65±3,09 bc
11	2008/0330	26,00±11,51 ab	7,75±2,22 abcd	61,63±9,01 bc
12	Anti-ota	16,00±2,94 cd	7,75±2,63 abcd	74,75±2,50 a
13	Obama	22,38±3,42 abc	9,38±0,63 ab	60,38±4,44 bc
	Moyenne	20,63±7,06	7,65±2,08	58,75±10,78
	CV (%)	24,98	27,19	8
	P	0,0023	0,0000	0,0000

Les moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% de probabilité selon le test LSD ($p>0,05$)

PFTC : Poids frais des tubercules commercialisables

PFTNC : Poids frais des tubercules non commercialisables

PPA : Poids des parties aériennes

Tableau 4. Rendements à 12 MAP, 15 MAP, 18 MAP et moyen des clones de manioc testés

N°	Clones	Rdt 12 MAP (T/ha)	Rdt 15 MAP (T/ha)	Rdt 18 MAP (T/ha)	Rdt moyen (T/ha)
1	2007/0102	18,41±1,37 a	21,50±2,38 cd	48,75±8,54 f	29,55±2,65 ef
2	2007/021	13,41±1,19 abcd	23,19±4,72 bcd	73,75±13,77 cd	36,78±6,02 cd
3	2007/030	11,88±2,39 bcd	23,25±4,72 bcd	77,50±9,57 bcd	37,54±4,00 bc
4	2007/0305	18,94±4,62 a	23,75±4,33 bcd	67,50±9,57 de	36,73±2,91 cd
5	2007/071	10,44±0,59 cd	20,69±0,90 cd	55,00±7,07 ef	28,71±2,37 f
6	2007/084	7,87±4,75 d	21,50±2,38 cd	65,00±4,08 def	31,46±3,12 cdef
7	2007/089	14,64±2,62 abc	27,50±6,45 ab	101,25±8,54 a	47,80±4,73 a
8	2008/003	18,31±2,62 a	20,00±2,04 d	52,50±6,45 ef	30,27±2,02 def
9	2008/019	14,51±3,73 abc	21,88±2,39 cd	52,50±5,00 ef	29,63±1,74 ef
10	2008/0223	18,85±2,40 a	25,63±3,15 bc	86,25±11,09 abc	43,58±4,41 ab
11	2008/0330	17,87±12,66 ab	20,88±1,11 cd	68,75±13,15 de	35,83±3,63 cdef
12	Anti-Ota	9,33±5,81 cd	27,75±6,85 ab	93,75±26,89 ab	43,61±9,80 ab
13	Obama	17,61±1,80 ab	31,91±7,97 a	87,50±15,55 abc	45,67±7,52 a
	Moyenne	14,77±5,58	23,80±5,11	71,54±19,62	36,70±7,71
	CV (%)	29,80	16,02	16,03	12,82
	P	0,0037	0,0024	0,0000	0,0000

Les moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% de probabilité selon le test LSD ($p>0,05$)

Tableau 5. Cotation et évaluation des clones de manioc testés

N°	Clones	CMD	CBB	CAD	CBSD	CART
1	2007/0102	1	1	1	1	0
2	2007/021	1	1	2,5	1	3
3	2007/030	1	1	1	1	5,25
4	2007/0305	1	1	3,25	1	19,25
5	2007/071	1	1	1	1,5	1
6	2007/084	1	1	1	2	1,5
7	2007/089	1	1	1	1,5	7,75
8	2008/003	1	1	1	1	10,97
9	2008/019	1	1	1	2	6,5
10	2008/0223	1	1	1	1	12,5
11	2008/0330	1	1	1,75	1,75	8,5
12	Anti-ota	2,5	1	2,5	1	40
13	Obama	1	1	2,5	2	11,25
	Moyenne	1,12	1	1,58	1,37	17,4

Tableau 6. Résumé de l'ANOVA des paramètres observés

Paramètres	F		Décision
	F obs.	F tab (5%)	
Circonférence de tiges à 10 cm du sol 12 ^{ème} MAP (cm)	11,08	0,0000	***
Nombre de tiges par pied	4,71	0,0001	***
Hauteur des plants (cm)	23,54	0,0000	***
Hauteur de ramification (cm)	11,5	0,0000	***
Nombre de pieds récoltés	1,46	0,1832	NS
Nombre de tubercules commercialisables	2,04	0,0494	NS
Nombre de tiges non commercialisables	3,35	0,0024	**
Poids frais des tubercules commercialisables	4,82	0,0001	***
Poids frais des tubercules non commercialisables	3,37	0,0023	**
Poids des parties aériennes	18,67	0,0000	***
Rendement à 12 ^{ème} MAP (T/ha)	3,16	0,0037	**
Rendement à 15 ^{ème} MAP (T/ha)	3,35	0,0024	**
Rendement à 18 ^{ème} MAP (T/ha)	8,8	0,0000	***
Rendement moyen (T/ha)	8,04	0,0000	***

*** : Différence hautement significative

** : Différence très significative

* : Différence significative

NS : Différence non significative

TAUX DE REPRISE

Le taux de reprise a également varié selon les clones de l'ordre de 73,6 à 94,7%.

CIRCONFÉRENCE DE TIGE À 10 CM DU SOL 12^{ème} MAP (CM)

La circonférence de tige à 10 cm du sol 12 MAP a varié aussi d'un clone à un autre de 7,25 à 13,25 cm. On observe le plus gros diamètre (13,25 cm) chez Anti-ota (témoin local) tandis que les clones 2007/0102 et 2007/071 présentent le diamètre le plus petit (7,25 cm) (Tableau 2).

On observe le plus gros diamètre de la tige (circonférence de tige à 10 cm du sol) à 12 mois après plantation chez Anti-ota (13,25 cm) suivis de 2008/003 (9,25 cm) et 2007/021 (9 cm) (Tableau 2).

La circonférence de tige à 10 cm du sol 12^{ème} MAP a varié d'un clone à l'autre. Par ordre décroissant de leur circonférence, on peut les classer de la manière suivante : Anti-ota (13,25 cm) > 2008/003 (9,25 cm) > 2007/021 (9 cm) > 2007/089 (9 cm) > Obama (9 cm) > 2008/019 (8,75 cm) > 2008/0330 (8,5 cm) > 2007/030 (8,25 cm) > 2007/0305 (7,75 cm) > 2008/0223 (7,75 cm) > 2007/0102 (7,25 cm) > 2007/071 (7,25 cm) (Tableau 2).

NOMBRE DE TIGE PAR PIED

Le nombre de pied a varié d'un clone à l'autre (Tableau 2). Par ordre décroissant de leur nombre de tige par pied, on peut les classer de la manière suivante :

Anti-ota (2) > 2007/021 (1,75) = 2007/0305 (1,75) > Obama (1,75) > 2007/089 (1,50) > 2008/0223 (1,5) > 2008/003 (1,25) > 2007/0102 (1) > 2007/030 (1) > 2007/071 (1) > 2007/084 (1) > 2008/019 (1) > 2008/0330 (1)

HAUTEUR DES PLANTS À LA RÉCOLTE 12^{ème} MAP (cm)

La croissance en hauteur a été observée à 12 MAP (mois après plantation). Les données prises ont permis de dégager des différences significatives entre les différents clones testés.

On observe une différence hautement significative au seuil de $p < 0,01$ entre les clones pour la hauteur.

La hauteur des plants à la récolte a varié d'un clone à l'autre (Tableau 2). Par ordre décroissant, on peut les classer de la manière suivante :

Obama (300 cm) > 2007/0305 (285 cm) > 2007/021 (277,50 cm) > 2007/089 (277,50 cm) > Anti-ota (262,50 cm) > 2008/003 (232,50 cm) > 2008/0223 (200 cm) > 2007/030 (182,50 cm) > 2008/0330 (177,50 cm) > 2007/071 (175 cm) > 2007/084 (160 cm) > 2007.0102 (155 cm) > 2008/019 (147,50 cm)

La hauteur moyenne de plants a varié d'un clone à l'autre. Elle a été plus grande chez Obama (témoin amélioré) soit de 300 cm, 2008/019 présentant la plus petite hauteur de tous les clones soit 147,50 cm (Tableau 2).

Par ordre croissant de leur hauteur, on peut les classer de la manière suivante : 2008/019 < 2007/0102 < 2007/084 < 2007/071 < 2008/0330 < 2007/030 < 2008/0223 < 2008/003 < Anti-ota < 2007/089 < 2007/021 < 2007/0305 < Obama.

HAUTEUR DE RAMIFICATION 12^{ème} MAP (cm)

En ce qui concerne la hauteur de ramification, le témoin amélioré Obama ne s'est pas ramifié alors que le clone 2007/089 a formé la première fourche plus haute (115 cm) comparativement à tous les autres.

La hauteur de ramification à la récolte a varié d'un clone à l'autre.

Par ordre décroissant de leur hauteur de ramification, on peut les classer de la manière suivante :

2007/089 (116,25 cm) > 2007/0305 (115 cm) > 2007/021 (112,50 cm) > Anti-ota (107,50 cm) > 2008/003 (85 cm) > 2007/0102 (60 cm) > 2007/071 (53,75 cm) > 2008/0223 (48,75 cm) > 2007/030 (45 cm) > 2007/084 (42,50 cm) > 2008/019 (41,25) > 2008/0330 (39 cm).

En ce qui concerne la hauteur de ramification, le témoin amélioré Obama ne s'est pas ramifié alors que le clone 2007/089 a formé la première fourche plus haute (116,25 cm) comparativement à tous les autres. Ces résultats sont imputables aux caractères génétiques propres à chaque clone.

NOMBRE DE PIEDS RÉCOLTÉS

Le nombre de pieds récoltés a varié d'un clone à l'autre (Tableau 2). Par ordre décroissant de leur nombre de pieds récoltés, on peut les classer de la manière suivante :

2008/0223 (15,50) > 2007/089 (15) > 2007/0305 (14,75) > 2007/021 (14,25) > Anti-ota (14) > 2008/003 (13,75) > 2007/0102 (13,50) > 2007/0330 (13,25) > 2007/084 (13,25) > Obama (13) > 2007/030 (12) > 2008/019 (12).

NOMBRE DE TUBERCULES COMMERCIALISABLES

Le nombre de tubercules commercialisables a varié d'un clone à l'autre (Tableau 2). Par ordre décroissant de leur nombre de tubercules commercialisables, on peut les classer de la manière suivante :

2008/0223 (37,25) > 2007/0305 (36,25) > 2007/089 (35,75) > 2008/003 (35,50) > Obama (35,50) > 2007/0102 (34) > 2008/0330 (33) > 2007/021 (32,75) > Anti-ota (24) > 2007/030 (22,75) > 2007/071 (22) > 2007/084 (22) > 2008/019 (19,50).

NOMBRE DE TUBERCULES NON COMMERCIALISABLES

Le nombre de tubercules non commercialisables a varié d'un clone à l'autre (Tableau 2). Par ordre décroissant de leur nombre de tubercules non commercialisables, on peut les classer de la manière suivante :

2008/003 (35,50) > 2007/0305 (32,25) > 2007/0102 (32) > Obama (32) > 2007/089 (29,75) > Anti-ota (23) > 2007/071 (22,5) > 2008/0330 (22,25) > 2007/030 (21,75) > 2007/021 (19,25) > 2008/019 (18,75) > 2007/084 (17) > 2008/0223 (13,50).

Du tableau 2, on remarque que le nombre de tubercules commercialisables a varié d'un clone à l'autre de l'ordre de 19,50 à 37,25 et le nombre de tiges non commercialisables a varié aussi d'un clone à l'autre de l'ordre de 13,50 à 35,50. Le clone 2008/0223 a donné le plus grand nombre de tubercules (37,25) tandis que le clone 2008/019 a fourni le plus petit nombre (19,50). Le clone 2008/003 a donné le plus grand nombre de tiges non commercialisables (35,500) et le clone 2008/0223 a donné le plus petit nombre de tiges non commercialisables (13,50).

POIDS FRAIS DES TUBERCULES COMMERCIALISABLES

Le poids frais de tubercules commercialisables a varié d'un clone à l'autre (Tableau 3). Par ordre décroissant de leur poids frais de tubercules commercialisables, on peut les classer de la manière suivante : 2008/0223 (28,875 kg) > 2007/0305 (27,875 kg) > 2008/0330 (26 kg) > 2008/003 (25,125 kg) > 2007/0102 (24,500 kg) > Obama (22,375) > 2007/089 (21,500 kg) > 2007/021 (18,875 kg) > 2008/019 (16,875 kg) > Anti-ota (16 kg) > 2007/030 (14 kg) > 2007/071 (13,50 kg) > 2007/084 (12,75 kg).

Le poids moyen de tubercules commercialisables est nettement plus grand chez le clone 2008/0223 (28,875 kg) suivis directement des clones 2007/0305 (27,875 kg) et 2008/0330 (26 kg) (Tableau 3).

POIDS FRAIS DES TUBERCULES NON COMMERCIALISABLES

Le poids frais de tubercules non commercialisables a varié d'un clone à l'autre (Tableau 3). Par ordre décroissant de leur poids frais de tubercules non commercialisables, on peut les classer de la manière suivante :

2007/0305 (9,750 kg) > 2008/003 (9,750 kg) > Obama (9,375 kg) > 2007/0102 (8,750 kg) > 2007/080 (8 kg) > 2008/0330 (7,750 kg) > 2008/019 (7,250 kg) > 2007/030 (7,01 kg) > 2007/071 (6,625 kg) > 2007/084 (6,125 kg) > 2007/021 (5,875 kg) > 2008/0223 (5,375 kg).

Le poids moyen de tubercules non commercialisables est nettement plus grand chez les 2007/0305 et 2008/003 (9,75 kg) suivis directement de clones Obama (9,375 kg) et 2007/0102 (8,75 kg) (Tableau 3).

POIDS DES PARTIES AÉRIENNES À 12^{ÈME} MAP (kg)

Le poids des parties aériennes a varié d'un clone à l'autre (Tableau 3). Par ordre décroissant de leur poids des parties aériennes, on peut les classer de la manière suivante :

Anti-ota (74,750 kg) > 2008/003 (72,875 kg) > 2007/0102 (66 kg) > 2008/0223 (62,650 kg) > 2008/0330 (61,625 kg) > 2007/089 (61,375 kg) > Obama (60,375 kg) > 2007/0305 (60,250 kg) > 2008/019 (58,500 kg) > 2007/021 (52,625 kg) > 2007/071 (48,250 kg) > 2007/084 (43,250 kg) > 2007/030 (41,250 kg).

RENDEMENT EN TUBERCULES

Les données du tableau 4 représentent le rendement en tubercules des treize clones de manioc (*M. esculenta*).

Les récoltes des tubercules ont été réalisées 12, 15 et 18 mois après plantation des boutures.

Les différents clones ont présenté entre eux de différences significatives ($P < 0,05$) au niveau de leur rendement en racines tubéreuses fraîches.

L'analyse de variance effectuée sur le rendement en tubercules, montre une différence hautement significative au seuil de $p < 0,01$ entre les différents clones de manioc (*M. esculenta*).

RENDEMENT À 12^{ÈME} MAP (T/HA)

Le rendement à 12^{ème} MAP a varié d'un clone à l'autre (Tableau 4). Par ordre décroissant de leurs rendements, on peut les classer de la manière suivante :

2007/0305 (18,937 T/ha) > 2008/0223 (18,853 T/ha) > 2007/0102 (18,410 T/ha) > 2008/003 (18,313 T/ha) > 2008/0330 (17,873 T/ha) > Obama (17,610 T/ha) > 2007/089 (14,640 T/ha) > 2008/019 (14,513) > 2007/021 (13,408) > 2007/030 (11,875) > 2007/071 (10, 438) > Anti-ota (9,335) > 2007/084 (7,865 T/ha)

RENDEMENT À 15^{ÈME} MAP (T/HA)

Le rendement à 15^{ème} MAP a varié d'un clone à l'autre (Tableau 4). Par ordre décroissant de leurs rendements, on peut les classer de la manière suivante :

Obama (31,905 T/ha) > Anti-ota (27,750 T/ha) > 2007/089 (27,500 T/ha) > 2008/0223 (25,625 T/ha) > 2007/0305 (23,750 T/ha) > 2007/030 (23,250 T/ha) > 2007/021 (23,250 T/ha) > 2008/019 (21,187) > 2007/0102 (21,500 T/ha) > 2007/084 (21,500) > 2008/0330 (20,875) > 2007/071 (20,688) > 2008/003 (20 T/ha)

RENDEMENT 18^{ÈME} MAP (T/HA)

Le rendement à 18^{ème} MAP a varié d'un clone à l'autre (Tableau 4). Par ordre décroissant de leurs rendements, on peut les classer de la manière suivante :

2007/089 (101,25 T/ha) > Anti-ota (93,75 T/ha) > Obama (87,50 T/ha) > 2008/0223 (86,25 T/ha) > 2007/030 (77,50 T/ha) > 2007/021 (73,75 T/ha) > 2008/0330 (68,75 T/ha) > 2007/0305 (67,50 T/ha) > 2007/084 (65 T/ha) > 2007/071 (55 T/ha) > 2008/003 (52,50 T/ha) > 2008/019 (52,50 T/ha) > 2007/0102 (48,75 T/ha)

RENDEMENT MOYEN (T/HA)

Le rendement moyen a varié d'un clone à l'autre (Tableau 4). Par ordre décroissant de leurs rendements, on peut les classer de la manière suivante :

2007/089 (47,797 T/ha) > Obama (45,670 T/ha) > Anti-ota (43,613 T/ha) > 2008/0223 (43,578 T/ha) > 2007/030 (37,543 T/ha) > 2007/021 (36,783 T/ha) > 2007/0305 (36,730 T/ha) > 2008/0330 (35,832 T/ha) > 2007/084 (31,455 T/ha) > 2008/003 (30,270) > 2008/019 (29,628) > 2007/0102 (29,553) > 2007/071 (28,708 T/ha).

4 DISCUSSION

L'analyse des données a révélé qu'il existe des variations importantes entre les variétés de manioc pour la plupart des caractères étudiés.

TAUX DE REPRISE, CIRCONFÉRENCE DE TIGE À 10 CM DU SOL ET HAUTEUR DE PLANTS

Les résultats du tableau 2 montrent que :

- Le taux de reprise à 15 jours après plantation a varié de l'ordre de 29,75 à 39,50 %. Le pourcentage le plus élevé (39,50 %) a été observé chez 2007/089 tandis que 2008/003 a obtenu le pourcentage le plus petit (29,75 %) ;
- Le taux de reprise à 30 jours après plantation a varié de l'ordre de 33,50 à 40 %. Le pourcentage le plus élevé (40 %) a été observé chez 2007/084 tandis que 2008/003 a obtenu le pourcentage le plus petit (33,50 %) ;
- La circonférence de tige à 10 cm du sol varie aussi d'un cultivar à un autre de 7,25 à 13,25 cm. On observe la plus grosse circonférence (13,25 cm) chez le témoin local Anti-ota tandis que les clones 2007/0102 et 2007/071 présentent les circonférences les plus petites (7,25 cm).

- Le nombre de tiges par pied varie aussi d'un clone à un autre de 1 à 2. On observe le nombre le plus élevé (2) chez le témoin local Anti-ota tandis que les clones 2007/071, 2007/084, 2008/019 et 2008/0330 présentent le nombre le plus petit (1).
- La hauteur de plants a été plus grande chez le témoin amélioré Obama (TME 419) soit de 300 cm, le clone 2008/019 présentant la plus petite hauteur de tous les traitements soit 147,50 cm.

La taille initiale de repousses à la plantation, une reprise rapide au champ, un développement rapide de racines permettant l'exploitation des éléments fertilisants, l'hétérogénéité du sol et les traitements expérimentés pourraient expliquer ces variations.

NOMBRES DE PIEDS RÉCOLTÉS, DE TUBERCULES COMMERCIALISABLES ET DE TIGES NON COMMERCIALISABLES

Du tableau 2, il est à remarquer ce qui suit :

- Le nombre de pieds récoltés a varié d'un clone à l'autre de l'ordre de 12 à 15,50. Le clone 2008/0223 a donné le plus grand nombre de pieds (15,50) tandis que les clones 2007/030 et 2008/019 ont fourni le plus petit nombre (12) ;
- Le nombre de tubercules commercialisables a varié d'un clone à l'autre de l'ordre de 19,50 à 37,25. Le clone 2008/0223 a donné le plus grand nombre de tubercules (37,25) tandis que le clone 2008/019 a fourni le plus petit nombre (19,50) ;
- Le nombre de tiges non commercialisables a varié d'un clone à l'autre de l'ordre de 13,50 à 35,50. Le clone 2008/003 a donné le plus grand nombre de tiges non commercialisables (35,50) tandis que 2008/0223 a fourni le plus petit nombre (13,50).

Du tableau 2, il s'ensuit que le nombre de tubercules a varié selon les clones. Ces différences seraient imputables aux clones et au milieu. En effet, selon [19], le nombre de racines qui se transforment en tubercules est fonction de la variété, du milieu et des techniques culturales.

Ces résultats sont en accord avec les observations de [20]. Ces auteurs ont montré que le nombre des racines tubérisées et leurs dimensions dépendent des variétés et des conditions écologiques [20].

POIDS FRAIS DES TUBERCULES COMMERCIALISABLES, NON COMMERCIALISABLES ET DES PARTIES AÉRIENNES

Du tableau 3, il ressort que :

- Le poids moyen de tubercules commercialisables par pied est nettement plus grand chez les clones 2008/0223 (28,88 kg) suivis directement de 2007/0305 (27,88 kg), 2008/0330 (26 kg), 2008/003 (25,13 kg), 2007/0102 (24,50 kg), Obama (22,38 kg), 2007/089 (21,50 kg), 2007/021 (18,88 kg), 2008/019 (16,88 kg), Anti-ota (16 kg), 2007/030 (14 kg), 2007/071 (13,50 kg) et 2007/084 (12,75 kg) ;
- Le poids moyen de tubercules non commercialisables par pied est nettement plus grand chez les clones 2007/0305 et 2008/003 (9,75 kg) suivis directement de Obama (9,38 kg), 2007/0102 (8,75 kg), 2007/089 (8 kg), 2008/0330 (7,75 kg), Anti-ota (7,75 kg), 2008/019 (7,25 kg), 2007/030 (7,01 kg), 2007/071 (6,63 kg), 2007/084 (6,13 kg), 2007/021 (5,88 kg) et 2008/0223 (5,38 kg) ;
- Le poids des parties aériennes par pied est nettement plus grand chez le témoin local Anti-ota (74,75 kg) suivis directement des clones 2008/003 (72,88 kg), 2007/0102 (66 kg), 2008/0223 (62,65 kg), 2008/0330 (61,63 kg), 2007/089 (61,38 kg), le témoin amélioré Obama (60,38 kg), 2007/0305 (60,25 kg), 2008/019 (58,50 kg), 2007/021 (52,63 kg), 2007/071 (48,25 kg), 2007/084 (43,25 kg) et 2007/030 (41,25 kg).

Les autres caractères comme la résistance à la récolte, le diamètre, la longueur, le nombre de tubercules par plant et le poids frais individuel des tubercules dépendraient des variétés et des conditions écologiques.

Selon [20], la croissance du poids des tubercules par pied résulte de l'accroissement du poids des tubercules individuels. Le rendement est plus corrélé au poids des tubercules qu'à leur nombre.

RENDEMENTS À 12 MAP, 15 MAP ET 18 MAP DES CLONES DE MANIOC TESTÉS

Considérant la performance individuelle de chaque clone, il ressort des résultats obtenus (Tableau 4) que :

À 12 MAP, les clones 2007/0305 avec 18,937 T/ha, 2008/0223 avec 18,852 T/ha, 2007/0102 avec 18,410 T/ha, 2008/003 avec 18,312 T/ha et 2008/0330 avec 17,837 T/ha avaient un rendement supérieur aux témoins amélioré que local (Obama avec 17,610 T/ha, Anti-ota avec 9,335 T/ha).

À 15 MAP, les clones 2007/089 avec 30 T/ha, 2008/0223 avec un rendement de 28 T/ha, 2007/030 avec 24,3 T/ha, 2007/0305 avec 24 T/ha, 2007/021 avec 23 T/ha, 2008/003 avec 20 T/ha étaient sélectionnés pour évaluation future en milieu paysan.

Il est à noter entre 12 MAP et 15 MAP, toutes les variétés ont manifesté un accroissement de rendement frais. Les résultats similaires ont été obtenus dans le passé [21], [22] cités par [5]. Selon ces travaux, la période optimum de récolte, dépend des variétés et de facteurs écologiques.

Par contre à 18 MAP, tous les clones testés avaient présenté un rendement en racines tubéreuses fraîches supérieures à 40 T/ha, un accent était mis sur les clones 2007/089 avec 101,25 T/ha, 2008/0223 avec 86,25 T/ha, 2007/030 avec 77,5 T/ha, 2007/021 avec 73,250 T/ha.

Toutefois les témoins avaient aussi donné un rendement significatif avec Anti-ota avec 93,75 T/ha et Obama ; 87,5 T/ha.

Des résultats pareils étaient obtenus par [23] cité par [5] qui ont reporté que les rendements élevés en tubercules frais étaient obtenus à 24 MP, mais le problème de la qualité de la farine dû à l'accumulation de la cellulose se posait.

Il ressort du tableau 4 que le rendement en tubercules a varié selon les clones.

Ces variations seraient également liées à l'état sanitaire des plants, au milieu et au caractère génétique de chaque clone à synthétiser et à stocker les réserves disponibles.

Le clone 2007/089 occupe la première position en rendement des tubercules et serait plus capable à synthétiser les substances nutritives et stocker ses réserves dans les tubercules. En effet, le rendement dépend de la capacité synthétique des feuilles, de la capacité des plantes à transférer les produits synthétisés aux tubercules et aux graines et de la capacité d'organes de stockage d'attirer, de capter et d'emmagasiner les produits sous une forme désirable.

Les variétés locales naguère tolérantes ne résisteraient plus aux mêmes maladies après un certain temps.

On constate que le rendement du manioc augmente sensiblement avec la durée de culture. Ce résultat est en accord avec celui obtenu par [24].

La récolte des variétés de manioc à 12 mois a montré des variétés productives et précoces. Les performances des variétés améliorées de manioc au niveau des rendements ont été observées dans plusieurs travaux [25] [26] [27] et [21].

COTATION ET ÉVALUATION DES CLONES DE MANIOC SOUS ÉTUDE

Les résultats de la réaction du manioc aux différentes affections et ravageurs sont consignés dans le Tableau 5. Il ressort de ce tableau 5 que la mosaïque africaine a été observée chez le témoin local avec une faible incidence (Tableau 5).

5 CONCLUSION

Dans ce travail, plusieurs variétés améliorées performantes de manioc ont été identifiées selon les critères tels que le rendement et d'autres caractères.

Au 12^{ème} MAP, les clones 2007/0305 avec 18,937 T/ha, 2008/0223 avec 18,852 T/ha, 2007/0102 avec 18,410 T/ha, 2008/003 avec 18,312 T/ha et 2008/0330 avec 17,837 T/ha avaient un rendement supérieur aux témoins amélioré que local (Obama avec 17,610 T/ha, Anti-ota avec 9,335 T/ha).

Au 15^{ème} MAP, les clones 2007/089 avec 30 T/ha, 2008/0223 avec un rendement de 28 T/ha, 2007/030 avec 24,3 T/ha, 2007/0305 avec 24 T/ha, 2007/021 avec 23 T/ha, 2008/003 avec 20 T/ha étaient sélectionnés pour évaluation future en milieu paysan.

Par contre au 18^{ème} MAP, tous les clones testés avaient présenté un rendement en racines tubéreuses fraîches supérieures à 40 T/ha, un accent était mis sur les clones 2007/089 avec 101,25 T/ha, 2008/0223 avec 86,25 T/ha, 2007/030 avec 77,5 T/ha, 2007/021 avec 73,250 T/ha.

Toutefois les témoins avaient aussi donné un rendement significatif avec Anti-ota avec 93,75 T/ha et Obama ; 87,5 T/ha.

La mosaïque africaine a été observée chez le témoin local avec une faible incidence.

À l'issue de cette expérimentation, les clones les plus performants retenus dans contexte du secteur de Bundi (territoire de Seke-Banza) sont :

- À 12 MAP, les variétés 2007/0305, 2008/0223, 2007/0102 et 2008/003 sont meilleures que les autres,
- À 15 MAP, ce sont les variétés 2008/0223, Obama, 2007/089 et Anti Ota qui ont donné le meilleur rendement que les autres et
- À 18 MAP, ce sont les variétés 2008/0223, Obama, 2007/089.

En effet, les variétés produisent mieux au-delà de 12 mois, elles conviennent donc aux périodes de soudure et dans les cas des besoins échelonnés de la famille. Les variétés 2007/0305, 2008/0223, 2007/0102 et 2008/003 conviennent pour des périodes d'une année et pour des besoins rapides des paysans.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie le Projet PANA-ASA pour avoir financé les activités de recherche ayant abouti à la rédaction du présent article.

REFERENCES

- [1] IITA, 1990. Le manioc en Afrique Tropicale. Manuel de référence. Ibadan (Nigeria) : éditions IITA.
- [2] FAO 2013. FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization, Roma, Italy. Available online at URL: www.fao.org.
- [3] Fargette D., Fauquet C. et Thouvenel J-C., 1988. Yield losses induced by African cassava mosaic virus in relation to the mode and the date of infection. *Tropical pest management*, 34 (1) 89-91.
- [4] Benesi, I. R. M., M. T. et N.M. Mahungu, 2004. Genotype x Environment interaction effects on native cassava starch quality and potential for starch use in the commercial sector. *African Journal of Crop Science* 12:205-216.
- [5] Mukendi Tshizembe Donat, Tshimbombo Jadika Carcy, Muyayabantu Mupala George, Tshiamala Ngeleka Théophile, Kamukenji Nam'a Mbaji Alphonse, Beya Mutombo Salomon et Mukendi Kamambo Robert. 2018. Évaluation de l'âge optimal de maturation des différentes variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) tant locales qu'améliorées cultivées à Ngadajika en République Démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences* 121 : 12121-12128
- [6] Braima James, John Yaninek, Ambe Tumanteh, Norbert Maroya, Rasaq Salawu, Alfred Dixon, Joseph A. Karteng .IITA (2000). Comment démarrer un champ de manioc. *Guide de la pratique de lutte intégrée à l'usage des vulgarisateurs*. 24 pages
- [7] Tata Hangy et Phemba Pezo, 2002. Guide pratique pour les agents de terrain, GLCI, CRS, IITA, deus entreprises et UCAEC.
- [8] N. M. Mahungu, K. W. Tata Hangy, S. M. Bidiaka, A. Frangoie. 2014. Multiplication de matériel de plantation de manioc et gestion des maladies et ravageurs. Manuel de formation destiné aux agents de terrain et de vulgarisation. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA). 44 p.
- [9] N.M. Mahungu, M.A. Ndonga, N.A. Frangoie & M.A. Moango. Effet du labour et du mode de bouturage sur les rendements en racines et en feuilles de manioc dans les zones de savane et de jachères forestières de la République Démocratique du Congo. *TROPICULTURA*, 2015, 33, 3, 176-185
- [10] Monde, K. 2006. Étude du virus de la mosaïque africaine du manioc par comparaison des gènes AC2 et AC4. Diplôme d'Études Spécialisées International en protection des cultures tropicales et subtropicales. UCL. Gembloux, Belgique. 47 p.
- [11] MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche). 2013. Évolution de réalisations des principales cultures par commune (Période: 1998- 2010), MAEP.
- [12] A. P. Agre , S. Kouchade , T.Odjo, M. Dansi , B.Nzobadila, P. Assogba, A. Dansi , A. Akoegninou et A. SANNI. Diversité et évaluation participative des cultivars du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) au Centre Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(1): 388-408, February 2015
- [13] Muderhwa M. 2009. Import of soil cover in the restoration of forest ecosystems: the Luki Biosphere Reserve, Bas Congo province. TFC Graduate Agronomist degree, University of Kinshasa, p6, unpublished.
- [14] Franck NGOYI TSHITE , Justin MUDIBU WA KABANGU ,Van TSHIOMBE MULAMBA and Gabriel MASIALA MUANDA. Identification of adapted varieties of groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) in SEKE BANZA area, Democratic Republic of the Congo (DRC). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2): 652-663, April 2015. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.7>
- [15] Franck NGOYI TSHITE, Van TSHIOMBE MULAMBA and Patrice LIENGE. Agronomic evaluation of rain fed rice varieties in Seke-Banza area, Democratic Republic of Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(5): 2039-2045, October 2016. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.8>

- [16] SENAFIC. 2011. Characterization studies of tested site of PANA-ASA project/INERA GIMBI/ BAS CONGO/KINSHASA GOMBE.
- [17] Dagnelie P. Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyses de leurs résultats. Gembloux (Belgique): Les presses agronomiques, 2003.
- [18] Roger Vumilia KIZUNGU, Kasele Idumbo, Stephane Dubois, Binsika Bi Mayala, Mankangidila Kindomba. (2011). Utilisation des logiciels de base dans la recherche agronomique. Application sur le Dispositif en Blocs Complètement Randomisés. Projet AMPV II. Renforcement des Capacités des Chercheurs et Techniciens de l'INERA en NTICs (Gandajika, Kipopo, Kiyaka Mvuazi, Yangambi). 38 p.
- [19] Raffaillac et Second, 1997 : Le manioc. Amélioration des plantes tropicales. CIRAD et ORSTOM. France : 429-455.
- [20] Silvestre, P. et Arraudeau, M., 1983. Le manioc. Techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose. Agence de coopération culturelle et technique. Paris, 262 p.
- [21] Wydra K, Verdier V, 2002. Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. Agriculture, Ecosystems & Environment 93: 211-226.
- [22] Bakayoko S, Kouadio KKH., Soro D, Tschannen A, Nindjin C, Dao D, Girardin O, 2012. Rendements en tubercules frais et teneurs en matière sèche de soixante-dix nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées dans le centre de la Côte d'Ivoire.
- [23] Journal of Animal & Plant Sciences, Volume 14, Issue 2: 1961-1977.
- [24] Barampama A, 1992. Le manioc en Afrique de l'Est. Paris ; Genève : éditions Karthala ; éditions IUED, 287 p.
- [25] Michael A. Edet, H. Tijani-Eniola, S. T. O. Lagoke, Gbassay Tarawali, 2015. Relationship of Cassava Growth Parameters with Yield, Yield related components and Harvest Time in Ibadan, Southwestern Nigeria. Journal of Natural Sciences Research, ISSN 2224-3186, vol5, No 9.
- [26] Tewodros Mulualem et Biruk Ayenew, 2012. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Varieties and Harvesting stages Influenced Yield and Yield related Components. Journal of Natural Sciences Research, ISSN 2224-3186, Vol 2, No10.
- [27] B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai. Performances de trois variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en association avec *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz dans les conditions du plateau des Batéké (ville-province de Kinshasa, RDC). TROPICULTURA, 2014, 32, 4, 158-167.
- [28] Wydra K, Verdier V, 2002. Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. Agriculture, Ecosystems & Environment 93: 211-226.
- [29] El-Sharkawy MA, 2003. Cassava biology and physiology. Plant Molecular Biology 53: 621-641.
- [30] B. N'zue, P. G. Zohouri et A. Sangare. Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta* crantz) dans trois zones agroclimatiques de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 16 (2) : 1 - 7 (2004).

INVENTAIRE DES PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX AU MAYUMBE : CAS DU SECTEUR PATU (PROVINCE DU KONGO CENTRAL / RDC)

[INVENTORY OF NON-TIMBER FOREST PRODUCTS AT MAYUMBE: PATU CASE (CENTRAL KONGO PROVINCE / DRC)]

PHAMBU Sandrine¹ and MASIALA MUANDA Gabriel²

¹Assistante, ISEA Tshela, Province du Kongo Central, RD Congo

²Attaché de Recherche, Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique (INERA), Station de Kondo, RD Congo

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

ABSTRACT: The purpose of the present study carried out with Patu in Democratic Republic of Congo, was to inventory the non-timber forest products (NTFP). For that to make, of the direct observations on the land, of the socio-economic investigations, and of the interviews concerning including the aspects of consumption of the non-timber forest products (NTFP) have been organized in the sector of Patu. These investigations had for goal to get some information concerning use and the merchandising of the PFNL by the populations of the farming zones. The results obtained indicate that the consumption and marketing of the non-timber forest products (NTFP) show the socio-economic importance which they have in the life of the populations.

KEYWORDS: non-timber forest products (NTFP), Patu, Kongo Central, Democratic Republic of Congo (DRC).

RÉSUMÉ: La présente étude réalisée à Patu en République Démocratique du Congo, avait pour but d'inventorier les produits forestiers non ligneux. Pour ce faire, des observations directes sur le terrain, des enquêtes socioéconomiques, et des entretiens concernant y compris les aspects de consommation des produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) ont été organisés dans le secteur de Patu. Ces investigations avaient pour but d'obtenir des informations concernant l'utilisation et la commercialisation des PFNL par les populations des zones rurales. Les résultats obtenus indiquent que la consommation et commercialisation des Produits Forestiers Non Ligneux montrent l'importance socio-économique qu'ils ont dans la vie des populations.

MOTS-CLEFS: Produits forestiers non ligneux (PFNL), Patu, Kongo Central, République Démocratique du Congo (RDC).

1 INTRODUCTION

La forêt tropicale humide renferme de nombreuses ressources qui contribuent au bien-être des populations. Elle génère des produits utiles à l'homme, participe au maintien des équilibres biologiques [1], [2], [3] cités par [4].

Le bassin du Congo, avec environ 20% de forêts tropicales, est le deuxième plus grand massif forestier tropical du monde, derrière celui de l'Amazonie et bien avant celui du Sud-Est asiatique [5] ; [6] cités par [7].

La République Démocratique du Congo (RD Congo) est un vaste pays, situé au cœur de l'Afrique, couvert en grande partie par la forêt. Celle-ci couvre 155,5 millions d'hectares (dont 99 millions d'hectares de forêt dense humide), soit 67% du territoire

national, soit 10% des forêts mondiales et près de 50% des forêts tropicales d'Afrique ; c'est la deuxième plus vaste forêt tropicale au monde [8] cité par [9].

Cette forêt regorge de nombreuses ressources telles que le bois d'œuvre et des produits forestiers non ligneux (PFNL). Ces derniers peuvent être d'origine animale ou végétale et constituent une source importante de substances indispensables pour la survie des populations en milieux tant ruraux qu'urbains. Ce sont essentiellement des produits de cueillette destinés à l'autoconsommation ou à la vente tels quels ou après avoir subis une transformation. Ils génèrent ainsi des revenus pour les populations locales. À ce titre, les PFNL constituent un moyen efficace de lutte contre la pauvreté [10] cité [7].

Depuis quelques années, les PFNL constituent une préoccupation majeure pour les pays d'Afrique Centrale et leurs partenaires. C'est ainsi que plusieurs rencontres ont été organisées, et des projets sous-régionaux conduits à ce sujet. C'est pour cette même raison que les techniques d'évaluation en vue de l'élaboration des guides pratiques ont été aussi discutées sous l'égide de la FAO [11]. La connaissance, la valorisation et la gestion des PFNL restent un élément important de la gestion durable des forêts du Bassin du Congo, s'inscrivant dans le plan de convergence de la COMIFAC.

Malgré leur importance et leurs énormes potentialités, l'on constate par contre une très faible valorisation des PFNL en Afrique Centrale, un accès légal difficile à ces produits et une exploitation à grande échelle malaisée par les différentes couches sociales concernées. Cela se justifie notamment par une faible connaissance de la ressource, un manque d'informations/des données sur le rôle des PFNL dans l'économie de ménage et la sécurité alimentaire [12].

Malgré le nombre important d'études ethnobotaniques réalisées à ce jour en République Démocratique du Congo, il existe très peu d'informations sur l'exploitation et les marchés des PFNL dans la province du Kongo central et en particulier dans le secteur de Patu. Ces produits sont pourtant utiles dans la sécurité alimentaire. En effet, la consommation et le commerce des PFNL tels que les plantes comestibles, les plantes médicinales et le gibier sont susceptibles de contribuer à la sécurité alimentaire de la population [13]; [14]; [15] cités [7].

La communauté locale du ressort de Patu ne fait pas exception de cette réalité. Et l'on se pose la question de savoir si les produits forestiers non ligneux rencontrés dans le secteur de Patu ne peuvent jouer un rôle majeur dans la vie quotidienne de sa population ? Les PFNL dans ce secteur, interviennent essentiellement dans l'alimentation, les soins de santé des populations, l'artisanat et constituent une source de revenus.

L'objectif global de cette étude est d'inventorier de façon globale les produits forestiers non ligneux du secteur de Patu.

Spécifiquement, ce travail a poursuivi les objectifs suivants :

- Faire un état de lieux et une réflexion sur la valorisation des PFNL du secteur de Patu.
- Identifier potentiellement les produits forestiers non ligneux, que renferme le secteur de Patu.
- Relever les modes d'exploitation et leurs impacts sur le milieu naturel.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Notre étude a été menée dans le secteur de Patu, territoire de Lukula dans la province du Kongo Central. Il couvre une superficie de 927Km².

Selon la classification de Köppen, le secteur de Patu appartient au climat du type AW4, il jouit d'un climat tropical humide qui connaît l'alternance de deux saisons. La saison de pluie qui dure sept mois (mi-octobre à mi-mai) et la saison sèche dure quatre mois (mi-mai à mi-octobre) avec une petite saison sèche allant de janvier à mi-février. L'humidité atmosphérique élevée pendant la saison sèche est le fruit des brouillards produits par le courant marin froid de Benguela. Les températures sont élevées et atteignent un maximum de 30°C et un minimum de 24°C [16] [17].

2.2 MATÉRIELS

Notre étude étant sur l'enquête, les matériels utilisés sont :

- Un bloc-notes et stylo
- Une calculatrice
- Un questionnaire d'enquête
- L'ordinateur

2.3 MÉTHODES

LA MÉTHODE DOCUMENTAIRE

Elle a consisté à la consultation des divers ouvrages entre autres : des livres, des revues scientifiques, des rapports d'études et l'internet en vue d'obtenir les informations sur l'objet de cette recherche.

ENQUÊTE

Elle a été effectuée au moyen d'un questionnaire préétabli et soumis à la population ciblée. Par interview, nous avons obtenu le maximum d'informations recherchées sur la collecte des produits forestiers non ligneux exploités dans le secteur de Patu. Toutes ces informations ont été notées, les unes directement dans les fiches, les autres dans le carnet de notes pour des raisons évidentes.

ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillon du prélèvement comptait 100 ménages dans différents villages. L'enquête a été réalisée du 07 janvier 2016 au 24 mai 2016 dans neuf groupements et 38 villages, choisis au hasard. Chaque enquêté avait reçu sa fiche d'enquête pour y répondre. Ainsi les hommes, les femmes, les vieillards, les adultes et les jeunes tant alphabètes qu'analphabètes, toutes ces catégories de personnes ont constitué notre échantillon.

ANALYSE ET TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

Le dépouillement des données récoltées a consisté à relever les fréquences relatives aux différentes questions formulées aux enquêtés et à les prélever sous forme de tableaux dont la plus grande partie a été analysé et traitée statistiquement à partir du logiciel Excel 2010.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Dans les lignes qui suivent nous présentons les résultats de notre recherche.

3.1.1 PARAMÈTRES QUANTITATIFS

SEXE

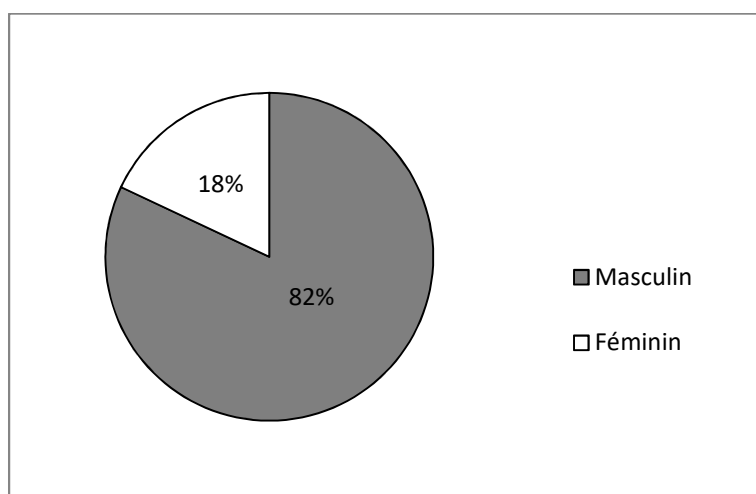


Fig. 1. Paramètre sexe

Pour ce qui est du sexe, la figure 1 nous montre que le sexe masculin domine avec 82%.

SITUATION MATRIMONIALE

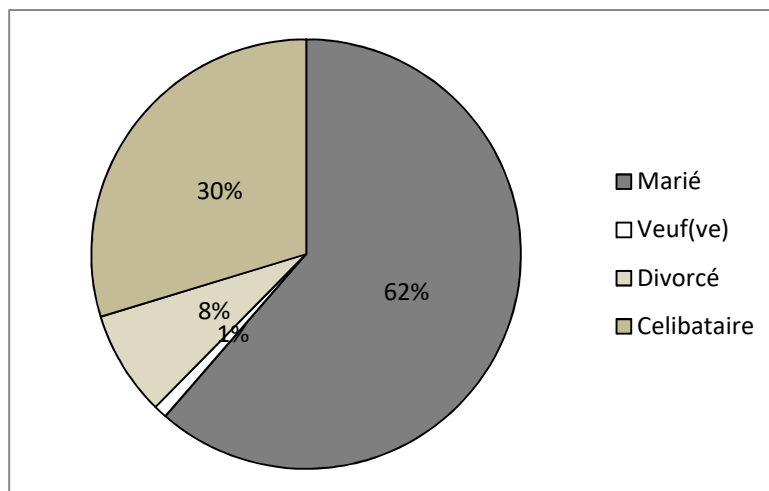


Fig. 2. Situation matrimoniale

Concernant la situation matrimoniale, 62% de nos enquêtés sont mariés, suivi de 30% des célibataires, 8% des divorcés et 1% des veufs.

NIVEAU D'ÉTUDE

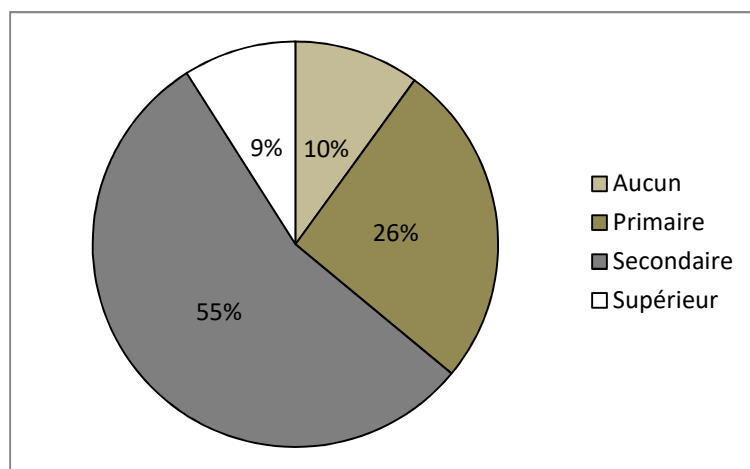


Fig. 3. Niveau d'étude

Pour le niveau d'étude, la majorité de nos enquêtés ont fait l'école secondaire avec 55%, 26% sont du niveau primaire, 10% n'ont pas été à l'école et 9% ont fait l'école supérieur.

ACTIVITÉS

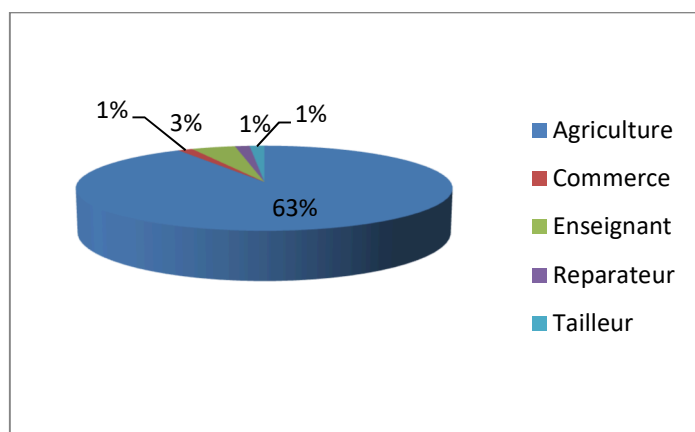


Fig. 4. Activités principales

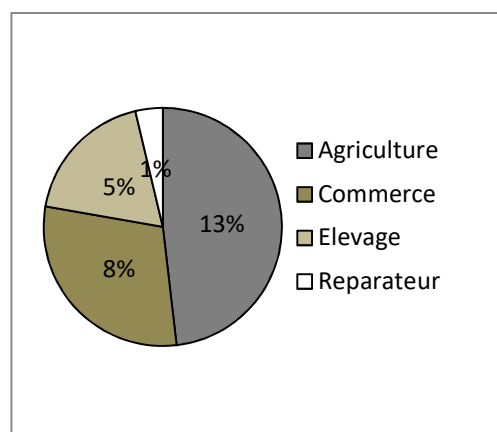


Fig. 5 : Activités secondaires

Pour ce qui est de l'activité exercée dans la contrée, 63% de nos enquêtés ont comme activité principale l'agriculture et 13% font l'agriculture comme activité secondaire suivie du commerce.

3.1.2 PARAMÈTRE QUALITATIFS

L'âge moyen des enquêtés est de 31 ans, dont le plus vieux à 72 ans et le plus jeune à 19 ans.

LES RESSOURCES NATURELLES

Le tableau 1 présente les paramètres liés aux ressources naturelles de la contrée.

Tableau 1. Paramètres liés aux ressources naturelles de la contrée

N°	Paramètres	Fréquence (%)
01	Ressources naturelles qui caractérisent la région - Forêt - Savane - Rivière	87 11 04
02	Ressources naturelles le plus utilisées pour la survie de la communauté - Forêt - Savane - Rivière - Autres	96 26 86 2
03	Rendez-vous en forêts ? - Oui - Non	99 01
04	But de se rendre en forêt - Agriculture - Cueillette - Pêche - Chasse	70 57 6 17

Quant aux ressources naturelles de la contrée, 87% de ressources sont constituées de la forêt. Concernant les ressources le plus utilisées, le tableau 1, nous indiquent que la forêt avec 96% et la rivière avec 86% sont de ressources les plus utilisées et qui caractérisent la région, 99% des enquêtés font la forêt et ils pratiquent l'agriculture ainsi que la cueillette, ils profitent de faire aussi d'autres activités (chasse, et pêche).

Le tableau 2 nous présente la liste de PFNL de la contrée.

SITUATION DES PFNL

Tableau 2. Liste des produits forestiers non ligneux inventoriés

N°	Produits forestiers non ligneux		Fréquence (%)
	Nom scientifique	Nom vernaculaire	
01	Fruit de <i>Caula edulis</i>	Noix de cola	2
02	<i>Gnetum africanum</i>	Mfubwa	61
03	<i>Persea americana</i>	Avocat	17
04	<i>Pteridum aquilinum</i>	Fougère	8
05	<i>Dacryoides edulis</i>	Safou	22
06		Chenille	25
07		Champignon	37
08	<i>Capscum frutescens</i>	Piment	26
09	<i>Spondias mombin</i>	Mungyengi	2
10	<i>Gryllidae sp</i>	Grillon	1
11		Miel	34
12		Vin de palme	20
13	<i>Anona muricata</i>	Cœur de bœuf	5
14		Viande de brousse	10
15		Poisson	12
16	<i>Psophocarpus scandens</i>	Kikalakasa	5
17	<i>Artocarpus incisa cheminifera</i>	Arbre à pain	9
18	<i>Psidium guajava</i>	Goyave	6
19	<i>Vernonia amigdalina</i>	manduindudi	5
20	<i>Zingiber officinale</i> « gingembre »	Tangawisa	12
21		Tsalu bakombo	2
22	<i>Haumania liebrechtsiana</i>	Zimzombe	25
23	<i>Megaphyllum macrastachium</i>	Mangungu	5
24	<i>Morinda moridoides</i>	Kongo bololo	1
25	<i>Clinogyne filipes</i>	Bitungu	6
26	<i>Hypselodelphis scandens</i>	Bibakuti	10
27	<i>Magaphyllum armoldianum</i>	Makela kela	19
28		Mibundikila	1
29	<i>Raphia sesse de wild</i>	Zikunza	11
30	Feuille de <i>Chromolaena odorata</i>	Zaire	4
31	<i>Dioscorea rotundata</i>	Igname	6
32	Rotin (<i>calanus rotanus</i>)	Zimbamba	12
33	<i>Mondias whitei</i>	Kimbiolongo	8
34	<i>Quassia africana</i>	Divonda kadi	50
35	<i>Cola nutida</i>	nkazu	9

Le tableau 2 nous présente la liste des produits forestiers non ligneux exploités dans le secteur de Patu. Ces PFNLs sont dominées par *Gnetum africanum*, de *Quassia africana*, de Champignon, du miel, du piment ; de chenille, zizombe, du *dacryodes edulis*, du vin de palme,... et selon leurs utilisations, ils se répartissent en : PFNL alimentaire, PFNL médicinal et PFNL artisanal. Le tableau 3 présentera les PFNL de la contrée en fonction de leur utilisation.

Tableau 3. PFNL recensés dans le secteur de Patu en fonction de leurs usages

N°	PFNL alimentaire	PFNL médicinal	PFNL artisanal
01	<i>Gnetum africanum</i> (87%)	Racine de <i>Mondias whitei</i> (5%)	Bambous (30%)
02	<i>Pteridum aquilinum</i> (26%)	Miel (18%)	Lanière de rameaux (3%)
03	Chenille (45%)	Ecorce d' <i>Albizzia ferruginea</i> (13%)	Balais (49%)
04	Champignon (66%)	Fruit et feuille de <i>Psidium guajava</i> (16%)	<i>Ficus elastica</i> (13%)
05	Fruit de <i>Spondias mombin</i> (11%)	<i>Momordica charantia</i> (5%)	Rotin (29%)
06	Fruit de <i>Caula edulis</i> (23%)	Ecorce et feuille d' <i>Erythrophleum sauevelens</i> (13%)	Singa khozi (26%)
07	Miel (39%)	Feuille de <i>Vernonia amygdalina</i> (5%)	<i>Ipocrata</i> spp (23%)
08	Viande de brousse ou gibier (5%)	<i>Zingiber officinale</i> « gingembre » (8%)	Mbanga thieba (39%)
09	Poisson (3%)	<i>Morinda moridaides</i> (8%)	Tige et feuilles des marantacée (66%)
10	Dieza lata (11%)	Feuille de <i>Chromolaena odorata</i> (8%)	
11	<i>Psophocarpus scandens</i> (16%)	<i>Dioscorea rotundata</i> (11%)	
12	Fruit d' <i>Irvignia gabonensis</i> (8%)	Feuille de <i>dacryodes edulis</i> (11%)	
13	<i>Anona muricata</i> (8%)	Ecorce de <i>Persea americana</i> (22%)	
14	Fruit d' <i>Artocarpus incisa cheminifera</i> (8%)	<i>Jatropha curcas</i> (3%)	
15	Fruit de <i>Trichosifa akulinata</i> (11%)	<i>Quassia africanum</i> (68%)	
16	Vin de palme (3%)	<i>Psophocarpus scandens</i> (13%)	
17	<i>Anona senegalensis</i> (5%)	Gousse de <i>Senna occidentalis</i> (11%)	
18	<i>Gryllidae</i> (5%)	Ecorce de <i>Dacryodes buettneri</i> (5%)	
19	<i>Persea americana</i> (11%)	<i>Cola nitida</i> (8%)	
20	Racine de <i>Mondias whitei</i> (8%)	<i>Arbrus precatorius</i> (11%)	
21	Zitsaka (20%)	Kutu kutu (3%)	
22	<i>Cola nitida</i> (13%)	Mundamba yaka (3%)	
23	<i>Garcinia cola</i> (18%)	<i>Capscum frutescens</i> (3%)	

Il se dégage du tableau 3, la prédominance des PFNL alimentaires et médicinaux suite de l'importance que l'homme accorde.

Le tableau 4 montre les paramètres liés à la vente de produits forestier non ligneux.

VENTE DES PFNL

Tableau 4. Paramètres liés à la vente des PFNL dans le secteur de Patu

N°	Paramètres	Fréquence (%)
01	Commercialisez-vous les PFNL ? ▪ Oui ▪ Non	100 00
02	PFNL le plus commercialisés ▪ <i>Capscum sp</i> ▪ <i>Dacryodes edulis</i> ▪ <i>Persea americana</i> ▪ Chenille ▪ <i>Gnetum africanum</i> ▪ Rotin ▪ Poisson ▪ Balais ▪ Vin de palme ▪ Miel ▪ <i>Viande de brousse</i> ▪ <i>Zimzombe</i> ▪ Feuille de maranthacée ▪ <i>Champignon</i> ▪ <i>Mondias whitei</i> ▪ <i>Dioscoréa sp</i> ▪ <i>Zingiber officinalis</i> ▪ <i>Raphia sese</i> ▪ <i>Charbon de bois</i> ▪ <i>Quassia africanum</i> ▪ <i>Vernonia amigdalina</i> ▪ <i>Mundamba yaka</i> ▪ <i>Alastonia bonei</i> ▪ <i>Feuille de coton</i> ▪ <i>Garcinia punctata</i> ▪ <i>Mormordica charantia</i>	23 21 16 16 52 24 6 62 20 29 9 15 13 22 5 4 17 3 10 51 20 7 7 10 22 4
03	Lieu de vente ▪ Au marché ▪ Sur place	97 03

Concernant la commercialisation de PFNL, 100% des enquêtés vendent les PFNL, les plus commercialisées sont : Balais, *gnetum africanum*, *quasia africanum*, *viande de brousse*, rotins, *garcinia sp*,...et la vente se fait au marché.

Le tableau 5 présente les paramètres liés à la gestion du PFNL du secteur de patu.

GESTION DE PFNL

Tableau 5. Les paramètres liés à la gestion de PFNL

N°	Paramètres	Fréquence (%)
01	Constats faits concernant la quantité de PFNL - Augmentation - Diminution - Pas de changement	00 96 04
02	PFNL dont la quantité a considérablement diminué - Miel <i>Gnetum africanum</i> - Rotin - Champignon - Vin de palme <i>Dacryodes edilis</i> <i>Persea americana</i> <i>Anona sp</i> - Chenille - Fougère - Poisson - Viande de brousse <i>Megaphynum macrastachium</i> <i>Haumania liebrechtsiana</i> <i>Mondias wheites</i> - Feuille de marantacée <i>Artocarpus</i> <i>Clinogyne filipes</i> - TANGAWISA - PIMENT - IGNAME	23 46 6 27 15 8 4 2 16 3 8 6 1 12 4 10 5 1 1 3 1
03	Causes de la diminution - Incinération volontaire - Surexploitation - Déforestation - Trop d'acheteur	37 22 26 15
04	PFNL en voie de disparition - Noix de Cola <i>Gnetum africanum</i> <i>Anona sp</i> - Chenille - Rotin - Fougère <i>Pseudocarpus scandes</i> - Champignon - Insecte comestible - Miel <i>Haumania liebrechtsiana</i> <i>Clinogyne filipes</i> <i>Hypselodelphis scandes</i> - Zikbunga	2 42 1 25 7 8 3 22 2 14 13 1 7 5
05	PFNL disparu complètement <i>Pteridium sp</i> <i>Morinda morindoides</i> <i>Gryllidae</i> - Tsalu bakhombo - Chenille <i>Hibiscus esculentum</i> - Rotin - Pas de PFNL disparu complètement	6 4 5 1 1 2 1 81

06	Cause de disparition ▪ Incinération volontaire ▪ Déforestation ▪ Surexploitation ▪ Trop d'acheteur	44 31 18 8
07	Y a-t-il un mode de prélèvement qui préserve la ressource pour les générations futures ? ▪ Oui ▪ Non Lequel ? ▪ Ramassage ▪ Grimper sur les arbres	84 16 60 24
08	Vous faites la cueillette de tous ces produits, pensez-vous aux générations futures ? ▪ Oui ▪ Non	85 15

Le tableau 5 nous montre que 94% des enquêtés ont reconnu qu'il y a diminution de la quantité de produits forestiers non ligneux. Parmi ces derniers il y a : *Gnetum africanum*, Champignon, miel.....et la cause majeure de cette diminution est l'incinération volontaire ; pour les produits forestiers non ligneux qui sont en voie de disparition, nous citons : *Gnetum africanum*, Chenille, champignon, miel..... ; concernant la disparition complète, 81% ont dit qu'il n'y a pas de PFNL qui a disparu complètement mais 6% on parle de la disparition de *ptéridium sp*, de grillon avec 5% et *morinda morimoides* 4%. Et les causes cette disparition sont l'incinération volontaire suivie de la déforestation ainsi que la surexploitation. Pour ce qui est de la préservation de la ressource pour les générations futures, 84% préserve la ressource par ramassage et 85% font la cueillette de tous ces produits en pensant aux générations futures.

3.2 DISCUSSION

Les produits forestiers non ligneux (PFNL) se réfèrent à un large éventail de produits que l'on trouve au quotidien dans les maisons et sur les marchés à travers le bassin du Congo [18].

Selon [19], les produits forestiers non ligneux (PFNL) sont considérés comme d'excellentes ressources pour diminuer les risques au sein du ménage, à cause des multiples services qu'ils peuvent offrir. Ce sont des substituts alimentaires lorsque l'agriculture ne va plus ou va moins bien.

D'après [20], les PFNL constituent un ensemble de biens et services pouvant être vendus, autoconsommés ou être utilisés par l'industrie comme source de matières premières et qui proviennent des ressources renouvelables et de la biomasse forestière.

IMPORTANCE ET USAGES DE PFNL

L'importance de ce secteur est perçue à travers les rôles sociaux, économiques et même culturels que remplissent les PFNL. Environ 50 % de la population congolaise restent tributaire des produits tirés de la forêt, en particulier des PFNL sur tous les plans [21].

Ces produits sont susceptibles de permettre une augmentation des revenus réels et des emplois des ménages ruraux.

Plusieurs millions de ménages dans le monde entier sont fortement tributaires de ces produits pour leur subsistance et/ou leurs revenus. Environ 80 % de la population des pays en voie de développement utilisent les PFNL pour se soigner et se nourrir [22]. Les femmes des ménages à faibles revenus sont généralement celles qui comptent davantage sur les PFNL. À l'échelon local, les PFNL fournissent également la matière première pour des opérations de transformation industrielle : caoutchouc, café, fruits à usage médicinal, etc.

ESPÈCES UTILISÉES COMME PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX PFNL

Les PFNL sont nombreux et diversifiés dans les écosystèmes du secteur de Patu mais les différentes couches de la population de ce secteur ne connaissent pas très bien ces ressources naturelles ayant de grandes valeurs économiques, sociales et écologiques.

Quelques PFNL sont également commercialisés à l'échelle internationale. À l'heure actuelle, il existe au moins 150 PFNL importants sur le plan du commerce international, notamment le miel, la gomme arabique, le rotin et le bambou, le liège, les

noix et les champignons, les résines, les huiles essentielles et certaines parties des végétaux et des animaux entrant dans la fabrication des produits pharmaceutiques. Ces produits ont été pendant longtemps négligés par les politiques et c'est seulement depuis quelques années qu'ils retiennent l'attention des scientifiques [5] et suscitent un intérêt considérable au niveau mondial. Ceci s'explique par la prise de conscience accrue de leur contribution à certains objectifs environnementaux, tel que la conservation de la diversité biologique, etc.

Ceci montre que les PFNL constituent l'épicentre de la survie des populations riveraines et servent des ressources alimentaires, médicinales, etc. Ces PFNL sont récoltés dans les zones forestières et proches d'habitation (champs, plantations, jachères) [23].

D'autres auteurs soulignent également que si une partie de produits forestiers non ligneux récoltés est destinée à l'autoconsommation, une autre est destinée à l'autoconsommation, une autre est commercialisée sur les marchés locaux, nationaux, régionaux et internationaux. De ce fait, ils constituent une source importante de subsistance et de revenus pour de nombreux paysans.

Ces résultats sont en accord avec les travaux de [24] en RDC qui notent que les écosystèmes (forestier, savanicole et riverain) regorgent d'une grande diversité en PFNL (légumes, fruits comestibles, condiments, plantes de teinturerie, plantes médicinales, faune sauvage, algues et champignons).

SEXE

Ce sont plus des mariés sans emploi, cherchant à tout prix à assurer leurs responsabilités de pères des familles, qui sous diverses formes contribuent massivement à la destruction des forêts considérées comme principales sources de revenus dans ce Secteur.

Ces résultats corroborent ce qui est issu des travaux de [24] notant que l'exploitation et la commercialisation des PFNL font collaborer de nombreuses personnes. Chacune de ces activités fournit des emplois ne requérant pas nécessairement une qualification particulière. En outre, ces activités ne demandent pas un capital financier initial important. La filière attire principalement les catégories sociales vivant dans des conditions économiques défavorables. Elles agissent de façon pragmatique en réseaux associatifs endogènes : elles font des choix sous d'entraide pour gagner de l'argent ou des trocs pour nourrir et soigner leur famille.

NIVEAU D'ÉTUDE

Le niveau d'instruction trop bas de la population de ce Secteur corrobore directement à la mégestion de leur écosystème forestier et, au manque des connaissances sur le phénomène de la dégradation des forêts de leur ressort voir même sur les conséquences qui peuvent en résulter dans le présent comme dans le futur.

La population de ce secteur ne pas suffisamment informée des dégâts que peuvent causés les incendies d'origine humaine sur les communautés animales et végétales peuplant dans leurs écosystèmes forestiers de leur ressort, plus grave encore de la pollution que peuvent entraîner ces incendies soit sur leurs ressources hydriques et sur le changement climatique. Cette situation prouve à suffisance que cette population avertie c'est-à-dire que le niveau d'instruction à ce sujet demeure encore faible.

SITUATION MATRIMONIALE

Quel que soit le sexe, la situation matrimoniale, le niveau d'instruction, l'ensemble de cette population pratique l'agriculture en forêt pour subvenir à leurs besoins vitaux et récoltent de manière inadéquate les PFNL pour de fins alimentaires, médicinales, artisanales et surtout économiques. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par [25].

RESSOURCES NATURELLES

Le manque de connaissance sur cette thématique et les besoins grandioses et diversifiés de la population du Secteur de Patu qui ne trouve comme seule et véritable source d'approvisionnement que la forêt, provoquent de plus en plus le recul de quelques galeries forestières existantes dans ce Secteur avec toutes conséquences qui en découlent sur le plan social et environnemental.

Les méthodes culturelles adéquates de production agricole, ne sont pas mises au point par les paysans de ce Secteur. Ainsi pour organiser une production agricole, ils défrichent de grandes superficies forestières et utilisent principalement les techniques culturelles inappropriées notamment la méthode par incinération, induisant à la destruction brutale des lambeaux forestiers existants, à la dégradation des sols, et à la destruction des habitats naturels de la biodiversité dans cette partie du pays.

La méconnaissance et la mégestion des PFNL par la population du secteur de Patu, pouvaient engendrer des problèmes de dégradation des forêts qui induiront tôt ou tard à la disparition totale des ressources naturelles et aux désastres environnementaux dans cette partie du pays. Les méthodes inappropriées de prélèvement des PFNL par la population de ce secteur sont la cause de diminution et de disparition quelques PFNL notamment : *Pteridium sp*, *Morinda morimoides*, Grillon, Tsalu bakhombo, chenille, *hibiscus exculentum*, Rotin

VENTE DES PFNL (COMMERCIALISATION)

Les produits forestiers non ligneux (PFNL) constituent une source importante de substances indispensables pour la survie des populations en milieux tant ruraux qu'urbains. Ce sont essentiellement des produits de cueillette destinés à l'autoconsommation ou à la vente tels quels ou après avoir subis une transformation. Ils génèrent ainsi des revenus pour les populations locales. À ce titre, les PFNL constituent un moyen efficace de lutte contre la pauvreté [10] cité par [7].

Malgré le nombre important d'études ethnobotaniques réalisées dans de nombreuses régions de la RDC, il y a peu d'information sur la commercialisation des PFNL dans les marchés congolais, pourtant ces produits sont largement utilisés et commercialisés [13].

CONTRIBUTION SOCIOÉCONOMIQUE DES PFNL

Le secteur des PFNL en RDC suscite de plus en plus d'intérêt, tant pour sa contribution au bien-être des exploitants locaux et intermédiaires urbains desdites ressources que pour son potentiel commercial dans le développement de nouveaux produits médicaux, cosmétiques et alimentaire [13].

En ce qui concerne les revenus de ménages, quelques études sporadiques montrent que la vente de PFNL contribue significativement dans les revenus de ménages. Il est ainsi affirmé en parlant de la ville de Kinshasa que l'exploitation et la commercialisation des produits forestiers non ligneux dans la ville est de plus 600\$ le niveau bimensuel par exploitant pour 5 espèces de plantes [13].

Quelques auteurs ont mené des études sur le plan commercial en RDC notamment [26] se limitant seulement soit à l'estimation de quantités vendues ou les valeurs en monnaie, soit à l'importance alimentaire ou médicinale ainsi de suite

Les travaux de [27] et de [9] font le même constat pour le cas de la RDC. Le secteur de PFNL reste un des plus importants secteurs en milieu rural, dans lequel s'investissent de façon informelle pour assurer plus de 90 % des populations pour assurer leur alimentation, leur survie économique et leur développement afin d'essayer de sortir de l'étau de la pauvreté.

4 CONCLUSION

Le présent travail est issu de la compilation et de l'analyse des données bibliographiques et de l'enquête sur terrain. Il a porté sur l'inventaire des produits forestiers non ligneux dans le Mayombe cas du secteur de Patu.

L'objectif global assigné à ce travail est d'inventorier de façon globale les produits forestiers non ligneux dans le secteur de Patu .

Les résultats obtenus après analyse montrent que :

- Pour ce qui concerne les paramètres qualitatifs des enquêtés ; le sexe masculin domine avec 82%, mariés à 62% et ayant un niveau d'étude secondaire avec 55% dont la quasi-totalité pratiquant l'agriculture et le commerce.
- la forêt et la rivière constituent les ressources le plus utilisées de la contrée et 99% des enquêtés font la forêt et pratiquent l'agriculture, la cueillette, la chasse et la pêche.
- Il y a une dominance des PFNLs à usage alimentaire et médicinale, parmi ce PFNL, il y a une dominance de *Gnetum africanum*, *Quassia africana*, du rotin, champignons, tiges et feuilles de marantacée,...
- 100% des enquêtés commercialisent les PFNLs et cela se fait au marché. Le plus commercialisé est entre autre : *Capscum sp*, *Dacrydes edulis*, *Persea americana*, *Chenille*, *Gnetum africanum* , Rotin ,Balais, etc.

- 96% des enquêtés ont constaté la diminution de la quantité des PFNL et ont cités ceux qui ont considérablement diminué entre autre le *Gnetum africanum* et le rotin. L'incinération volontaire est la cause principale de cette diminution.
- Les PFNL en voie de disparition sont le champignon, le rotin, *ipocrata spp*, le *Gnetum africanum*.
- Les PFNL disparus complètement sont *pteridum sp*, *Morinda morimorides*, *Gryllidae sp*, tsalu bakhombo, Chenille, *Hibiscus exculentum*, ROTIN Et l'incinération et la déforestation constituent les principales sources de disparition.
- 84% des enquêtés préserve la ressource pour la génération future par ramassage et 85% pense à la génération future.

Ces PFNL interviennent dans l'alimentation, les soins de santé des populations locales, l'artisanat et constituent une source de revenus. Malheureusement l'incinération volontaire, la déforestation et la surexploitation de la ressource et menace l'équilibre dynamique de l'écosystème.

RÉFÉRENCES

- [1] IT Ayuk, B Duguma, J. Kengue, S. Franzel, M. Mollet, T. Ticki-Manga, P. Zenkeng,. Uses, management and economic potential of *Irvingia gabonensis* in humid lowlands of Cameroon. *Forest ecology and management* 113: 1-9, 1999.
- [2] H. Puig. La forêt tropicale Humide. Belin, Paris, 448 p, 2001.
- [3] J-L. Betti et J. Lejoly . Contribution à la connaissance des plantes médicinales de la réserve de biosphère du Dja au Cameroun : plantes utilisées dans le traitement des maux de dos. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4 (1): 193 – 200, 2010.
- [4] R. J. Priso, J.F. Nnanga , J. Etame , N. Din , A. Amougou . Les produits forestiers non ligneux d'origine végétale : valeur et importance dans quelques marchés de la région du Littoral - Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 40: 2715 – 2726, 2011.
- [5] M. Tchatat, O.Ndoye et R.Nasi. Produits Forestiers Autres que le Bois d'oeuvre (PFAB) : place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale, pp 1-33, 1999.
- [6] S. M. Nshimba Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D.Congo. Thèse de Docteur en sciences, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique, 2008
- [7] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale, N.F. Konzi, C. Masengo Ashande, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata, T.S.Yangba, N.Gbiangbada Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (R.D. Congo) : cas de *Cola acuminata* (P. Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol 2(2) :120-127, 2014 www.congosciences.org
- [8] C. De Wasseige, D. Devers, P. de Marcken, R. Eba'a Atyi, R. Nasi, P. Mayaux. Les Forêts du Bassin du Congo – Etat des Forêts 2008. Office des publications de l'Union Européenne. Luxembourg, 426 p, 2009
[online at <http://www.observatoirecomifac.net/edf2008.php>]
- [9] J.M Kahindo. Potentiel en produits forestiers autres que le bois d'œuvre dans les formations forestières de Kisangani. Cas des Rotins *Eremospatha hauliveana* de Wild. Et *Laccosperma secundiflorum* (P.Beauv.) Kuntze de la réserve forestière de YOKO (P.O.RD CONGO), Thèse, Unikis, 2008, Inédite ;
- [10] L. Debroux, M. Dethier. Valorisation des produits secondaires de la forêt dense humide tropicale, travail de fin d'études, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 1993
- [11] L'utilisation des produits forestiers non ligneux dans le cadre de la gestion forestière durable au Congo (Brazzaville, Dolisie, Ouessou et Pointe-Noire). *Le flamboyant* 56 : 30 – 35, 2002
- [12] FAO : Étude nationale sur le cadre légal et réglementaire régissant l'utilisation des produits forestiers non ligneux en RDC, Rome, Italie in www.fao.org, 2007
- [13] M.A. Biloso, J. Lejoly. Étude de l'exploitation et du marché des produits forestiers non ligneux à Kinshasa. *Tropicultura*, 24(3) :183-188, 2006
- [14] WWF et FRM . Guide opérationnel, Normes d'inventaire d'aménagement forestier RD. Congo. 1- 35 pp, 2005
- [15] J.M. Kahindo. Inventaire des produits forestiers végétaux non ligneux et leur commercialisation dans la ville de Kisangani (R.D. Congo), DEA, F. Sc. Unikis. 82 p, 2007
- [16] M.C. Peel, B.L. Finlayson ET T.A. McMahon. [HYPERLINK «http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html»](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html) «Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification». *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11: 1633–1644, 2007.
- [17] B. I. Angoboy et B. B. Toirambe. Phénologie et diamètre de reproduction de *Prioria balsamifera* (Vermoesen) Breteler (Tola) dans la réserve de Biosphère de Luki au Mayombe, R.D. Congo. *Congo Sciences* : 6 (1) : 44-51, 2018.

- [18] V. Ingram *et al.* Les produits forestiers non ligneux: Contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. État des forêts 2011, chapitre 7. 137 -154 p, 2011
- [19] M.A. Biloso. Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux de Bateke en périphérie de Kinshasa (RD Congo). Thèse de Doctorat inédite, Université Libre de Bruxelles, Belgique (ULB), 167 p, 2008.
- [20] FAO : Les produits forestiers non ligneux en Afrique : un aperçu régional et national. Document de travail FOPW/01/1, 2001.
- [21] S. Walter. Le secteur PFNL en Afrique centrale et l'importance du cadre légal et réglementaire. FAO, Forests and Forestry, 2006.
- [22] FAO: La déforestation se poursuit à un rythme alarmant, Rome, Italie in www.fao.org, 2005.
- [23] B.Toïrambe. Valorisation des PFNL dans la réserve de biosphère de Luki, Bas-Congo. ERAIFT- Université de Kinshasa, RDC. 161 p, 2002.
- [24] M.A. Biloso. Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux de Batéké en périphérie de Kinshasa (R.D. Congo). Acta Botanica Gallica, 156 : 311-314, 2009. DOI : 10.1080/12538078.2009.10516161
- [25] S. MUTAMBWE , 2010 : Revue nationale sur les produits forestiers non ligneux (PFNL). Cas de la République Démocratique du Congo, CIFOR, RDC, 89 p, 2010.
- [26] I.B. Liengola. Étude de marché préliminaire sur les produits forestiers non ligneux de la république démocratique du Congo: les marchés de Beni et Kisangani, 2009.
- [27] B. Toïrambe. Place des PFNL dans l'aménagement durable de la Réserve de Biosphère de la Luki en RD Congo. Mémoire de DEA. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 77 p, 2005.

Evaluation des potentialités en eau souterraine de la portion Ivoirienne du bassin versant du Niger

[Assessment of the groundwater resources of the Ivorian portion of the Niger basin]

W. F. Kouassi¹, K. A. Kouassi¹, M. J. Mangoua¹⁻², Y. M. Kamenan², and Z. A. Kouadio¹⁻²

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

²UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement,
Université Jean Lorougnon Guedé Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This work tackles the problem of accessibility to drinking water in the cracked areas of Côte d'Ivoire. On the Ivorian portion of the Niger River watershed, the problem is acute because the reservoirs built to feed populations with potable water are not properly supplied these last years and are subject to a very high eutrophication. A multidisciplinary approach combining Remote Sensing, Multicriteria Analysis and Spatial Reference Hydrogeological Information System was adopted to map the groundwater potential of the Basin. The mapping of groundwater potential zones shows that the Niger basin has good and excellent availability of groundwater (59% of the total area). This good groundwater availability is due to a low slope and good fracturing density which lead to good water infiltration in the aquifers. The identification of potential sites for access to water shows that nearly 60% of the basin's area is favorable for the establishment of high flow rate structures. On the whole, these aquifers have good accessibility (59% of the total area) and good exploitability (90%).

KEYWORDS: Evaluation, Groundwater, Fractured aquifer, Niger Basin, Côte d'Ivoire.

RESUME: Ce travail aborde le problème d'accessibilité en eau potable dans les zones fissurées de la Côte d'Ivoire. Sur la portion ivoirienne du bassin versant du fleuve Niger, le problème se pose avec acuité à cause du fait que les retenues aménagées pour l'alimentation en eau des populations ne sont plus correctement alimentées ces dernières années et sujettes à une très forte eutrophisation. Une approche pluridisciplinaire associant Télédétection, Analyse multicritère et Système d'Information Hydrogéologique à Référence Spatiale a été adoptée pour cartographier les potentialités en eau souterraine du bassin. La cartographie des sites potentiels en eau montre que le bassin du Niger possède une bonne et excellente disponibilité en eau souterraine (59 % de la superficie totale). Cette bonne disponibilité en eau souterraine est due à une faible pente et à une bonne densité de fracturation qui entraînent une bonne infiltration des eaux dans les aquifères. L'identification des sites potentiels d'accès à l'eau, montre que près de 60 % de la superficie du bassin est favorable à l'implantation d'ouvrages à gros débits. Dans l'ensemble, ces aquifères présentent une bonne accessibilité (59 % de surface totale) et une bonne exploitabilité (90 %).

MOTS-CLEFS: Evaluation, Eaux souterraines, Aquifère de fissures, Bassin du Niger, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'accessibilité à l'eau potable est l'un des objectifs majeurs des projets de développement à travers le monde. Dans les pays en développement, les eaux souterraines constituent une ressource de premier choix pour l'alimentation en eau potable des populations car elles sont d'une qualité relativement bonne et d'un coût peu élevé [1]. Cependant, l'accès à cette ressource précieuse devient très difficile précisément dans les régions de socle où les eaux souterraines captées sont issues des fissures. Or, le captage de ces eaux a longtemps été axé sur le repérage des niveaux aquifères ayant les meilleures caractéristiques hydrauliques, le fonctionnement des nappes d'altérites et l'utilisation de la géomorphologie pour le repérage des structures géologiques favorables (cuiasse noyée, fosse d'altération) [2]. Ce procédé conduit parfois à la réalisation de bon nombre d'ouvrages non productifs et même parmi ceux qui sont positifs, plus de 45% ont un débit inférieur à 1 m³/ [3]. Ces échecs et ces faibles débits pourraient être essentiellement dus au mauvais choix des sites d'implantation des forages et à une méconnaissance du système de fractures qui couvrent ces régions de socle. Par conséquent, des recherches hydrogéologiques sont nécessaires pour bien comprendre les conditions de captage de ces eaux souterraines. C'est pourquoi au cours de ces dernières décennies le développement de technologies modernes complémentaires tels que la télédétection, la géostatistique, la géophysique et les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) ont montré que les gros débits sont liés à des fractures d'extension kilométrique, des intersections des fractures, et/ou à des réseaux de fractures caractérisés par une forte interconnexion [4], [5], [6], [7], [8]. En effet, les différentes études ont montré que les aquifères de fissures peuvent constituer de véritables réservoirs d'eau souterraine et présentent souvent l'avantage d'être à l'abri des fluctuations saisonnières et des éventuelles pollutions accidentelles [9].

En Côte d'Ivoire, les roches cristallines et cristallophylliennes représentent 97,5% des formations géologiques, l'essentiel des ressources en eau est donc contenu dans les aquifères formés par le socle fracturé dont l'importance hydrogéologique est considérable. La portion ivoirienne du bassin versant du Niger qui fait l'objet de cette étude appartient à ce domaine. Cette région, favorable à la pratique de l'agriculture (Anacarde, mangue, igname, maïs etc...) et à l'élevage, attire de nombreuses populations surtout avec la fin en 2011 de la guerre politico-militaire.

Ainsi, pour répondre aux besoins croissants en eau des populations, la recherche des réserves d'eau souterraine contenues dans les aquifères fissurés du socle précambrien de cette région devient alors une priorité pour les autorités. C'est pour atteindre cet objectif que cette étude a été suscitée. Elle se propose d'évaluer efficacement les ressources en eau souterraine du bassin du Niger en Côte d'Ivoire par les SIG et par analyse multicritère afin de faciliter l'approvisionnement des populations en eau potable.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La portion Ivoirienne du bassin versant du Niger est située au Nord de la Côte d'Ivoire entre la longitude 9°20 et 10°6 Ouest et la latitude -8° et -6°2 Nord et couvre une superficie de 31 633 km². La partie ivoirienne du bassin du Niger présente une grande diversité lithologique (Figure 1), on y rencontre : des roches volcaniques, basiques ou acides ; des roches métamorphiques diverses, tant du point de vue du degré de métamorphisme (faciès amphibolite et schiste vert.) que de l'origine de la roche mère (magmatique ou sédimentaire).

En effet, toutes les formations géologiques de la zone d'étude sont d'âge protérozoïque et appartiennent au complexe éburnéen [10]. Cette région se caractérise par une succession de bandes de roches schisteuses et de roches migmatitiques et plutoniques. Cette partie du territoire ivoirien subit l'influence du climat soudanien ou régime tropical de transition marqué par deux saisons (sèche, pluvieuse) avec une pluie moyenne annuelle de 1128 mm sur la période de 1970-2000.

Sur le plan hydrogéologique, la région d'étude fait partie du socle cristallin. Ce dernier présente des réserves d'eau se développant dans les aquifères dont l'importance est fonction du niveau d'altération et de fracturation de la roche mère. On distingue donc deux types d'aquifères : les aquifères d'altérites (superficiels) et les aquifères fracturés (plus profonds).

2.2 MATÉRIEL

Nous avons eu recours à des données de 147 forages provenant des Directions Territoriales de l'Hydraulique de Boundiali et d'Odienné, des cartes géologiques et topographiques à l'échelle 1/200 000. Les données climatiques (pluies et températures de la période 1970-2000) ont été utilisées pour l'estimation de l'infiltration aux stations de Boundiali, Odienné et Tengrela. Les images utilisées sont celles de ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus) de Landsat 7 qui ont permis d'établir la carte des

fractures. Il s'agit des scènes 197-053 ; 197-054 ; 198-054 ; 198-054 ; 199-053 et 199-054 acquises le 02/02/2000 qui couvrent totalement la zone¹.

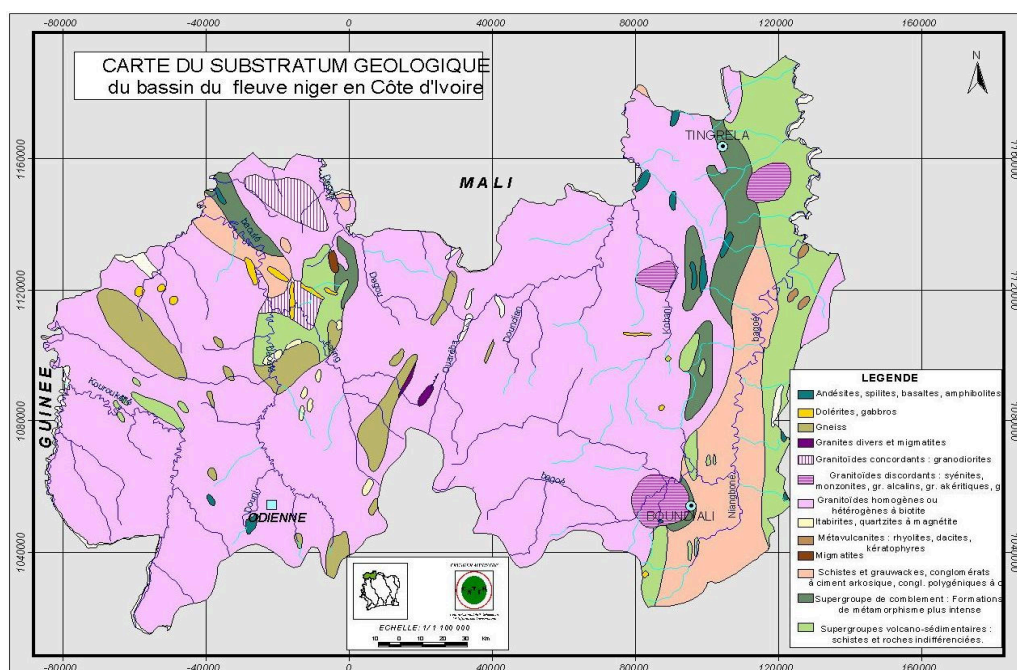


Fig. 1. Carte géologique de la zone d'étude (Source : CNTIG)

2.3 CARTOGRAPHIE DES POTENTIALITÉS EN EAU DE LA PORTION IVOIRIENNE DU BASSIN DU NIGER

La ressource en eau souterraine lors d'une prospection hydrogéologique, doit être disponible, accessible et exploitable. Les paramètres relatifs au potentiel en eau souterraine se regroupent donc en trois indicateurs quantitatifs qui sont : la disponibilité, l'accessibilité et l'exploitabilité [11], [8], [1].

2.3.1 DÉFINITION DES DIFFÉRENTS CRITÈRES

L'indicateur de disponibilité traduit la notion de l'existence d'un aquifère et constitue la première condition à savoir, avant tout autre activité. Il résulte de l'association des paramètres tels que la densité de fracturation (obtenue à partir du traitement des images ETM+ de Landsat 7), l'épaisseur d'altérite et l'infiltration. L'extraction des linéaments s'est réalisée conformément aux travaux de [12], [5], [13] et a permis d'obtenir la carte détaillée des fractures. L'infiltration est le paramètre le plus important pour la disponibilité des eaux souterraines [7], [8], [1].

Selon [14], la disponibilité en eau souterraine est classifiée comme faible à modérée avec une couche altérée mince et varie de modérée à bonne avec une couche altérée épaisse.

Les réserves d'eau souterraine ne sont véritablement utilisables que lorsque certains paramètres réunis rendent possible leur accès (indicateur accessibilité). Les plus importants sont la profondeur totale (Pt) des ouvrages et l'indice de succès (Is). L'indice de succès donne la probabilité de succès d'un forage et est calculé par la formule suivante (Eq. 1) :

L'indice de succès donne la probabilité de succès d'un forage et est calculé par la formule suivante :

¹ Ces scènes sont disponibles sur le site <http://glcfapp.umi.ac.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

$$a = \frac{b}{10} \times 100 \text{ (Eq. 1)}$$

Avec :

a : indice de succès en pourcentage (%),

b : débit d'exploitation (m^3/h).

L'indice de succès varie de 10 à 100%.

La ressource en eau n'est exploitable que si le débit minimal d'exploitation est significatif ($1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$). Le débit d'exploitation en lui-même est conditionné par la quantité d'eau dans la réserve souterraine et la rapidité de renouvellement de cette réserve en cas de forte sollicitation [11], [7], [1].

La classification des paramètres s'inspire de la classification adoptée au cours des travaux antérieurs [15], [16], [11], [8], [1] réalisés en région de socle et de celle proposée par le CIEH (Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques) pour les différents paramètres.

2.3.2 PONDÉRATION DES CRITÈRES

Les critères de décision sont pondérés grâce à la méthode de combinaison linéaire basée sur la technique de comparaison par paire selon le Processus d'Analyse Hiérarchique (Analytical Hierarchy Process, AHP) de [17] utilisée par [11], [7]. Elle permet de produire des coefficients de pondération standardisés dont la somme est égale à 1 (Tableau 1). Les détails de l'application de cette méthode sont consignés dans les travaux de [1].

Tableau 1. Expression verbale et numérique de l'importance relative d'une paire de facteurs [18]

Expression d'un critère par rapport à un autre	Note
Moins important	1/3
Légèrement moins important	1/2
Même importance	1
Légèrement plus important	2
plus important	3

Dans le cas de cette étude, les matrices de comparaison par paire et les coefficients de pondération des critères pour chaque indicateur et pour les trois indicateurs sont présentées dans le tableau 2.

2.3.3 AGRÉGATION DES FACTEURS

Il existe diverses méthodes pour l'évaluation de l'analyse multicritère ou l'agrégation des facteurs. Dans cette étude le choix s'est porté sur la méthode d'agrégation complète par pondération utilisée par [19], [20], [15], [21], [9]. Cette méthode consiste à multiplier chaque facteur ou indicateur par son coefficient de pondération respectif et ensuite en additionnant ces résultats pour produire un indice d'aptitude selon l'équation suivante (Eq. 3):

$$S = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad \text{(Eq. 3)}$$

S : résultat final

W_i : poids du critère i

X_i : valeur standardisée du critère i

Cette démarche a été utilisée individuellement pour les trois indicateurs de décision, que sont l'accessibilité, l'exploitabilité et la disponibilité.

L'établissement de la carte thématique « Potentialité en eau souterraine » consiste à reporter dans l'espace, les différentes valeurs issues de la sommation des valeurs standardisées et pondérées de chaque indicateur intervenant dans l'élaboration de ladite carte. Une reclassification des facteurs conduira à des cartes thématiques à quatre classes que sont : la classe Mauvaise ; la classe Médiocre ; la classe Bonne et la classe Excellente. Le nombre de classe est fixé à quatre pour une meilleure lisibilité et une bonne interprétation de la carte résultante.

Tableau 2. Matrice de comparaison par paire et Coefficient de pondération des différents indicateurs

Indicateur disponibilité					
	Infiltration	Densité de fracturation	Epaisseur d'altérité	Vecteur Propre	Coefficient de Pondération
Infiltration	1	5	5	5	0,81
Densité de fracturation	1/5	1	3	0,77	0,13
Epaisseur d'altérité	1/3	1/3	1	0,33	0,05
Indicateur exploitabilité					
	Débit d'exploitation	Niveau piézométrique	Vecteur Propre	Coefficient de Pondération	
Débit d'exploitation	1	3	1,73	0,79	
Niveau statique	1/5	1	0,44	0,20	
Indicateur accessibilité					
	Profondeur totale	Indice de succès	Vecteur Propre	Coefficient de Pondération	
Profondeur totale	1	3	1,73	0,79	
Indice de succès	1/5	1	0.44	0.20	

2.3.4 MÉTHODE DE VALIDATION DES CARTES THÉMATIQUES : ANALYSE DE L'INCERTITUDE

Les cartes thématiques réalisées ont été validées par le calcul de l'incertitude [7], [2]. En effet, le mode de validation des cartes thématiques utilisées dans les études antérieures [9], [16], [11], [22], [23] a montré des insuffisances dans le fait qu'il est pratiquement impossible de trouver une classe de sensibilité reflétant à 100% la réalité du terrain car à côté d'un forage à gros débit, il est possible d'avoir un autre forage à débit faible, voire nul. Ainsi, le calcul des incertitudes sur les moyennes des divers paramètres des principaux indicateurs est donné par l'équation (Eq.4) :

$$\Delta \bar{X} = \frac{\sigma}{\sqrt{m}} \quad (\text{Eq.4})$$

Avec :

$\Delta \bar{X}$: incertitude sur la moyenne de la série de données

σ : écart type de la série de données

m : nombre de données

Un facteur d'expansion (K) est alors calculé afin de déterminer le niveau de confiance. La détermination de ce paramètre est basée sur le principe statistique de calcul de l'incertitude étendue. Le facteur K permet la définition d'un intervalle de portée suffisante ayant pour but d'avoir dans les résultats une grande confiance. L'expression de ce facteur est la suivante (Eq.5) :

$$K = \frac{|E - \bar{X}|}{\sigma} \quad (\text{Eq.5})$$

Avec :

K : facteur d'expansion,

E : est la valeur extrême de la série statistique qui peut être le maximum ou le minimum de cette série.

Les niveaux de confiance des différents paramètres ont été déduits des différentes valeurs de K. Ainsi, K= 1 pour un niveau de confiance de 68 % ; K = 2 pour un niveau de confiance de 95 % et K = 3 pour une confiance de 99 %.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 EVALUATION DES DIFFÉRENTS INDICATEURS DE LA POTENTIALITÉ EN EAU SOUTERRAINE

Les zones à disponibilité bonne et excellente occupent 59% du bassin (Figure 2), tandis que les zones à médiocre et mauvaise disponibilité en eau couvrent 41% de la zone d'étude. Les zones à bonne disponibilité en eau souterraine sont réparties sur tout le bassin sauf dans le département de Tengréla. Ces zones à bonne disponibilité en eau sont caractérisées par des pentes relativement faibles, une forte densité de fracturation et une densité hydrographique modérément faible. Elles

réunissent les conditions favorables à l'accumulation des eaux souterraines et par conséquent à la formation d'importantes réserves. Au niveau de ces zones, les méga-fractures ouvertes interconnectées ont une forte probabilité d'être productives ;

La carte de disponibilité des eaux souterraines à une marge d'erreur de $\pm 0,003$ avec un niveau de confiance de 95%.

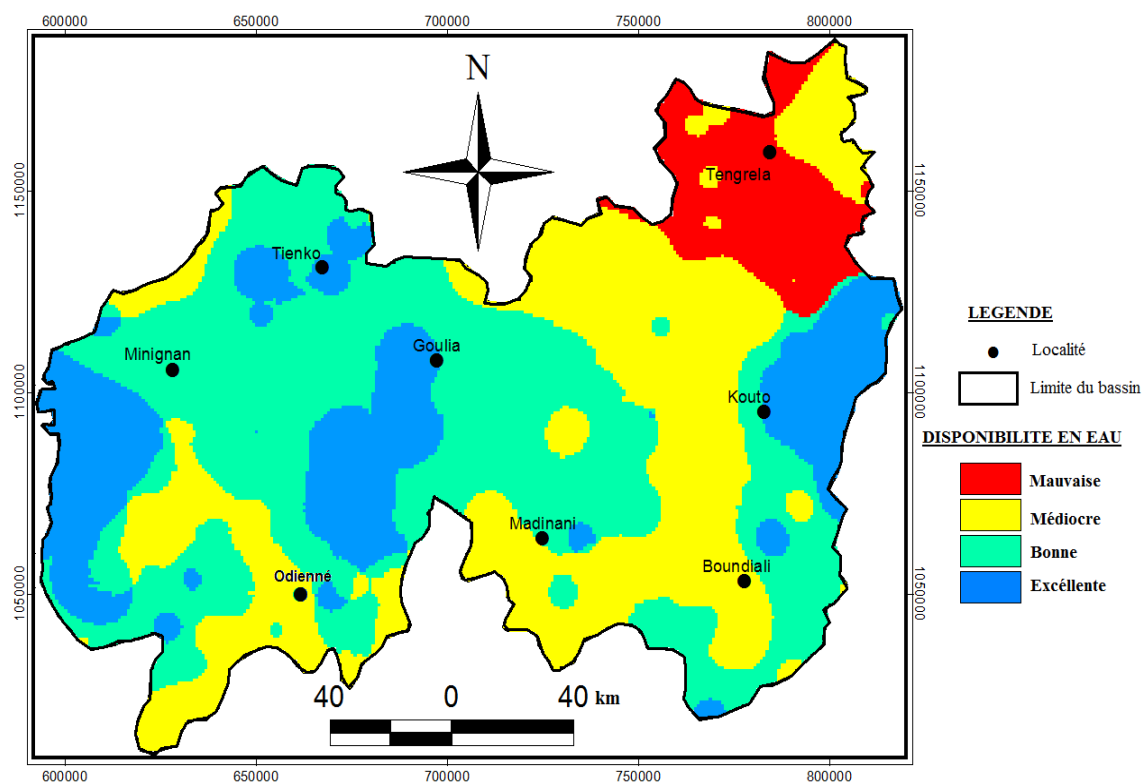


Fig. 2. Carte de disponibilité en eau souterraine du bassin du Niger (Côte d'Ivoire)

Les zones à bonne et excellente accessibilité en eau souterraine couvrent également 59% du bassin (Figure 3). Pendant que les zones à mauvaise et médiocre accessibilité ne couvrent que 41%. On y rencontre dans cette dernière zone des forages à débits très faibles avec des profondeurs très élevées. Les zones à bonne et excellentes accessibilité couvrent une grande partie du centre du bassin et son plus visible dans les zones de Minignan, Tienko et Madinani.

La carte d'accessibilité à l'eau souterraine a une marge d'erreur de $\pm 0,002$ avec un niveau de confiance de 99%.

La carte d'exploitabilité des eaux souterraines du bassin est dominée par les classes bonne (69%) et excellente (8%) qui couvrent ensemble 77% de la zone d'étude (Figure 4). Les classes mauvaise et médiocre ne couvrent que 23%. Les zones à bonne et excellente exploitabilité couvrent l'Est (Katogo) et l'Ouest (Gbélégban) du bassin, une autre partie se retrouve au niveau de Minignan. Ces zones sont appropriées pour exercer la petite irrigation et pour approvisionner les grands centres urbains et certains gros villages en eau potable.

La carte d'exploitabilité a une marge d'erreur de $\pm 0,006$ avec un niveau de confiance de 99%.

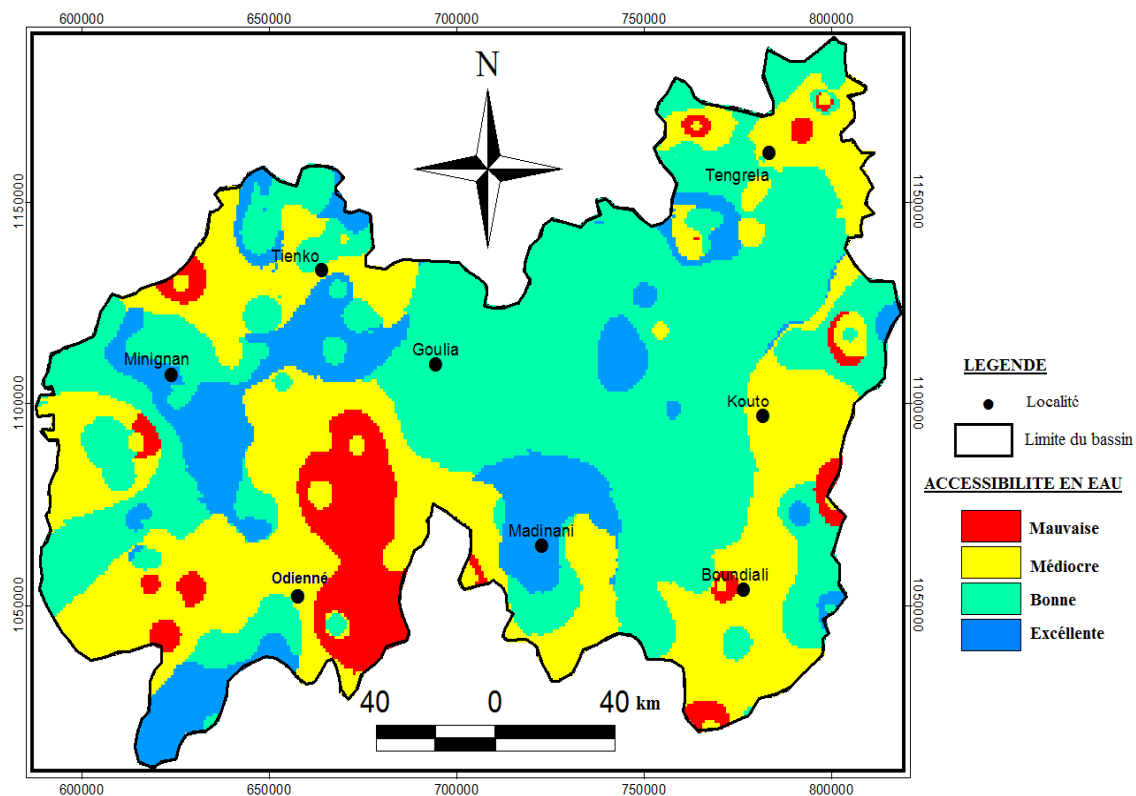


Fig. 3. Carte d'accessibilité en eau souterraine du bassin du Niger (Côte d'Ivoire)

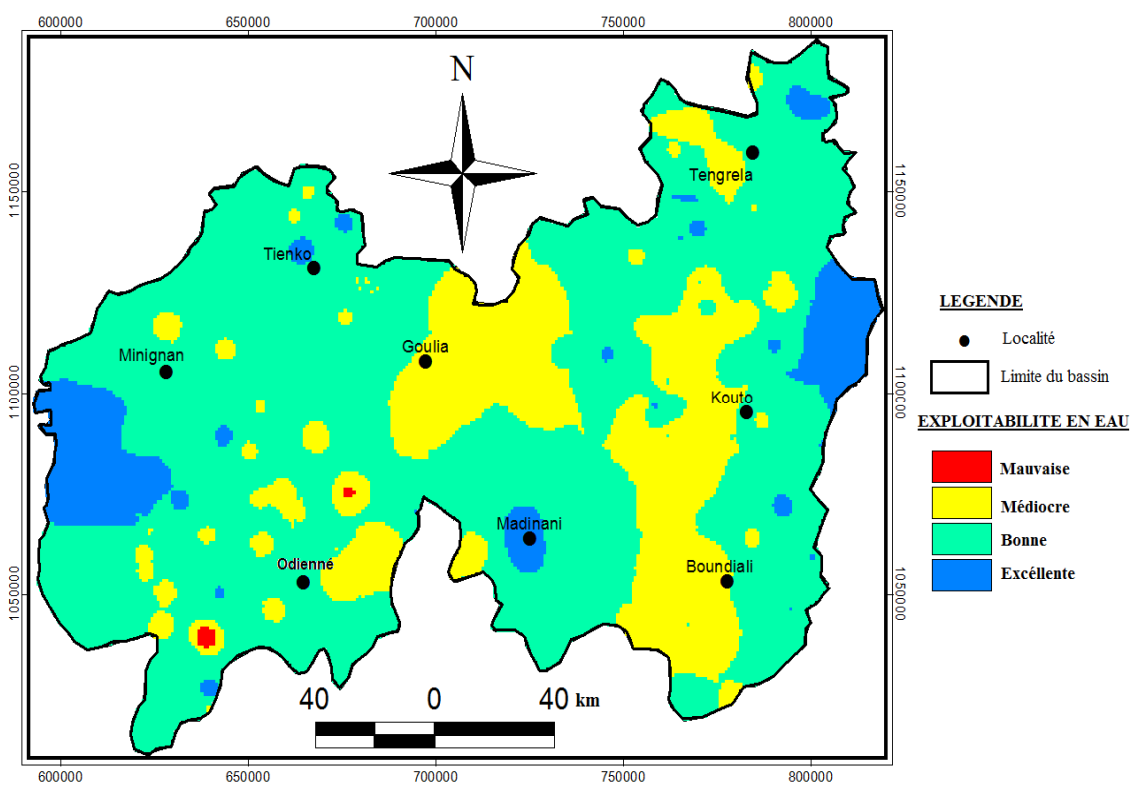


Fig. 4. Carte d'exploitabilité en eau souterraine du bassin du Niger (Côte d'Ivoire)

3.1.2 ANALYSE DE LA CARTE DES POTENTIALITÉS EN EAU SOUTERRAINE

La carte des zones potentielles en eau souterraine est issue de la combinaison linéaire des cartes de disponibilité, d'exploitabilité et d'accessibilité selon leur poids respectif. L'observation de la carte des potentialités en eau souterraine (Figure 5) montre que le bassin est dominé par les classes bonne et excellente. En effet, les classes à bonne et excellente potentialité occupent 70% de la surface totale du bassin contre environ 30% de zones à moindre potentialité.

La classe de mauvaise potentialité est représentée par une proportion de 7%. Elle se rencontre en grande partie dans la région de la Bagoué (Tengrela, Kouto et Boundiali), puis dans le département d'Odienné.

La classe des zones à potentialités médiocres couvre 23% du bassin et occupe les zones de disponibilité et d'accessibilité médiocre auxquelles s'ajoute quelquefois une bonne exploitabilité

La classe de bonne potentialité occupe 32% du bassin et est présente sur la quasi-totalité du bassin, excepté l'extrême Nord-Est (Tengrela). Ces zones sont caractérisées par une densité de fracturation élevée. La ressource en eau est disponible avec une pente relativement faible qui permet une bonne recharge de l'aquifère. Ces zones sont favorables à l'implantation de forage à gros débits.

La classe des zones à potentialité excellentes occupe 38% du bassin. Elle se localise en grande partie dans les départements de Minignan, Gbélégban, puis dans les sous-préfectures de Goulia et Tienko (région du Folon) et dans l'extrême Est du bassin (région de la Bagoué). Ces zones possèdent une excellente disponibilité en eau souterraine facilement accessible et exploitable pour l'approvisionnement en eau potable. Les plus gros débits du bassin ont été rencontrés dans ces zones, c'est le cas de Lossogo et Sanaba (21,6 m³/h), Farala (21,22 m³/h), Bogodougou (20 m³/h), Féréfougoula et Sanogobra Mafélé (12,96 m³/h), Kongohila (12,75 m³/h), Kotoula (11,80 m³/h), M'basso, Koliani, Tioro (10,8 m³/h) et Nonkparadougou (10 m³/h). Ce sont des zones fortement fracturées par endroits. Cette classe est donc la plus recherchée lors des campagnes d'implantation des forages à gros débits.

L'erreur sur la carte des potentialités en eau souterraine de la portion Ivoirienne du bassin de Niger est de $\pm 0,006$ avec un niveau de confiance de 99%.

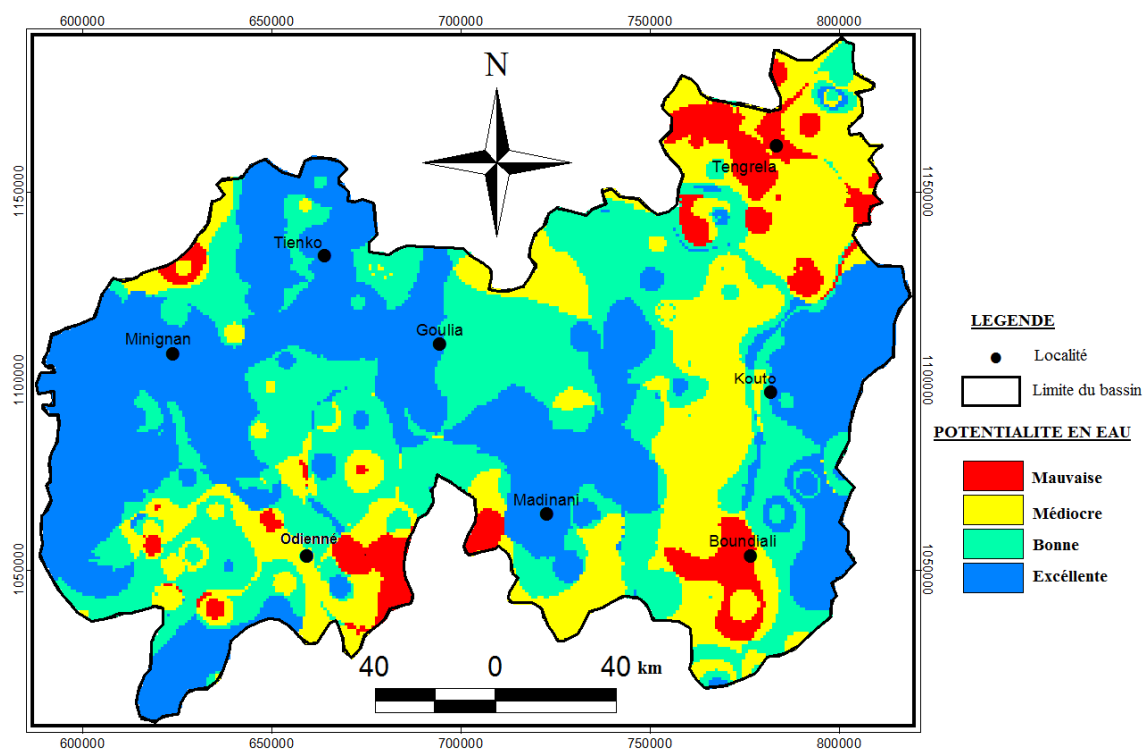


Fig. 5. Carte des potentialités en eau souterraine du bassin Niger (Côte d'Ivoire)

3.2 DISCUSSION

L'utilisation des SIG et de l'analyse multicritère sur la portion ivoirienne du bassin versant du Niger a abouti à la réalisation des cartes de disponibilité, d'accessibilité et d'exploitabilité des ressources en eau souterraine. La combinaison linéaire de ces différentes cartes a permis d'identifier les sites potentiels en eau souterraine du bassin du Niger. La carte des zones favorables en eau souterraine constitue une pré-prospection qui évite les phases de recherches lourdes, lentes et coûteuses comme l'ont indiqué les travaux de [24]. Plus de la moitié du bassin de Niger en Côte d'Ivoire possède une bonne et excellente disponibilité en eau souterraine (59 % de la superficie totale). Cette bonne disponibilité en eau souterraine est due à une bonne densité de fracturation qui entraînerait une bonne infiltration des eaux dans l'aquifère [25], [7], [8], [1]. Cette bonne infiltration découle également de l'abondance des précipitations qui constituent la source première de l'alimentation des aquifères. En effet, dans les zones tropicales humides comme c'est le cas de la Côte d'Ivoire, les aquifères sont essentiellement alimentés par la pluviométrie via les infiltrations de surface [26], [27], [28]. L'exploitabilité est dominée par la classe bonne (69 %). Cette prédominance est favorisée par les formations essentiellement granitiques et schisteuses présentes sur le bassin. Cette bonne exploitabilité des eaux des granitoïdes pourrait être liée à leur forte densité de fracturation. En effet, selon [29] les granites et les schistes constituent les formations lithologiques généralement très productifs. Cependant, on note l'existence des classes à exploitabilité mauvaise et médiocre dans les schistes de la localité d'Odienné. Cette mauvaise exploitabilité pourrait avoir deux origines : le type d'implantation des forages (géomorphologique) et le manque de fractures dans les formations géologiques. En effet, la plupart des forages réalisés dans cette localité sont implantés selon la géomorphologie du terrain, donc ne captent pas forcément les fractures. La portion ivoirienne du bassin de Niger possède une bonne accessibilité en eau (59 % de la superficie du bassin). Ces classes bonne et excellente accessibilité seraient favorisées par des forages à faible profondeur totale. Ces résultats obtenus dans le bassin versant sont similaires à ceux obtenus par [15], [30], [12], [2] respectivement à Man, à Aboisso, à Bondoukou et sur le bassin versant de la Baya. La validation des cartes thématiques réalisées dans cette étude par le calcul des incertitudes se justifie par le fait que le mode d'évaluation par les courbes de tendances proposé par [9] a montré ses limites. En effet, il est pratiquement impossible de trouver une classe de sensibilité reflétant à 100 % la réalité du terrain, en ce sens qu'à côté d'un forage à gros débit, il est possible d'avoir un autre forage à débit faible, voire nul. C'est pour pallier ces insuffisances que, certains auteurs [31], [7], [8], [1] préconisent l'utilisation de tests de sensibilité et de calcul des incertitudes permettant de classer les différents paramètres utilisés par ordre d'importance dans l'élaboration des cartes de potentialité en eau. Cependant, l'une des limites de ces études est l'utilisation à posteriori des tests de sensibilité. En effet, l'analyse de sensibilité étudie la contribution de chacune des variables et des paramètres d'entrées sur le rendement d'un modèle analytique [32]. Or, en télédétection et SIG, ces tests sont utilisés pour la validation des cartes thématiques. Pourtant, cette démarche devrait permettre de sélectionner les paramètres les plus sensibles dans l'élaboration des cartes de potentialité en eau ; donc de guider le choix des paramètres. La faible valeur des incertitudes calculées dans cette étude permet d'affirmer la fiabilité des données utilisées. Ainsi, cette carte thématique des sites potentiels en eau souterraine de la portion ivoirienne du bassin du Niger peut guider la prise de décision pour un captage et une gestion efficiente des ressources en eau souterraine dudit bassin.

4 CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous retenons que l'identification des sites des futurs points d'eau à partir de l'utilisation de SIG et de l'analyse multicritère, permet de conclure que la portion ivoirienne du bassin versant du Niger regorge d'importantes réserves d'eau souterraine. Plus de 59 % de la zone d'étude présente une bonne disponibilité en eau souterraine. Les différentes zones convenables à l'implantation d'ouvrage à gros débits représentent 70% de la superficie du bassin.

Les résultats obtenus dans cette étude, contribuent à améliorer la localisation des réservoirs fracturés de la portion ivoirienne du bassin versant du Niger. Par conséquent, les acquis de ces travaux guideront les campagnes de prospections hydrogéologiques futures dans cette région en vue de l'approvisionnement des populations en eau potable.

REFERENCES

- [1] Yao A. B., Goula B.T.A., Kane A., Mangoua M. J. et Kouassi K. A. Cartographie du potentiel en eau souterraine du bassin versant de la Lobo (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Approche par analyse multicritère, *Hydrological Sciences Journal*. DOI: 10.1080/02626667.2014.932360, 2016
- [2] Mangoua M. J. (2013). Evaluation des potentialités et de la vulnérabilité des ressources en eau souterraine des aquifères fissurés du bassin versant de la Baya (Est de la Côte d'Ivoire). Thèse unique de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 170 p.
- [3] DHH (2001). Bilan diagnostic et redynamisation du dispositif de maintenance des pompes manuelles. *Séminaire de réflexion sur la maintenance des pompes d'hydraulique villageoise*, 47 p.
- [4] Lasm T., Kouame F., Soro N., Jourda J. P. R. et Biemi J. Analyse géostatistique de la fracturation extraite de l'imagerie spatiale aéroportée et satellitaire. Application à la région de Man-Danané (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 5 : pp 135-154, 2004.
- [5] N'go Y. A., Lasm. T., Koita M. et Savane I., Extraction par télédétection des réseaux de fractures majeures du socle précambrien de la région de Dimbokro (Centre-est de la Côte d'Ivoire). *Revue Télédétection*, 9 (1) : pp 33-42, 2010.
- [6] Baka D., Lasm T., Oga M. S., Yao K. T., Youan Ta M., De Lasme O. Z., Onetié Z. O. et Fossou N. M. R. Relation entre la densité surfacique de fractures et le débit spécifique dans la région d'Oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue CAMES-Série A*, 13 (2) : pp 230-234, 2012.
- [7] Doumouya I., Brou D., Kouassi I. K., Bachir S., Jourda J. P., Savané I. et Biemi J. (2012). Modelling of favourable zone for the establishment of water points by geographical information system (GIS) multicriteria analysis (MCA) in the Aboisso area (South-east of Côte d'Ivoire). *Environnemental Earth Sciences*, Doi 10.1007/s12665-012-1622-2.
- [8] Mangoua M.J., Dibi B., Koblan E.W., Douagui G.A., Kouassi K.A., Savané I. Biémi J. Map of potential areas of groundwater by the multi-criteria analysis for the needs for water of the Baya's catchment basin (East of Côte d'Ivoire). *African Journal Agricultural Research* 9 (45) : pp 3319-3329, 2014.
- [9] Jourda J. R. P. Méthodologie d'application des techniques de Télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'Ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale : cas des zones tests de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelle. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 430p, 2005.
- [10] ORSTOM, n°50, Paris, France, pp 265-391, 1980.
- [11] Youan TA. M., Lasm T., Jourda J. P., Saley B. M., Adja M.G., Kouame K. et Biémi J. Cartographie des eaux souterraines en milieu fissuré par analyse multicritère Cas de Bondoukou (Côte-d'Ivoire). *Revue internationale de géomatique*, 21 (1) : pp 43- 71, 2011.
- [12] Youan T. M. Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'ouest : cas de la région de Bondoukou (nord-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 237p, 2008.
- [13] Koudou A. Conception d'outils d'aide à la décision pour une gestion intégrée des ressources en eau dans un contexte de variabilité climatique : application à la sélection des zones à potentialité aquifère et moins vulnérables à la pollution du bassin versant du N'zi. Thèse de Doctorat. Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 217p, 2013.
- [14] Prasad R.K., Mondal N.C., Pallavi B., Nandakumar M.V. and SINGH V.S. Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS. *Environment of Geology*, 55 : pp 467-475, 2008.
- [15] Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 : pp 234-281, 1977.
- [16] Saley M. B. Système d'informations à référence spatiale, discontinuités pseudo-images et cartographies thématiques des ressources en eau de la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 209 p, 2003.
- [17] Jourda J. P., Saley M. B., Djaoua E. V., Kouamé K. J., Biemi J., et Razack M. Utilisation des données ETM+ de Landsat et d'un SIG pour l'évaluation du potentiel en eau souterraine dans le milieu fissuré précambrien de la région de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) : approche par analyse multicritère et test de validation. *Revue de Télédétection*, 5 (4), pp 339-357, 2006.
- [18] Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 : pp 234-281, 1977.
- [19] El Morjani Z. Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale ; application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride (Souss, Maroc). *Thèse de Doctorat*, Université de Genève, Terre et Environnement, 42, 300 p, 2003.
- [20] Joerin F. Méthode multicritère d'aide à la décision et SIG pour la recherche d'un site. *Revue internationale de géomatique*, 5 (1), pp 37-51, 1995.

- [21] Savané I. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire) : apport de la télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale. Thèse de Doctorat d'Etat es-Sc. Nat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 398 p, 1997.
- [22] Martin J. L., Henry E., Boulemia C. et Masson F. X. Proposition d'outils de gestion et d'aide à la décision dans une moyenne collectivité locale : application à l'exploitation de la ressource en eau souterraine. *Acte de la journée d'études « Les territoires de l'eau »*, Université d'Artois, Arras, pp 74-82, 2004.
- [23] Koudou A., Adiaffi B., Assoma T.V. et al. Conception d'un outil d'aide à la décision pour la prospection des eaux souterraines en zone de socle du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicale*, 37, pp 211-226, 2013.
- [24] Koffi K. M., Yao K. T., Mobio A., Oga Y. M. S. Apport de l'analyse multicritère à la cartographie des zones favorables à l'implantation de forages dans la région de Gagnoa (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales*, 40, 4 : pp 327-344, 2016.
- [25] Langevin C., Pernel F. et Pointet T. Aide à la décision en matière de prospection hydrogéologique. L'analyse multicritère au service de l'évaluation du potentiel aquifère, en milieu fissuré (granite de Huelgoat, Finistère, France). *Revue scientifique et techniques, hydrogéologie*, 1 : pp 51-64, 1991.
- [26] Shankar R.M.N and Mohan G. Assessment of the groundwater potential and quality in the Bhatsa and Kalu river basins of Thane district, western Deccan Volcanic Province of India. *Environmental Geology*, 49: pp 990–998, 2006.
- [27] Savané I., Coulibaly K. M. et Gioan P. Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. *Sécheresse*, 12 (4) : pp 231-237, 2001.
- [28] Kouakou K. E. Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant de la Comoé (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Ghana, Mali). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan (Côte d'Ivoire), 186p, 2011.
- [29] Yao A. B., Goula B. T. A., Kouadio Z. A., Kouakou K. E., Kane A. et Sambou S. Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide. Cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 19 : pp 136-157, 2012.
- [30] N'go Y. A., Gone D. L., Savane I. et Goble M. M. Potentialités en eaux souterraines des aquifères d'Agboville (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) : Caractérisation hydro-climatique et physique. *Afrique SCIENCE*, 01 (1) : pp 127-144, 2005.
- [31] Dibi B. Cartographie des sites potentiels d'implantation des points d'eau dans le département d'Aboisso (Sud-est de la Côte d'Ivoire) : Apport du SIG et de l'analyse multicritère. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 164p, 2008.
- [32] Samake M. H., Laing Z. T., Ndoh M. W. I., Kasereka K., and Balogun W.O. Groundwater vulnerability assessment in shallow aquifers in Linfen Basin, Shanxi Province, China using DRASTIC model. *Journal of Sustainable Development*, 4 (1) : pp 53–71, 2011.
- [33] Napolitano P. et Fabbri A. G. Single-parameter sensitivity analysis for aquifer vulnerability assessment using DRASTIC and SINTACS. HydroGIS 96: application of geographic information systems in hydrology and water resources management (proceedings of the Vienna conference). *IAHS Publication*, 235: pp 559–566, 1996.

ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DE L'EXTRAIT METHANOLIQUE DES ECORCES DE *MANILKARA MABOKEENSIS*

WOROWOUNGA Xavier¹, LANGO-YAYA Ernest², NAMKONA Armel-Frédéric¹, BOULALA Patrice Firmin², SARAVOLIA Marinette², SYSSA-MAGALÉ Jean-Laurent¹, and KOFFI Boniface²

¹Laboratoire d'Architecture, d'Analyse et de Réactivité des Substances Naturelles (LAARSN),
Faculté des Sciences, Université de Bangui, Central African Republic

²Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique,
Ministère de la Santé Publique, Central African Republic

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

ABSTRACT: This study carried out on the methanol extract from the bark of the *Manilkara mabokeensis* plant, in order to determine the active principle and its effect on the strains of *Staphylococcus aureus*, *Shigella sp* and *Escherichia coli*. Two methods of antibiogram (dilution and diffusion) were used. The methanol of diffusion in solid medium (Mueller Hinton), induced growth inhibition diameter of 20mm, on *E. coli* and *Shigella sp*, respectively. However, the *S. aureus* strain multiplied around the plant extract disc. For the dilution method, the minimum inhibitory concentration was 0.07 for *E. coli* and 0.09 for *Shigella sp*. Therefore the extract of the plant was found to be active with a bactericidal effect for *E. coli* and bacteriostatic effect for *Shigella sp*. Chemical screening revealed the presence of tannins, flavonoids, the power and quinones. These results confirm the use of this plant to treat some cases of infections observed in the traditional workplace.

KEYWORDS: *Manilkara mabokeensis*, medicinal plants, screening chemical and antibacterial activity.

RÉSUMÉ: Cette étude réalisée sur l'extrait méthanolique des écorces de *Malnikara mabokeensis* dont l'objectif était de doser les familles chimiques et d'évaluer l'activité antimicrobienne sur les souches de *Staphylococcus aureus*, de *Shigella sp* et de *Escherichia coli*. Les deux méthodes d'antibiogramme (dilution et diffusion) ont été utilisées. La méthode de diffusion en milieu solide (Muller Hinton), avait induit des diamètres d'inhibition de croissance de 20mm sur *E. coli* et *Shigella sp*. Par contre, la souche de *Staphylococcus aureus* s'est multiplié autour de disque d'extrait de la plante. Pour la méthode de dilution, la concentration minimale inhibitrice a été de 0,07 pour *E. coli* et 0,09 pour *S. sp*. Par conséquent l'extrait de la plante s'est révélé actif avec un effet bactéricide pour *E. coli* et un effet bactériostatique pour *S. sp*. Le screening chimique a révélé la présence des tanins, des flavonoïdes, des saponosides et des quinones. Ces résultats confirment l'utilisation de cette plante pour le traitement de quelques cas d'infections observées en milieu traditionnel.

MOTS-CLEFS: *Malnikara mabokeensis*, plantes médicinales, screening chimique et activité antibactérienne.

1 INTRODUCTION

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité, pour soulager et guérir certaines pathologies infectieuses chez l'homme. Elles sont depuis une source habituelle de remèdes sous forme de préparations traditionnelles ou de principes actifs purs. Les produits naturels provenant des plantes offrent une nouvelle source d'activités biologiques qui ont un grand impact sur la maladie et la santé humaine.

En Afrique la majorité de la population a recours à la médecine traditionnelle pour leur besoin de santé primaire [1]. En République Centrafricaine, la médecine et la pharmacopée traditionnelle sont, en majeure partie, basées sur l'utilisation des plantes médicinales. Cependant, en tant que source de médicaments, les plantes restent encore sous exploitées. La majorité des plantes n'ont pas encore fait l'objet d'évaluations biologiques et chimiques approfondies.

Les antibiotiques depuis leurs apparitions sont restés le moyen privilégié de lutte contre ces infections bactériennes. En République Centrafricaine comme dans les autres pays en voie de développement, les maladies infectieuses d'origine bactériennes et parasitaires constituent un problème de santé publique à cause de leur fréquence et leur gravité. Pour lutter contre ces agressions microbiennes, les chercheurs du monde scientifique ont découvert de nombreux traitements, les antibiotiques pour soulager les patients [2].

Depuis leur apparition, les antibiotiques sont restés le moyen privilégié de lutte contre les infections bactériennes. Parmi ces nombreux antibiotiques les bêta-lactamines sont à l'heure actuelle les plus utilisées dans le monde entier et plus particulièrement dans les pays en voie de développement comme la République Centrafricaine. Elles le sont à un tel degré du fait de leur large spectre d'action, leur innocuité, leur efficacité et surtout leurs faibles coûts [3]. Cependant, du fait d'une utilisation anarchique, inadéquate et abusive des antibiotiques en santé humaine, on assiste aujourd'hui à l'émergence de bactéries multi-résistantes. De nombreux cas de multi-résistance ont été rapportés par la côte d'Ivoire et d'autres pays d'Afrique subsaharienne [4, 5].

Les inquiétudes liées aux développements des nouvelles souches bactériennes résistantes aux antibiotiques ont conduit à la recherche des nouvelles molécules bioactives. C'est dans ce contexte que cette étude a été menée, afin d'évaluer l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique des écorces de *Manilkara mabokeensis* (*M. mabokeensis*), plante utilisée dans la pharmacopée traditionnelle en République Centrafricaine.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL UTILISE

2.1.1 MATERIEL VEGETAL

Les écorces de *M. mabokeensis* ont été récoltées le 24 Mars 2018 à Boukoko dans la Lobaye en République Centrafricaine. L'échantillon a été séché à l'air libre au laboratoire et à température ambiante.



Fig. 1. Les feuilles et les écorces de *Manilkara mabokeensis*

2.1.2 MATERIEL BACTERIEN

Les souches bactériennes utilisées dans cette étude ont été reçues de l'unité de Bactériologie au Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique de Bangui. Ces souches ont été isolées à partir des selles des patients pour *Escherichia coli* (*E. coli*) et *Shigella sp* des urines des patients pour *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*).

2.2 METHODE

2.2.1 PREPARATION DE L'EXTRAIT VEGETAL

Les écorces sont séchées à la température ambiante. 15g des poudres d'écorces de la plante sont mélangées avec 50mL d'éther de pétrole. L'ensemble est placé sous agitation pendant 4 heures sans chauffage. La solution est filtrée et les résidus après filtration sont utilisés pour les extractions successives avec les autres solvants. Ceci respectivement dans l'ordre de polarité croissante de solvants utilisés (éther de pétrole<dichlorométhane<acétate d'éthyle<méthanol). La méthode de Bekir et al [6], est utilisée avec modification, afin d'extraire le maximum de composés. L'extrait méthanolique est utilisé pour les analyses phytochimiques et les activités biologiques.

2.2.2 SCREENING PHYTOCHIMIQUE

Les méthodes standards étaient utilisées avec modifications pour rechercher les familles chimiques. L'extrait a été testé qualitativement pour la présence des constituants chimiques comme les tanins, les saponosides, les flavonoïdes, les stéroïdes et les quinones [7, 8].

2.2.3 ACTIVITÉS ANTIBACTÉRIENNES

2.2.3.1 TESTE DE SENSIBILITÉ DE L'EXTRAIT VÉGÉTAL, MÉTHODE DE DIFFUSION

Nous avons pour ce teste utilisé la méthode de Toty [9] avec modification. Les disques de 4mm de diamètre étaient découpées puis déposés dans une boîte de pétri et stérilisés au four-Pasteur. Ces disques stérilisés étaient ensuite imbibés avec des solutions de l'extrait méthanolique de *M. maboensis* de différentes concentrations variant de 1,5; 1 et 0,5 mg/mL pendant 24 h. Des suspensions bactériennes ont été faites avec des souches bactériennes en phase exponentielle de croissance pour obtenir une concentration correspondante à 0.5 Mac farland standard. Concernant le milieu de culture, elle est préparée par inondation (Muller Hinton) suivi d'élimination du surnageant. Après une période de 10 minutes, les disques imprégnés de l'extrait méthanolique ont été déposés à la surface du milieu gélosé (la distance entre un disque et le rebord de la boîte = 15mm). Le contenu de la boîte de Pétri est incubée à 37°C pendant 24 h. La présence ou l'absence d'une zone d'inhibition fournit des informations sur l'activité antibactérienne de l'extrait vis-à-vis de chacune des souches microbiennes utilisées [10, 11]. Trois disques d'antibiotique ont été utilisés comme références [12].

2.2.3.2 TESTE DE SENSIBILITÉ DE L'EXTRAIT VÉGÉTAL, MÉTHODE DE DILUTION

PRÉPARATION DE L'INOCULUM

L'inoculum bactérien a été préparé à partir de colonies de moins de 24 h en bouillon Mueller Hinton (BMH). Un volume de suspension bactérienne de 0,1mL a été prélevé respectivement pour les souches de *E. coli* et *Shigella sp* et 1mL pour celles des souches de *S. aureus*. Ces suspensions ont été ajoutées à 10mL de BMH stérile dans des différents tubes pour chacune de ces germes. Cette suspension bactérienne réalisée est évaluée à environ 10^6 cellules/mL et constitue la dilution 10^0 ou le l'inoculum pur. La numération de l'inoculum a été réalisée selon la méthode de Toty et al [9].

PRÉPARATION DE LA GAMME DE CONCENTRATION DES EXTRAITS VÉGÉTAUX

A partir d'une solution d'extrait méthanolique de *M. maboensis* à 1,5mg/mL, nous avons obtenu deux solutions filles à 1 et 0,5mg/mL

DILUTION

La méthode de Toty [9] était utilisée avec modification. Quatre tubes à hémolyse contiennent chacun un volume de 1mL de l'inoculum pur. Ensuite, nous avons ajouté dans les 3 premiers tubes à hémolyse, 1mL d'extrait végétal des concentrations 1,5; 1 et 0,5mg/mL respectivement. Le 4^{ème} tube, qui a servi de témoin de croissance, a reçu 1mL de BMH stérile. Par conséquent, la concentration dans les tubes a été réduite de moitié du fait de la dilution volume/volume ainsi réalisée. Ces tubes ont été incubés à 37 °C pendant 24 h.

Pour la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et celle de la concentration minimale bactéricide (CMB), la méthode de Byumanine et al [10] était appliquée avec modification.

2.3 ANALYSES DES DONNÉES

Les résultats ont été traités à l'aide du logiciel Excel Version 2007 et Stata version 1,4. Certains résultats ont été exprimés en pourcentage.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RENDEMENT

Les rendements des extraits varient de 0,11 à 21,75%. L'extrait d'éther de pétrole, de chloroforme et d'acétate d'éthyle ont un rendement similaire. Nous notons que celui de l'extrait méthanolique qui est de 21,75% est plus élevé que les trois autres extraits (Figure 2). Les variations de rendements des extractions peuvent se justifier par l'effet de solvant et la nature des composés.

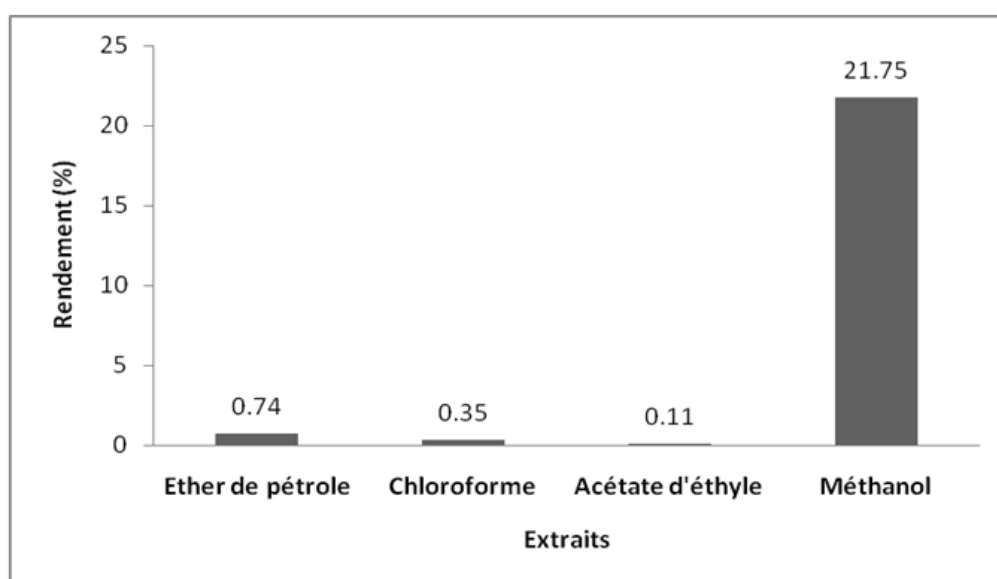


Fig. 2. Rendements d'extraction d'extrait d'écorces de *Manilkara mabokeensis*

3.2 SCREENING PHYTOCHIMIQUE

Les résultats de screening chimique ont révélé la présence des grands groupes de familles chimiques dans les extraits acétate d'éthyle et méthanol (Figure 3). Il s'agit des tannins, des flavonoïdes, des saponosides et des quinones (Tableau 1), à des proportions diverses. Cependant, on note l'absence de ces composés dans l'extrait d'éther de pétrole et de chloroforme. Aucune étude n'a été menée pour mettre en évidence la présence de ces familles chimie.



Fig. 3. Tests de coloration des extraits de *Manilkara maboqueensis*

Tableau 1. Résultat du screening phyto-chimique

Principe actif	Extraits des écorces de <i>Manilkara maboqueensis</i>			
	Ether de pétrole	Chloroforme	Acétate d'éthyle	Méthanol
Flavonoïdes	-	-	++	+++
Stéroïdes	++	-	-	-
Tannins	-	-	+	+++
Saponosides	-	-	++	+++
Quinones	-	-	++	+++

Légende:

+++ : Très abondant ;

++ : Présence ;

+ : Trace ;

- : Négatif.

3.3 RÉSULTAT DU TEST ANTIBACTÉRIEN

3.3.1 TEST DE SENSIBILITÉ

Les résultats consignés dans le tableau 2 ont montré que l'extrait au méthanol de *M. maboqueensis* a une bonne activité inhibitrice sur les souches bactériennes avec des diamètres d'inhibition supérieure ou égale à 10mm selon cette méthode de dilution. Les deux solutions de l'extrait méthanol de concentrations 1,5 et 1 mg/mL ont inhibé de manière similaire les souches de *E. coli* et de *Shigella sp* avec une zone d'inhibition de 20 mm (Tableau 2). Cependant, la souche de *S. aureus* a émis une résistance vis-à-vis de l'extrait méthanol, par conséquent il n'y avait pas de zone d'inhibition.

Les travaux menés *in vitro* par Okombe et al [13] ont mis en évidence l'efficacité des tanins contre les parasites intestinaux. Ce qui confère aux tannins les propriétés de lutter contre les infections bactériennes. L'utilisation des écorces de *M. maboqueensis* contre la diarrhée parasitaire pourrait être justifiée.

Tableau 2. Diamètre d'inhibition des disques imprégnés de l'extrait de *M. maboakeensis* des différentes souches bactériennes

Extrait et médicament témoins	Concentration	Diamètre de zone d'inhibition (mm)		
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Shigella sp</i>
Extrait méthanol	1,5mg/mL	0	20	20
	1mg/mL	0	20	20
	0,5mg/mL	0	0	0
Kanamicyne (KAN)	30µg	25	NR	NR
Cefotaxime (CTX)	30µg	NR	25	25

NR : non réalisé

Le rapport CMB/CMI (Tableau 3) a donné une valeur de 1,22 pour *E. coli* (effet bactéricide) et une valeur de 2,14 pour *Shigella sp* (effet bactériostatique). L'extrait au méthanol de *M. maboakeensis* s'est révélé le plus actif sur *E. coli* et *Shigella sp*, cela pourrait expliquer l'utilisation de cette plante par la population dans le cadre des troubles digestifs, des douleurs abdominales et des diarrhées parasitaires. Les germes tels que *E. coli* et *Shigella sp* sont des entérobactéries qui sont souvent à l'origine des gastroentérites et quelques maladies urogénitales. Cet extrait végétal n'a aucun effet sur la souche de *S. aureus*, cela pourrait s'expliquer pour le fait qu'il existe des antibiotiques qui agissent sur les bactéries à Gram négatif et d'autres sur des bactéries à Gram positif (Gram positif).

Comparativement à d'autres études réalisées en Côte d'Ivoire et au Cameroun sur quelques plantes médicinales testés sur quelques souches bactériennes, telles que l'extrait de *Maesopsis eminii* qui par contre avait présenté une bonne action sur les souches *S. aureus* [14]. Tandis que les souches de *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa* ont présenté une résistance vis-à-vis de cet extrait [10]. La littérature ne fait mention d'aucune étude antimicrobienne sur cette plante.

Tableau 3. Paramètres antibactériens de l'extrait méthanol

Germes	CMI (mg/mL)	CMB (mg/mL)	CMB/CMI	Extrait végétal
<i>E. coli</i>	0,09	0,11	1,22	<i>Manilkara maboakeensis</i>
<i>Shigella sp</i>	0,07	0,15	2,14	<i>Manilkara maboakeensis</i>
<i>S. aureus</i>	0	0	0	<i>Manilkara maboakeensis</i>

L'utilisation de *M. maboakeensis* dans la pharmacopée traditionnelle centrafricaine pourrait se justifier par la présence de certaines molécules bioactives.

4 CONCLUSION

Cette étude menée au Laboratoire d'Architecture, d'Analyse et Réactivité des Substances Naturelles (LAARSN) et au Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique a permis de mettre en évidence les presences de familles chimiques telles que les flavonoides, les tanins, les saponosides et les quinones et d'évaluer l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique de *M. maboakeensis* sur les souches identifiées. L'activité biologique, menée montre une bonne activité antimicrobienne de l'extrait acétate éthylique et méthanolique sur *E. coli* et *S. sp*. L'extrait méthanolique a un effet bactéricide sur *E. coli* et effet bactériostatique sur *Shigella sp*, Par contre la souche de *S. aureus* résiste à cet extrait végétal. Cette étude permet de justifier l'utilisation traditionnelle dans le traitement des infections microbiennes en République Centrafricaine.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Noë Landry M'BOUANA for its participation in the completion of this work.

REFERENCES

- [1] OMS, Stratégie de l'OMS pour la médecine Traditionnelle pour 2002-2005, 2002.
- [2] J. F. Yala, V. Ntsameso-Mve-Mba, Y. Azzizet Issembe, N. A. Lepengue, A. Souza, "Évaluation in vitro de l'activité antimicrobienne de l'extrait aqueux d'Eryngium foetidum récolté dans la ville de Franceville," Journal of Applied Biosciences. 103, pp. 9886– 9893, 2016.
- [3] D. M. Livermore and D. F. J. Brown, "Detection of β -lactamase-mediated resistance," Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 48 (1), pp. 59–64, 2001.
- [4] Guessennd N., Gbonon V.C, Tiekoura K. B., Kakou-N'douba A., Ouattara D.N., Boni-Cisse C., Dosso M., Évolution de la résistance bactérienne à l'imipénème en Côte d'Ivoire de 2005 à 2009. Colloque scientifique de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire: pathologies émergentes et biologie intégrative, p.7, 2009.
- [5] J. Davies, D. Davies, "Origins and Evolution of Antibiotic Resistance," Microbiology and Molecular Review. 74(3), pp. 417-433, 2010.
- [6] J. Bekir, M. Mars, J. P. Souchard, J. Bouajila, "Assessment of antioxidant, anti-inflammatory, anti-cholinesterase and cytotoxic activities of pomegranate (*Punica granatum*) leave," Food Chem Toxicol 55, pp. 470–475, 2013.
- [7] J. Parekh, S. Chanda, "In vitro Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis of Some Indian Medicinal Plants," Turk J Biol, 31, pp. 53-58, 2017.
- [8] Trease, G. E., Evans, W. C., Pharmacognosy, 15th Ed. Saunders: pp. 214-393, 2002.
- [9] A. A. Toty, N. Guessennd, C. Bahi., A. M. Kra, D. A. Otokore et M. Dosso "Évaluation *in-vitro* de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes," Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 82, pp. 12–21, 2013.
- [10] J. R. Byumanine, Ntabaza, D. Kwibe Mayunga, M. Bwami Musombwa, M. T. Flesi Nshobole et D. Kaishusha Mboni, "Screening phytochimique et évaluation de l'activité anti-diarrhéique des extraits aqueux et éthanoïques de *leucas martinisensis*: une plante médicinale du bush," International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 34 (2), pp. 70-78, 2018.
- [11] Faucher, J. L., Avril, J. L., Bactériologie générale et médicale. Tome 1, Ellipses. Ed, Paris, p. 214, 2002.
- [12] CASFM, Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie, recommandations 2010, Paris (France), p.50, 2010.
- [13] V. E. Okombe, T. Mbumba, C. S. Pongombo, "Efficacité antiparasitaire de la poudre de graines de courge (*Cucurbita moschata* L.) sur les helminthes gastro-intestinaux de la chèvre locale élevée à Lubumbashi en République Démocratique du Congo," Int. J. Biol. Chem. Sci, 7(3), pp. 953-960, 2013.
- [14] K. Ananil, J. B. Hudson, C. Souzal, K. Akpaganal, G. H. N. Towe, J. T. Amason and Gbeassor "Investigation of medicinal plants of TOGO for antiviral and antimicrobial activities," Phannaceutical Biology 38 (1), pp. 40-45. 2000.

La politique de distribution des moustiquaires : Attitudes et pratiques de la femme en République Démocratique du Congo

[Distribution's policy of mosquito nets : Attitudes and practices of women in Democratic Republic of Congo]

KALAM KAMB

Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, RD Congo

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

ABSTRACT: The malaria is one among the major problems of public health in Democratic Republic of Congo (DRC). We can notice today that even though the progress observed in the struggle against this curse and the important means placed at disposal by the international community, some big gaps exist as for the results of land between regions through the world, the countries and even of the meaningful differences inside a same country. The national strategic plans 2016-2020 of the RDC plan a stratification of the malaria for a differentiation of interventions according to the strata.

Our study is the descriptive and analytic type survey has the object to show the difference of behavior in the use of the MILD in the sanitary districts covered by the PARSS/RDC project. to achieve this survey, we used the data collected by the PARSS project. Among the individuals interviewed at the time of this investigation, we kept the women old 15-49 years of the health areas sampled for the investigation.

The results show that among the factors of stratifications that discriminate the sanitary districts better, one can mention the natural gates making difficult the geographical accessibility in some zones; the lack of adequate infrastructures for the circulation of goods and people.

For achieving the struggle better against the malaria in a vast country as in Democratic Republic of Congo (DRC) , with a diversity of biodiversity and culture, a stratification of the needs and the policies of approach can drive to the results.

KEYWORDS: Malaria, impregnated mosquito net, Stratification, sanitary District, use, Democratic Republic of Congo.

RÉSUMÉ: Le paludisme est l'un parmi les problèmes majeurs de santé publique en République Démocratique du Congo (RDC). On peut aujourd'hui constater que malgré le progrès observé dans la lutte contre ce fléau et les moyens importants mis à disposition par la communauté internationale, il existe des grands écarts quant aux résultats de terrain entre des régions à travers le monde, les pays et même des différences significatives à l'intérieur d'un même pays. Le plan stratégique national 2016-2020 de la RDC prévoit une stratification du paludisme pour une différenciation des interventions selon les strates. Notre étude de type descriptive et analytique a pour objet de montrer la différence de comportement dans l'utilisation des MILD dans les districts sanitaires couverts par le projet PARSS/RDC. Pour réaliser cette étude, nous nous sommes servis des données collectées par le projet PARSS. Parmi les individus interviewés lors de cette enquête, nous avons retenu les femmes âgées de 15-49 ans.

Les résultats montrent que parmi les facteurs de stratifications qui discriminent mieux les districts sanitaires, on peut citer les barrières naturelles rendant difficile l'accessibilité géographique à certaines zones; le manque d'infrastructures adéquate pour la circulation des biens et des personnes.

Pour mieux réaliser la lutte contre le paludisme dans un pays aussi vaste que la RDC, avec une diversité de biodiversité et de culture, une stratification des besoins et des politiques d'approche peut conduire aux meilleurs résultats.

MOTS-CLEFS: Paludisme, Moustiquaire imprégnée, Stratification, District sanitaire, utilisation, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Le paludisme reste encore une maladie parmi les plus meurtrières dans plusieurs régions du monde, particulièrement en Afrique et surtout l'Afrique subsaharienne. Le rapport de l'OMS sur le paludisme dans le monde en 2017 lance une sonnette d'alarme et souligne le fait que les espoirs fondés autrefois sur les moyens importants mis à contribution pour la lutte contre le paludisme, la diminution des cas de paludisme et des décès consécutifs tendent à diminuer aujourd'hui à travers le monde [1]. Dans le même rapport, il est montré que c'est la région OMS-Afrique qui supporte un grand poids de la charge mondiale du paludisme. 90% des cas de paludisme et 91% des décès dus à cette maladie sont survenus dans cette Région, En 2016. En République Démocratique du Congo (RDC), on estime à 22 640 000 avec un intervalle de confiance de 14 280 000 à 35 900 000 le nombre des cas rapportés et 60 500 avec un intervalle de confiance de 50 100 à 70 800 le nombre des décès, en 2016.

Le plan stratégique national 2016-2020 de lutte contre le paludisme, de la RDC, prévoit une nouvelle stratification du paludisme établie en fonction de la prévalence parasitaire avec différenciation des interventions selon les strates [2].

En RDC, le paludisme est et reste encore un véritable problème de santé publique, qui touche plusieurs familles (97%) vivant dans les zones à paludisme stable caractérisé par les faciès équatorial et tropical. Le coût financier et économique que doit supporter la population est tel qu'il plonge dans un cercle de pauvreté une population déjà très pauvre. Le paludisme est essentiellement une maladie de la pauvreté, qui touche beaucoup plus la population vivant dans les milieux ruraux, où il n'existe généralement pas de l'énergie électrique, les maisons souvent mal construit et non éclairées deviennent des repaires des anophèles[3]. On estime à plus de 70% les ménages Congolais qui vivent dans la pauvreté ; plus de 50% des personnes vivent avec moins de 1\$ Américain par jour et par personne [4] [5]. En matière de santé la charge est supportée à 40% par les ménages, ce par un paiement direct à 93,7% [6].

Du point de vue de l'organisation de la lutte contre le paludisme, le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) est un programme de santé spécialisé rattaché au ministère de la santé avec des bureaux de coordination au niveau de chaque Direction provinciale de la santé [7].

Pour mieux comprendre le rapport entre le facteur environnement ou mieux la nature sur la santé, signalons que la République Démocratique du Congo comprend principalement trois climats : un climat tropical, qui domine particulièrement l'ex-province du Katanga, avec 5 à 7 mois de pluie par an. Un climat équatorial qui couvre la cuvette centrale avec parfois une pluviosité dépassant 2000 mm par an, 8 à 12 mois de pluie par an avec la température la plus élevée à 40°, ce climat couvre la majeure partie du pays. Un climat de montagne qui domine l'Est de la RDC. Cette différence de climat à travers le pays est telle que l'existence des gîtes larvaires de moustiques est accentuée dans les contrées où il pleut régulièrement. Les activités de moustiques dépendent aussi de la température caractéristique du milieu [8] [9].

Le plan national de développement sanitaire PNDS 2011-2015 reconnaît la grande difficulté d'accès à certaines populations en RDC, difficultés liées à l'existence d'une diversité géographique, culturelle et du niveau de développement économique à travers la république [10]. En termes d'activités économiques, notons que la diversité des cultures et de contexte géographique déterminent souvent l'impact de l'homme sur son environnement. A ce propos, plusieurs études soulignent que les comportements ou activités humaines peuvent déterminer la présence et l'importance des anophèles dans une région donnée et par conséquent influencer la transmission du paludisme [11], [12], [13].

Les considérations ci-dessus nous conduisent à penser qu'il existerait des différences significatives sur le comportement des populations et donc à proposer que les politiques de lutte contre le paludisme soient définies en tenant compte des conditions locales de chaque district sanitaire et/ou en faisant une stratification de la population en fonction des certains critères de ressemblance entre districts sanitaires.

Dans la lutte contre le paludisme, un accent particulier est mis sur la protection de la femme enceinte et de l'enfant de 0 à 5 ans, considérés comme personnes vulnérables et payant généralement un lourd tribut en termes de morbidité et mortalité. Une femme enceinte non protégée contre le paludisme court des risques énormes d'anémie pour elle-même et pour son bébé et peut entraîner une insuffisance pondérale à la naissance [14]. Cette lutte s'effectue soit à travers la défense naturelle du corps contre le plasmodium sous forme d'immunité naturelle ou immunité acquise, soit par des stratégies mises en place par l'homme pour sa défense contre les vecteurs et contre la maladie. Actuellement, la lutte contre les vecteurs se fait en adoptant les stratégies suivantes :

- L'assainissement du milieu;
- L'épandage intra domiciliaires des insecticides à effet rémanents;
- L'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides (MII ou MILD).

L'assainissement du milieu reste la meilleure stratégie, elle implique davantage la participation de tous dans l'élimination des gîtes larvaires. Cependant elle exige de la part de la population, l'adoption régulière de certains comportements et d'une

certaine culture appropriés. L'éducation permanente de la population et la mise en place, par l'Etat des ressources suffisantes pour maintenir les milieux de vie salubres. On peut constater malheureusement que nos villages et villes en RDC sont, pour la plupart insalubres et des véritables dépotoirs des immondices ne disposant aucun programme véritable d'assainissement. La part du budget national affectée à la santé vaut à peine 4,2%, soit 0,7% du PIB en 2013 ; le taux d'exécution ne dépassant pas 60% [15].

La politique d'épandages intra domiciliaire des insecticides, en plus d'être plus onéreuse pour des familles ayant un très faible revenu, rencontre actuellement le problème de la résistance du plasmodium contre certains insecticides tels les pyréthrinoides [16]. Cependant elle est plus efficace si bien planifiée car elle élimine à grande échelle les vecteurs.

La distribution et l'utilisation de la moustiquaire imprégnée est à ce jour la stratégie la plus utilisée à travers le monde et particulièrement en RDC. La distribution des moustiquaires se fait par des campagnes de distribution de masse ou par la distribution de routine à travers les services scolaires ou la CPN. Toutefois il a été observé que le fait d'avoir une moustiquaire ne signifie pas forcément qu'elle soit effectivement utilisée à se protéger contre les piqûres et la maladie [17].

Nous nous proposons de montrer par cette étude, la différence de comportement dans l'utilisation des MILD dans les districts sanitaires couverts par le projet PARSS/RDC, nous allons rapprocher les districts ayant un comportement « statistiquement » similaires, afin de fournir des strates pouvant orienter le suivi et contrôle des activités de terrains.

2 OBJECTIFS

2.1 OBJECTIF PRINCIPAL

Evaluer l'influence du « District sanitaire » dans la protection de la femme contre le paludisme, en rapport avec l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide de longue durée (MILD).

2.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Déterminer les districts sanitaires présentant le même comportement quant à l'utilisation de la moustiquaire imprégnée.
- Élaborer un modèle explicative de l'utilisation de la moustiquaire MILD.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODE

3.1 POPULATION ÉTUDIÉE

Les données faisant objet de l'analyse dans ce présent travail ont été collectées dans les neuf districts sanitaires cibles du Projet d'Appui à la Réhabilitation des Structures Sanitaires (PARSS) ; à savoir : N'djili, Maindombe, Plateau, Mbandaka/Equateur, Mongala, Tshuapa, Sud Maniema, Haut Katanga, Lualaba.

Les individus interviewés lors de la collecte sont les chefs de ménages, les femmes âgées de 15-49 ans, les mères ou gardes des enfants de moins cinq ans qui résident habituellement dans les ménages des aires de santé échantillonnées pour l'enquête.

3.2 PÉRIODE D'ÉTUDE

Les données faisant objet de cette étude ont été collectées du 16 janvier au 16 février 2014

3.3 TYPE D'ÉTUDE

Nous avons fait une étude transversale descriptive et analytique.

3.4 ANALYSES STATISTIQUES

Nous avons cherché à déterminer l'influence du district sanitaire sur l'utilisation des moustiquaires MILD chez les femmes de 15 à 49 ans. L'analyse factorielle de correspondance multiple (AFCM) et la régression logistique nous ont permis de mettre en évidence la discrimination entre districts sanitaires d'une part, et de déterminer la part de l'influence du district sanitaire dans l'utilisation des MILD d'autre part.

Les logiciels de traitement des données statistique SPSS.20 et TANAGRA ont été mis à profit pour les différentes analyses statistiques.

4 RESULTATS

Les caractéristiques des femmes de 15 à 49 ans, résidant dans les districts sanitaires couverts par la structure PARSS, ayant fait partie de l'échantillon observé selon l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide, sont données dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques de l'utilisation de MILD

Caractéristiques		Avez-vous dormi sous une moustiquaire		p
		Oui	Non	
DISTRICTS				
	N'djili	69,3%	30,7%	
	Maindombe	55,7%	44,3%	
	Mbandaka/Equateur	63,5%	36,5%	
	Mongala	83,6%	16,4%	
	Tshuapa	51,2%	48,8%	
	Sud Maniema	36,4%	63,6%	
	Haut Katanga	68,0%	32,0%	
	Lualaba	66,7%	33,3%	0,000 S**
NIVEAU D'ETUDE				
	Aucun	60,7%	39,3%	
	Primaire	64,3%	35,7%	
	Secondaire	60,4%	39,6%	
	Supérieur	63,7%	36,3%	0,012 S*
ETRE MARIEE				
	Oui	65,2%	34,8%	
	Vit avec un homme	61,4%	38,6%	
	Non	53,3%	46,7%	0,000 S**
ETRE ENCEINTE				
	Oui	62,9%	37,1%	
	Non	61,7%	38,3%	0,44 NS
S'ETRE ACCOUCHEE AUCOURS DE 12 DERNIERS MOIS				
	Oui	67,0%	33,0%	
	Non	60,5%	39,5%	0,000 S**

S* : faible signification $0,001 < p < 0,05$

S** : très significatif $p < 0,001$

NS : non significatif $p > 0,05$

Les résultats obtenus montrent qu'il existe une association statistiquement significative entre les modalités des variables considérées et le fait de dormir ou non sous moustiquaire. Par ailleurs, le district sanitaire de Mongala est de loin supérieur (83,6%) en nombre des femmes de 15 à 49 ans ayant passé nuit sous moustiquaire la veille de l'enquête, tandis que le district du Sud Maniema présente la proportion la plus faible de tous les districts (36,4%). Le niveau d'étude des femmes considérées dans l'échantillon présente une faible association avec l'utilisation de moustiquaire MILD; ce qui laisse présager que chez les femmes observées le niveau d'étude n'influence pas significativement leur comportement en rapport avec l'utilisation de la moustiquaire.

Le fait d'être mariée ou non ou de vivre avec un homme influence significativement la décision de dormir régulièrement sous moustiquaire. Les résultats montrent que la grande majorité des femmes mariées (65,2%) ou vivant avec un homme (61,4%) dorment régulièrement sous moustiquaire.

Il n'existe pas une association statistiquement significative entre le fait de dormir régulièrement sous moustiquaire et celui d'être enceinte. Ce constat est plutôt surprenant quand on imagine la politique de distribution gratuite de moustiquaires aux femmes enceintes à travers les services de CPN ; il se pose à ce propos des questions réelles sur l'effectivité de la distribution

gratuite des moustiquaires, le problème de disponibilité de stocks des moustiquaires, ou alors une aversion particulière des femmes enceintes à l'égard de la moustiquaire. Nous constatons cependant que les femmes qui s'étaient accouchées au cours de 12 derniers mois précédant l'enquête avaient majoritairement dormi sous moustiquaire (67%). Ce comportement loin d'être surprenant, signifierait plutôt le désir des mères de protéger leur bébé contre les piqûres des moustiques.

Dans ce comportement global, par rapport à l'utilisation de la moustiquaire, nous avons aussi cherché à vérifier s'il existerait un rapprochement entre les districts sanitaires présentant des caractéristiques plutôt semblables. Il s'agirait alors d'obtenir des strates de districts pouvant être considérés comme semblables et pouvant jouir des mêmes stratégies d'approches en rapport avec des politiques de sensibilisation ou des campagnes de distribution de routine ou de masse. La figure (1) suivante présente le résultat de l'analyse de données observées, par l'Analyse de Correspondance Multiple.

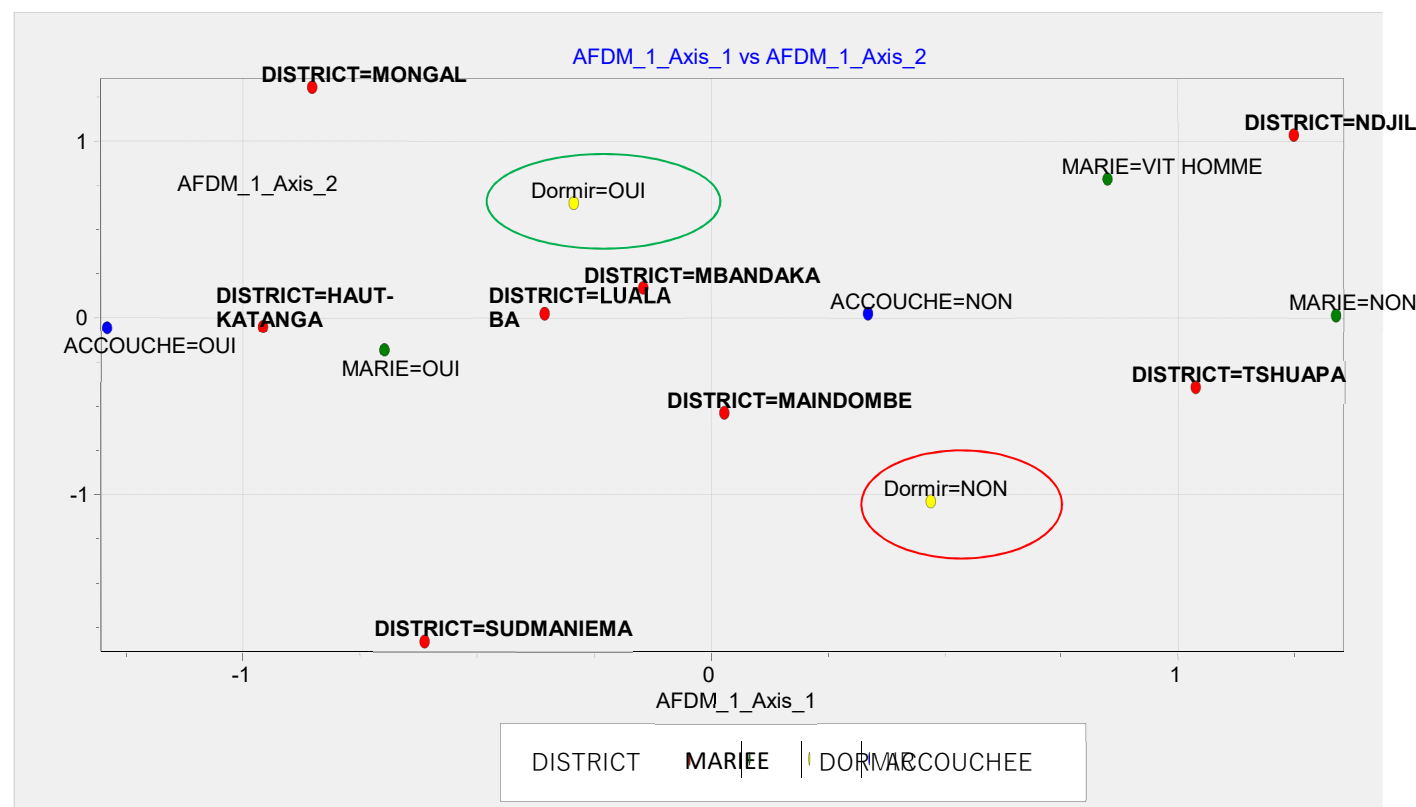


Fig. 1. Structure de rapprochement des districts sanitaires en rapport avec l'utilisation des moustiquaires.

Il ressort du graphique ci-dessus que l'on peut grouper les districts sanitaires en deux groupes principaux, selon leur comportement quant à l'utilisation de la moustiquaire.

- Les districts : SUD-MANIEMA, MAINDOMBE, TSHUAPA caractérisés par la « non utilisation de la moustiquaire », c'est-à-dire que la grande majorité des femmes dans ces districts n'avaient pas dormi sous moustiquaire la nuit avant le passage des enquêteurs.
- Le groupe formé par : LUALABA, MBANDAKA, NDJILI, HAUT KATANGA et MONGALA.

Parmi les districts, chez qui l'on a constaté l'utilisation de la moustiquaire, on peut cependant noter une différence sensible entre le Haut-Katanga et Mbandaka. La Mongala est très différente des autres districts et s'oppose extrêmement du district de Sud-Maniema.

Nous avons approché le responsable des enquêtes pour quelques renseignements à ce sujet, il ressort de notre entretien que parmi les facteurs pouvant justifier le regroupement des districts, nous distinguons notamment :

- La difficulté d'accessibilité géographique à certaines aires de santé rurales, tels dans les districts sanitaires de Sud-Maniema, Maindombe et Tshuapa, pose d'énormes problèmes de suivi de terrain pour les superviseurs et autres partenaires.

- D'autre part, les autres districts de santé tels Lualaba, Mbandaka, N'djili, Haut Katanga et Mongala disposent d'une infrastructure adéquate pour la circulation des personnes et des biens. Cette disposition facilite le contact entre la population et le personnel de santé, une certaine fluidité dans la circulation de l'information entre les centres urbains et les milieux ruraux.

Nous avons retenu dans le modèle d'ajustement les variables ayant présentées une association statistiquement significative avec la variable expliquée « Avoir dormi sous moustiquaire ». Ces variables sont:

- « Statut matrimonial de la femme », avec trois modalités : Oui, Non ou Vit avec un homme.
- « Niveau d'étude », avec quatre modalités à savoir : Primaire, Secondaire, Supérieur ou Sans niveau.
- « S'être accouchée au cours de 12 derniers mois avant l'enquête », avec comme modalité : Oui ou Non.
- « District sanitaire de résidence », avec 8 modalités : N'djili, Sud Maniema, Mongala, Tshuapa, Mbandaka/Equateur, Haut Katanga, Lualaba, Maindimbe.

Le modèle réduit n'a retenu en définitive que trois prédicteurs : le District, le statut matrimonial et le fait de s'être accouchée au cours de 12 derniers mois. Ces prédicteurs retenus sont statistiquement significatifs et expliquent, pour les femmes de 15 à 49 ans, leur comportement en rapport avec l'utilisation de la moustiquaire.

Tableau 2. Paramètres du modèle de régression.

	A	Sig.	Exp(B)	IC pour Exp(B) 95%	
				Inférieur	Supérieur
Niveau étude		,000			
Niveau étude(1)	,154	,380	1,166	,827	1,644
Niveau étude(2)	-,132	,454	,876	,620	1,239
Niveau étude(3)	,118	,490	1,125	,805	1,571
Etat matrimonial		,000			
Etat matrimonial (1)	,296	,000	1,344	1,166	1,549
Etat matrimonial (2)	-,312	,000	,732	,626	,856
District sanitaire		,000			
District sanitaire (1)	,619	,000	1,858	1,535	2,249
District sanitaire (2)	,610	,000	1,841	1,523	2,226
District sanitaire (3)	,073	,425	1,076	,899	1,286
District sanitaire (4)	,378	,000	1,459	1,228	1,734
District sanitaire (5)	1,491	,000	4,442	3,630	5,436
District sanitaire (6)	,780	,000	2,181	1,830	2,599
District sanitaire (7)	-,825	,000	,438	,366	,524
S'être accouchée(1)	-,225	,000	,798	,705	,905
Constante	,172	,408	1,187		

Source : SPSS.20

Le modèle d'ajustement obtenu nous permet de classer correctement nos individus à 66,6%, ce qui du reste est très bon.

L'ajustement à ce modèle renseigne aussi que le « niveau d'étude » n'influence pas significativement le fait de « dormir ou non sous moustiquaire ». Les autres prédicteurs : statut matrimonial, District sanitaire, S'être accouchée au cours de 12 derniers mois, sont statistiquement significatif dans le modèle. Par rapport aux femmes vivant en "union libre" avec un homme, Les femmes mariées ont 0,296 fois plus de chance de dormir sous moustiquaire, et les femmes non mariées 0,312 fois moins de chance de dormir sous moustiquaire.

Les femmes ayant accouché les 12 derniers mois ont 0,798 fois plus de chance de dormir sous moustiquaire par rapport à celle qui ne se sont accouchées pendant la même période.

Comparées aux femmes du district sanitaire de la Tshuapa, Les femmes des districts sanitaires de Haut-Katanga, Lualaba, Maindombe, Mbandaka, Mongala et N'djili, ont respectivement 1,857 fois ; 1,840 fois, 1,075 fois, 1,459 fois, 4,441fois, et 2,181 fois plus chance dormir sous moustiquaire. Les femmes du district sanitaire de Sud-Maniema ont par contre 0,438 fois moins de chance de dormir sous moustiquaire comparées à celles de Tshuapa.

5 DISCUSSION

L'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide est la stratégie de lutte contre le paludisme, privilégiée à travers le monde en général, dans les pays pauvres endémiques et particulièrement en RDC. Plusieurs études ont souligné l'existence d'un écart entre le fait de disposer d'une moustiquaire et de l'utiliser effectivement à la lutte contre la malaria et le vecteur du paludisme [18] [19].

L'analyse des données collectées par le « Projet d'Appui à la Réhabilitation des Structures Sanitaires » (PARSS) nous a permis de voir qu'environ 62% des femmes interrogées dorment régulièrement sous moustiquaire, ou pour être plus précis, avaient passé nuit sous moustiquaire la nuit d'avant le passage des enquêteurs. Ce taux d'utilisation cache cependant la différence des contextes géographiques, socio-économiques et culturels caractéristiques de la population Congolaise vivant dans des districts sanitaires aussi différents.

Parmi les facteurs associés à l'utilisation de la moustiquaire (MILD), les plus significatifs que nous avons retenus sont :

- « résider dans un district sanitaire » : cette association montre la différence de comportement entre les districts observés en ce qui concerne l'utilisation de la moustiquaire. On peut noter par exemple que contrairement à ce que l'on peut constater dans les autres districts, dans le district sanitaire du Sud Maniema le taux d'utilisation de moustiquaire est très faible (36,4%). On peut soupçonner une défaillance dans le système de distribution des MILD, une rupture probable de stocks.

Dans le PNDS 2016-2020, le ministère de la santé souligne parmi les problèmes majeurs liés à la lutte contre le paludisme, les ruptures fréquentes et prolongées d'antipaludiques et l'absence de pérennisation de la distribution des MILD en routine [15].

L'étude faite par Ulrich Thomas Bakedeck sur les femmes enceintes au Cameroun a obtenu aussi une association statistiquement significative entre la résidence et l'utilisation de la moustiquaire, en ce qui concerne les zones urbaines et rurales [20].

- « être actuellement mariée » : les femmes mariées ou celles vivant avec un homme ont plus de chance de passer nuit dans une MILD. Cette association montre l'apport de l'homme dans la décision de l'utilisation des MILD dans la famille et pourrait suggérer l'importance d'associer le couple dans la sensibilisation même si la distribution de routine se fait à la CPN. Les agents communautaires se chargeraient par exemple de déposer les moustiquaires à domicile, après un bref entretien avec le couple.
- « le niveau d'étude » : nos résultats montrent que ce facteur n'explique pas significativement l'utilisation de la moustiquaire chez la femme de 15 à 49 ans. L'étude de Morongo Kanyande faite dans l'aire de santé 8^e CEPAC Walikale (RDC), celle de Dr Kimou dans le district sanitaire de Jacquerville (Côte d'Ivoire) et Ulrich arrivent à la conclusion différente de la nôtre. Nous pensons que cette différence proviendrait du fait ces différentes études ont été menées sur des espaces géographiques très restreints.
- « avoir accouché au cours de ces 12 derniers mois » : nous avons observé que l'état de grossesse n'était pas associé à l'utilisation de MILD. Nous remarquons cependant que les femmes ayant accouché au cours de 12 derniers mois utilisent significativement les MILD. Nous pouvons dire qu'en majorité, les femmes sont conscientes du besoin de protection de leurs enfants.

Nous avons reconnu la diversité de climat et de l'écosystème de la République Démocratique du Congo, une différence de cultures et de niveau de développement des populations. Le regroupement des districts sanitaires montre que même les districts sanitaires présentant le même climat et écosystème, n'appartiennent pas forcément dans le même regroupement. Ceci laisse présager qu'au-delà des facteurs environnementaux et culturels, existe des problèmes d'ordre organisationnel, en matière de lutte contre le paludisme et dans notre système de santé en générale.

6 CONCLUSION

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur l'utilisation des MILD, par les femmes, dans la lutte contre le paludisme. Cependant ces facteurs n'agissent pas de la même façon, avec la même intensité dans tous les districts sanitaires. Pour rapprocher le centre de décision (PNLP) des bénéficiaires (populations), chaque district devait définir sa politique de lutte contre le paludisme, en tenant compte de ses contraintes géographiques, socioéconomiques et culturelles. Le ministère de la santé comme organe centrale disposerait d'une cartographie des besoins des districts et peut rationner les moyens disponibles et les apports financiers des partenaires et diligenter un contrôle sur l'utilisation des ressources mises à disposition. De cette

manière nous pensons que le niveau provincial serait plus responsable et répondrait des résultats et des politiques menés sur terrain au niveau périphérique.

REFERENCES

- [1] OMS, " rapport sur le paludisme dans le monde 2017 " Disponible sur www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2017/fr/
- [2] Ministère de la santé, "rapport annuel 2016 des activités de lutte contre le paludisme ", *PNLP/RDC*, 2017.
- [3] J.Mouchet : vecteurs et facteurs d'environnement du paludisme, *Paris, transfus clin.bio.1*, 1999
- [4] OMS : *Statistiques sanitaires mondiales 2011*. OMS, Genève, 2012
- [5] Ministère du Plan, "Document de Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté – DSCR 2 2011-2015 " , *Rapport du FMI* No. 13/226
- [6] J. Manzambi Kiwekita, "comment alléger la charge des ménages dans le financement de la santé dans les pays du Sud : résultats des CNS en RD Congo ". *Université de Liège*, 2014
- [7] Ministère de la santé Publique : Projet de politique nationale de lutte contre le paludisme, *Kinshasa/RDC*, 2014
- [8] Martens WJ, Niessen LW, Rotmans J, Jetten TH, McMichael AJ.1995. Potential impact of global climate change on malaria risk. *Environmental health perspectives* 103: 458-64
- [9] Dale P., Knight J. 2008. Wetlands and mosquitoes: *a review*, *Wetlands Ecology and management* 16: 255-76).
- [10] Ministère de la santé, "Plan National de Développement, PNDS 2011-2015 " , RDC, 2010. Disponible sur : www.nationalplanningcycles.org/.../Democratic%20Republic%20of%20Congo/pnds
- [11] GASANA Guillaume, KAKOMA J. Baptiste, Impact des exploitations commerciales des zones marécageuses sur la transmission du paludisme. Ecole de Santé, Université Nationale du Rwanda : Disponible sur : www.nur.ac.rw
- [12] Hernández-Avila JE, Rodríguez MH, Betanzos-Reyes AF, et al. 2006. « Determinant factors for malaria transmission on the coast of Oaxaca State, the main residual transmission focus in Mexico ». *Salud Pública de México* 48 (5): 405-417.
- [13] Mahande, A., F. Mosha, J. Mahande, et E. Kweka (2007), « Feeding and resting behaviour of malaria vector, *Anopheles arabiensis* with reference to zooprophylaxis », *Malaria Journal*, 6, p.100
- [14] J. Losimba Likwela, U. d'Alessandro, B. Labama Lokwa, E. Mugisha Sorongane, G. Gasana, J. B. Kakoma, M. Dramaix Wilmet : Effet du traitement préventif intermittent (TPI) de la femme enceinte à la sulfadoxine- pyriméthamine (SP) sur le poids de naissance des enfants dans un milieu à résistance élevée du *Plasmodium falciparum* à la SP à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC), *Revue Médicale Rwandaise* Dec. 2010, Vol. 68 (4))
- [15] Ministère de la Santé Publique : Plan National de Développement Sanitaire (PNDS) 2016-2020 : RDC 2016
- [16] Bertin Zawadi Musaka, Kayeye Bahizire, Chihire Barhakana, et al. " Détermination de la résistance des *Anophèles gambiae* vis-à-vis de quelques insecticides à Lwiro et ses environs", *JISR*.Vol. 10 No. 2 Oct., pp. 324-328
- [17] SINGH M., BROWN G. et ROGERSON S.J. 2013, " Ownership and use of insecticide-treated nets during pregnancy in sub-Saharan Africa" A review , *Malaria Journal*, 12, 268.
- [18] Murongo Kanyande Aimé, Twaha Mizaba Amisi, "Evaluation de l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide dans l'aire de santé 8^e CEPAC WALIKALE " *Annales de l'UNIGOM*. Vol VII, n° 1. 2017
- [19] Kimou Jean Philippe : "Evaluation de l'utilisation des moustiquaires Imprégnées à Longue durée d'action 21 mois après leur distribution dans le district sanitaire de Jacqueline en côte d'Ivoire ", *Université de Cocody Abidjan*, 2010.

Evaluation des indicateurs de surveillance par analyse vibratoire : Application aux engrenages et roulements

Abdelhakim Boukar¹ and Nacer Hamzaoui²

¹Département de Génie Mécanique, Institut National Supérieur des Sciences et Techniques d'Abéché - INSTA,
BP 130 Abéché, Tchad

²Département de Génie Mécanique Conception, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France

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

ABSTRACT: In this paper, we evaluate several criteria of vibration analysis signal in the temporal field. The objective is to evaluate their ability to detect a single or multiple fault, their ability to evaluate the severity of a bearing fault, and their ability to detect sound gearing or faulty gearing in different fault configurations created on the gear and bearing mounted on an experimental test stand. In order to evaluate the robustness of each criterion, operating parameters of the machines are taken into account in the experimental design to carry out tests under various conditions of use of the machine. We take into account parameters such as speed and load that we experiment different values to determine their influences on the criteria studied. If we identify the criterion under these conditions, then it is very likely that this is the appropriate criterion to detect the type of defect involved.

KEYWORDS: Monitoring, vibration analysis, fault detection, scalar indicators.

RESUME: Dans ce document, nous évaluons plusieurs critères d'analyse des signaux de vibrations dans le domaine temporel en vue d'évaluer leur capacité à détecter un défaut simple ou multiple, leur capacité à évaluer la gravité d'un défaut de roulement, et encore leur capacité à détecter un engrenement sain ou un engrenage défectueux dans différentes configurations de défauts créés sur l'engrenage et sur le roulement montés sur un banc d'essai expérimental. Dans l'optique d'évaluer la robustesse de chaque critère, des paramètres de fonctionnement des machines sont pris en compte dans le plan d'expériences pour réaliser des essais dans des conditions variées d'utilisation de la machine. Nous prenons en compte des paramètres tels que la vitesse et la charge que nous expérimentons différentes valeurs pour déterminer leurs influences sur les critères étudiés. Si l'on identifie le critère dans ces conditions, il est alors fort probable que c'est le critère approprié pour détecter le type de défaut concerné.

MOTS-CLEFS: Surveillance, analyse vibratoire, détection de défauts, indicateurs scalaires.

1 INTRODUCTION

La maintenance conditionnelle est efficace et indispensable pour maintenir les machines en état de fonctionnement et permet d'augmenter la productivité. Elle consiste à surveiller la machine à partir des données prélevées régulièrement et analysées, afin d'intervenir au moment opportun pour éviter un incident. Elle se base sur plusieurs méthodes d'analyses scientifiques et techniques qui sont par exemple l'analyse vibratoire [1], l'analyse d'huile [2], la thermographie infrarouge ou encore par la perception sonore [3], [4].

Dans notre cas, nous nous limitons à l'analyse vibratoire. Dans ce domaine, des travaux ont été réalisés par les auteurs Djebala et al. [5], [6]. D'ailleurs une synthèse de leurs travaux a été faite par Djebala [7]. Dans ces travaux, ils ont proposé une méthode basée sur l'analyse multirésolution en ondelettes et la transformée de Hilbert pour détecter les défauts simples et

multiples d'engrenage. Ils ont montré à partir d'un résultat expérimental et de simulation de signal contenant une modulation de phase et d'amplitude, que d'une part, les petits défauts ne sont ni détectés par le spectre, ni par le cepstre, mais que le spectre d'enveloppe a permis de mettre en évidence la fréquence modulante et plusieurs de ses harmoniques, même dans le cas des défauts combinés pignon-roue.

D'autre part, ils montrent que le Kurtosis est un outil qui détecte mieux les défauts dans les signaux de choc comparé au facteur de crête. Ils montrent également que la détection est meilleure lorsque le roulement est graissé ou lorsque les engrenages sont chargés, et que le Kurtosis augmente en fonction de la taille du défaut. Parallèlement à leurs travaux, dans cet article, nous montrons que le kurtosis n'est pas en mesure de détecter la gravité d'un défaut de roulement par rapport à un autre défaut sur le roulement. D'autres critères sont également évalués dans ce travail.

Les auteurs, Antoni et Sidahmed [8] ont présenté brièvement différentes méthodes pour le diagnostic des défauts dans les signaux acoustiques et vibratoires, applicables aux signaux stationnaires ou non stationnaires.

Dans le cas des signaux non stationnaires, notamment des signaux cyclostationnaires où la vitesse est variable, l'analyse directe du signal ne donnerait pas un résultat correct car le nombre de points n'est pas le même dans chaque période du signal. Des techniques de traitement des signaux spécifiques sont requises pour compléter ou améliorer les méthodes présentées [9].

Pour analyser les signaux dans ce contexte, une démarche consiste à ré-échantillonner le signal (re-échantillonnage angulaire), d'appliquer la moyenne synchrone pour éliminer les composantes du premier ordre du signal, d'appliquer le filtrage [10], et enfin d'appliquer la corrélation spectrale pour détecter les défauts du second ordre. Lejeune et al. [11] présentent également des travaux sur les cyclostationnarités d'ordre 1 et 2 appliquées aux signaux vibratoires d'engrenages. Dans les sections suivantes, nous présentons notre démarche pour le travail.

2 SYSTÈME D'EXPÉRIMENTATION

2.1 INSTRUMENTATION ET MESURE

Le banc d'essai sur lequel sont réalisées nos expériences est présenté sur la figure 1.

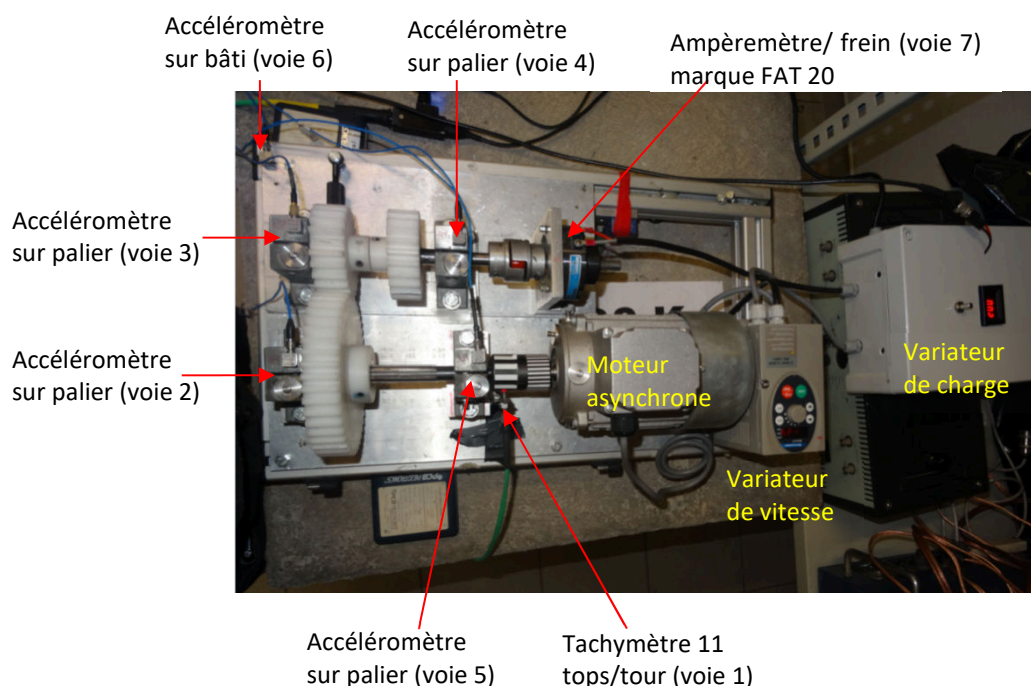


Fig. 1. Banc d'essai de vibration

Pour enregistrer les signaux, nous relierons sept voies à l'entrée de l'analyseur - enregistreur OROS. Cinq voies (2, 3, 4, 5 et 6) reliées aux accéléromètres placés à différents points du système, la voie 1 enregistre les signaux du tachymètre placé à proximité de l'arbre primaire, et qui mesure le nombre de tops/tour et enfin la voie 7 relie le frein monté sur l'arbre secondaire à l'OROS. Les signaux sont échantillonnés à la fréquence de 51200 Hz. Le tableau 1 donne les caractéristiques mesure.

Tableau 1. Caractéristiques mesure

Enregistreur OROS	Capteur			Autres informations	
N° de voie	Nom / Type	Sensibilité	Bande max	Caractéristique	Valeur / type
Voie 1	Tachymètre / Translation	1 V / Hz	10 Hz	Type moteur	Mot élect. Asyn
Voie 2	Accéléromètre / Translation	10,173 mV / m/s ²	980 m/s ²	Puissance moteur	0.18 KW
Voie 3	Accéléromètre / Translation	10.102 mV / m/s ²	990 m/s ²	Vitesse nominale moteur	1360 tr/min
Voie 4	Accéléromètre / Translation	10.959 mV / m/s ²	912 m/s ²	Fréq. d'échantillonnage	51200 Hz
Voie 5	Accéléromètre / Translation	10.255 mV / m/s ²	980 m/s ²	Bande de fréquence	20000 Hz
Voie 6	Accéléromètre / Translation	10.765 mV / m/s ²	929 m/s ²	Temps d'acquisition	≈ 10 - 15 s
Voie 7 (frein)	Ampèremètre / Translation	15 mV / A	2.11 A	Résolution tachymètre	11tops/tour

Un accéléromètre mesure les vibrations plus les défauts. Le souci est de placer le capteur au bon endroit pour récupérer les signaux des chocs dans les roulements et engrenages. Les accéléromètres que nous avons fixés sur le système délivrent des signaux avec la même allure à la différence d'amplitudes près (fig.2). La figure 2 montre les signaux d'accéléromètres dans le cas d'un signal sain sans charge à 10 Hz.

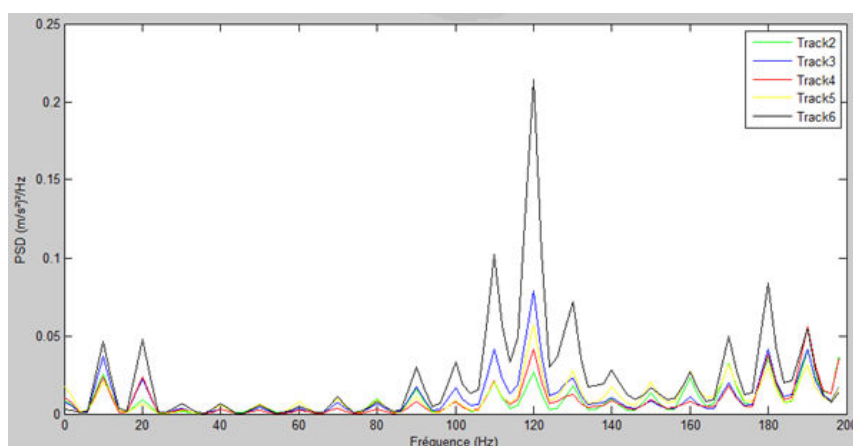
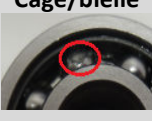
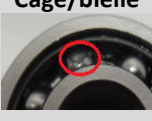


Fig. 2. Signaux des cinq accéléromètres à 10 Hz (voie 2, 3, 4, 5 et 6)

2.2 TYPOLOGIE ET CONFIGURATIONS DE DÉFAUTS

Plusieurs expériences ont été réalisées avec différentes configurations de défaut créés sur l'engrenage et sur le roulement, qui sont présentées sur le tableau 2.

Tableau 2. Configurations de défauts expérimentées

Configuration de défaut	Défaut de Roulement Type 16101-ZZ				Défaut d'Engrenage	
	Sain	Bague extérieure 	Bague intérieure (sur le chemin, faible défaut) 	Cage/bielle 	Sain	1 dent cassée 
Config. 1 : Roulement sain (Rs)	✓					
Config. 2 : Roulement sain et engrenage sain (Rs_Es)	✓				✓	
Config. 3 : Roulement sain et Engrenage défectueux (Rs_Ed)	✓					✓
Config. 4 : Roulement bague extérieure défectueuse (R_bext)		✓				
Config. 5 : Roulement bague extérieure défectueuse et Engrenage sain (R_bext_Es)		✓			✓	
Config. 6 : Roulement bague extérieure défectueuse et Engrenage défectueux (R_bext_Ed)		✓				✓
Config. 7 : Roulement bague intérieure défectueuse (R_bint)			✓			
Config. 8 : Roulement bague intérieure défectueuse et Engrenage sain (R_bint_Es)			✓		✓	
Config. 9 : Roulement bague intérieure défectueuse et Engrenage défectueux (R_bint_Ed)			✓			✓
Config. 10 : Roulement cage défectueuse (R_cage)				✓		
Config. 11 : Roulement cage défectueuse et Engrenage sain (R_cage_Es)				✓	✓	
Config. 12 : Roulement cage défectueuse et Engrenage défectueux (R_cage_Ed)				✓		✓

3 METHODE D'ANALYSE ETUDIEE

Dans ce document, nous nous focalisons sur l'analyse temporelle des signaux de vibrations, qui est une méthode d'analyse des signaux stationnaires dans le domaine temporel pour détecter la présence des défauts et le cas échéant leur gravité dans les machines tournantes. On utilise à cet effet des indicateurs scalaires quantitatifs pour décider si oui ou non la machine présente un défaut. Les indicateurs scalaires utilisés, que nous exploitons et comparons pour la détection dans ce travail sont la RMS, le kurtosis, le facteur de crête, le facteur crête à crête et le facteur K présentés ci-dessous.

3.1 LA VALEUR EFFICACE DE L'ACCELERATION

La valeur efficace, RMS (RootMean Square) est la valeur moyenne quadratique qui peut être calculé grâce à l'équation 1. Elle permet de caractériser la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. En surveillance vibratoire, les vibrations sont néfastes lorsqu'il y a des variations brusques du signal de la courbe de RMS.

$$RMS = Acc_{eff} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i)^2} \quad (1)$$

Où x_i est l'amplitude des vibrations

3.2 LE KURTOSIS

Le kurtosis (k) est le moment d'ordre quatre de mesure statistique d'une distribution (équation 2). C'est un paramètre permettant d'évaluer l'aplatissement de la loi de probabilité par rapport à une distribution normale (distribution d'amplitude gaussienne). Le kurtosis d'une distribution normale est égal à 3 et d'une distribution des valeurs non aberrantes est supérieur à 3. C'est un indicateur très utilisé pour détecter la présence des signaux impulsions périodiques typiques d'un choc anormal.

$$k = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{\sigma^4} \quad (2)$$

Où $\bar{x}$ est la moyenne de l'amplitude des vibrations, σ l'écart-type.

3.3 FACTEUR DE CRETE

Le facteur de crête (FC) très utilisé pour la détection des défauts de roulements, caractérise la durée de vie de roulements. Si le facteur crête augmente, on est en situation non alarmante. Si au contraire il diminue, alors cela veut dire que le roulement est en fin de vie. Il est égal au quotient de l'accélération crête par l'accélération efficace.

$$FC = \frac{Acc_{crête}}{Acc_{eff}} \quad (3)$$

3.4 FACTEUR CRETE A CRETE

Le facteur crête à crête (FCC) est donné par la différence entre la valeur maximale du signal de vibrations et sa valeur minimale.

$$Fcc = Acc_{max} - Acc_{min} \quad (4)$$

3.5 FACTEUR K

Un autre indicateur spécifique aux roulements étudié est le facteur K, qui permet de renseigner sur l'état du roulement. Il se calcule par le produit de l'accélération crête par l'accélération efficace (équation 5).

$$K = Acc_{crête} * Acc_{eff} \quad (5)$$

En théorie, le roulement se dégrade lorsque K devient grand. Entre K = 0.01 g à 0.8 g, le roulement est encore en bon état, au-delà de 8 g le roulement est en fin de vie.

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'analyse temporelle a été étudiée notamment en exploitant les indicateurs scalaires. Nous avons choisi de comparer sur plusieurs signaux, quelques indicateurs pertinents en vue d'évaluer leur capacité de détection de défaut et sa gravité en fonction du type de défaut. Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'analyse temporelle permet de mettre en évidence la présence de défaut dans les machines. Plusieurs paramètres peuvent influencer les indicateurs et sont présentés sur les sections suivantes.

4.1 INFLUENCE DU TYPE DE DEFAUT ET DE LA VITESSE SUR LES INDICATEURS

L'exploitation des résultats de mesure a été faite sur Matlab®. Les résultats sont présentés et classés par groupe de défauts sur les figures 4, 5, 6 et 7. Le groupe I est composé des configurations de défauts simples de roulement, le groupe II est constitué des défauts multiples de roulement et engrenage sain, en fin le groupe III est constitué des défauts multiples de roulement et engrenage défectueux. Les résultats montrent que le kurtosis est plus sensible aux chocs engendrés par le défaut d'engrenage que par le défaut de roulement. Lorsque l'engrenage est sain, sa valeur varie peu par rapport aux configurations de défauts de roulement sans engrènement (cf. fig. 3, à droite). Le kurtosis n'est pas un indicateur efficace pour comparer la gravité d'un défaut de roulement par rapport à un autre défaut de roulement dans un même groupe de configuration de défauts et cela

pour différentes vitesses testées. Sa valeur reste sensiblement la même pour tous les défauts de roulement lorsque l'engrenage est sain.

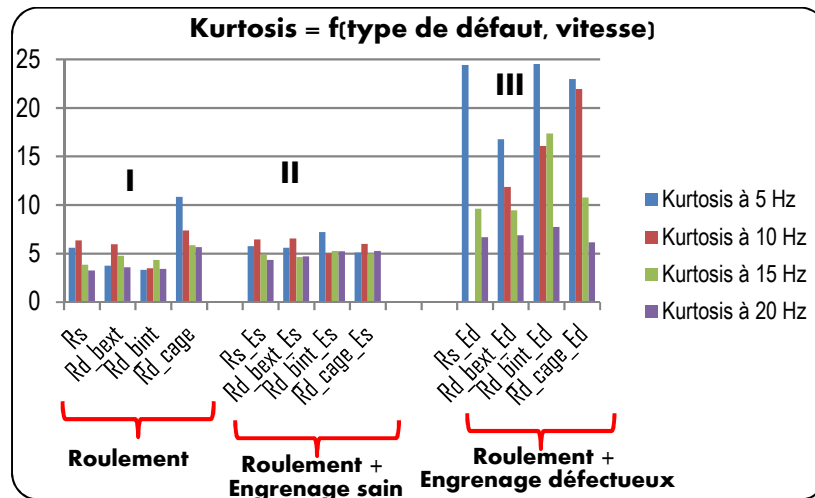


Fig. 3. Influence du défaut et de la vitesse sur le Kurtosis (Sans charge)

Autres indicateurs calculés sont la valeur efficace (RMS) de l'accélération, le facteur de crête (FC) et le facteur crête à crête (FCC). Les résultats de ces indicateurs montrent que le défaut d'engrenage entraîne plus de chocs que les défauts sur le roulement, leurs valeurs ont augmenté en présence d'engrenage défectueux (cf. fig. 4, 5 et 6). À l'instar du kurtosis, ces indicateurs ne sont pas en mesure de mettre en évidence la gravité d'un type de défaut de roulement par rapport à un autre dans un même groupe de configuration de défauts. On n'est donc pas capable de dire si le défaut de bague extérieure, ou de bague intérieure, ou de la cage est plus nuisible à l'état du roulement que d'autres. Sa valeur présente peu de différence dans les différentes configurations de défaut de roulement.

L'analyse a montré que la RMS n'est pas sensible aux défauts de roulement pour les vitesses essayées. Le facteur crête à crête en revanche, n'est sensible seulement qu'au défaut de cage. Les deux indicateurs (RMS et FCC) détectent l'engrènement. Leurs valeurs ont varié de façon significative dans le cas où il y a un engrènement de pignon avec la roue (figure 4 et figure 6).

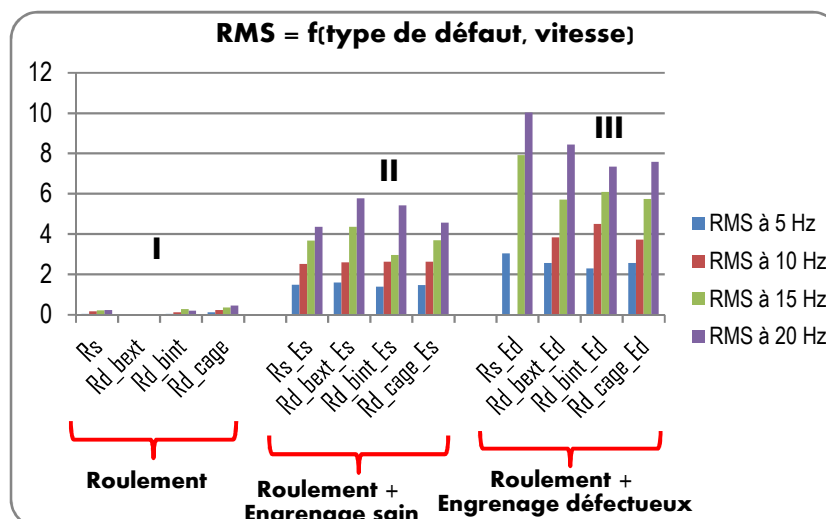


Fig. 4. Influence du défaut et de la vitesse sur le RMS (Sans charge)

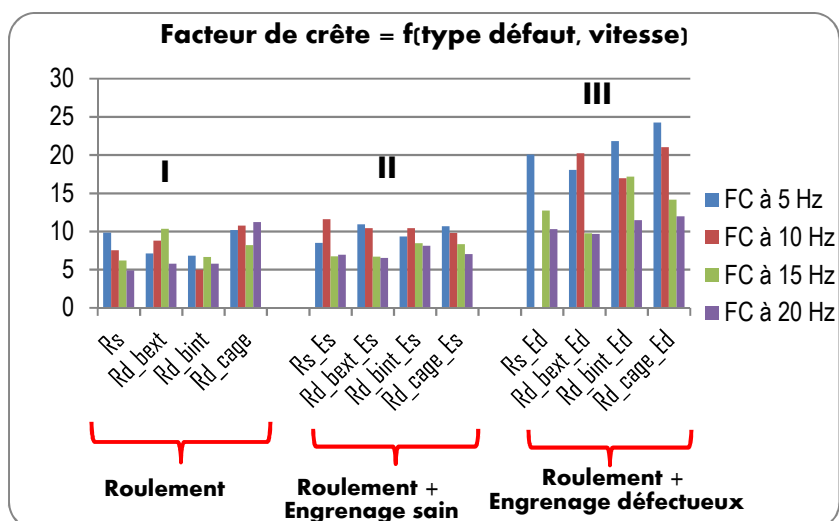


Fig. 5. Influence du défaut et de la vitesse sur le FC (sans charge)

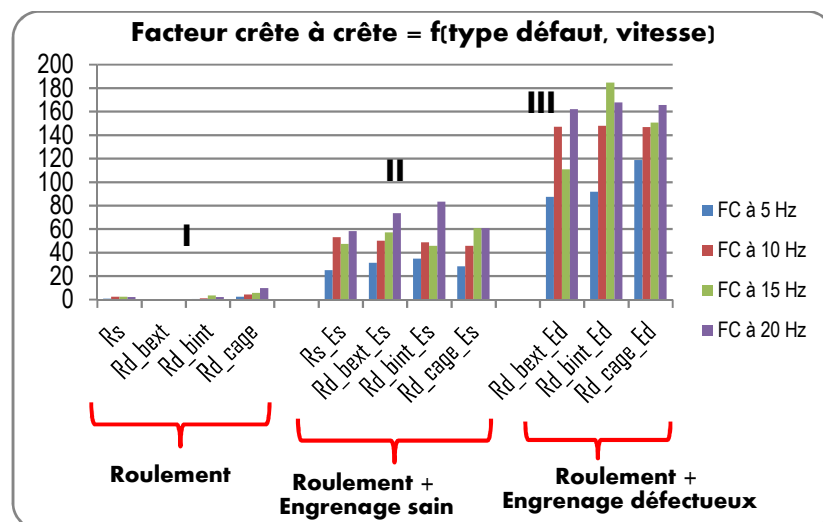


Fig. 6. Influence du défaut et de la vitesse sur le FCC (sans charge)

L'indicateur de gravité de défaut du roulement n'est donc aucun de ces indicateurs présentés sur les figures 4, 5 et 6. Il convient alors de trouver un autre indicateur pour suivre l'évolution de la gravité de l'état du roulement.

4.2. FACTEUR K - INFLUENCE DE LA VITESSE

Les indicateurs précédents ne renseignent pas sur la gravité de défaut du roulement. L'indicateur permettant de renseigner sur l'état du roulement est le facteur K donné précédemment en équation 5. En comparant les différents défauts de roulements essayés à différentes vitesses sur la figure 7, il apparaît clairement que le défaut de cage dont l'effet n'est pas visible sur les indicateurs précédents est bien celui qui affecte le plus l'état du roulement quel que soit la vitesse essayée. Bien que visuellement si on regarde les défauts créés sur les roulements (cf. tableau 2), on a tendance à dire que c'est le défaut de bague extérieure qui est plus grave que celui de la cage et de la bague intérieure nettement plus petit. Cela est dû sûrement au fait que la cage est tournante et la bague extérieure fixe. La figure 7 présente l'évolution de K en fonction de la vitesse. Plus la vitesse augmente, plus K devient important et ainsi le défaut de cage apparaît nettement comme le plus nuisible.

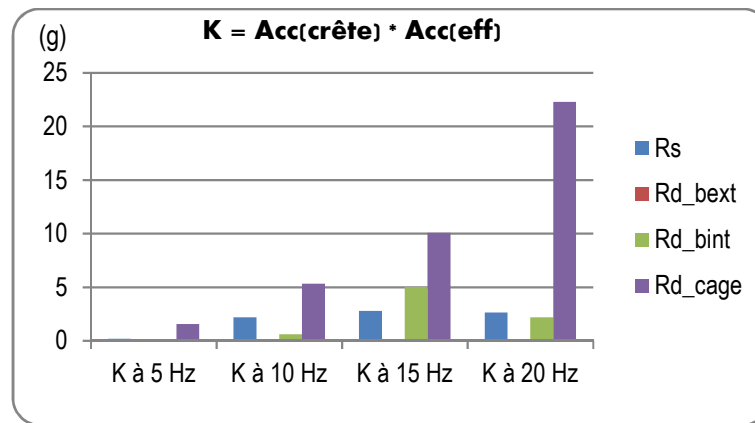


Fig. 7. Influence de la vitesse sur le facteur K

4.3. INFLUENCE DE LA CHARGE SUR LES INDICATEURS

Le chargement d'engrenage permet d'atténuer et de stabiliser les vibrations. La figure 8 montre l'influence de la charge sur le kurtosis (a), sur le facteur de crête (b), sur la RMS (c) et sur le facteur crête à crête (d). Théoriquement, si le facteur de crête diminue la situation est alarmante. On montre là que quand la charge augmente, le FC diminue et ainsi on détecte mieux le défaut de roulement. Le kurtosis diminue mais reste toujours supérieur à trois même lorsque les vibrations sont stabilisées en présence de la charge. La RMS et le FCC qui sont intrinsèquement liés à la dispersion ont augmenté (présence de défauts) lorsque l'engrenage est chargé. Cela prouve qu'on détecte mieux les défauts avec les indicateurs lorsque les engrenages sont chargés. La figure 8 montre l'évolution des indicateurs en fonction de la charge dans le cas des essais dans la configuration « Roulement cage défectueuse + Engrenage sain ».

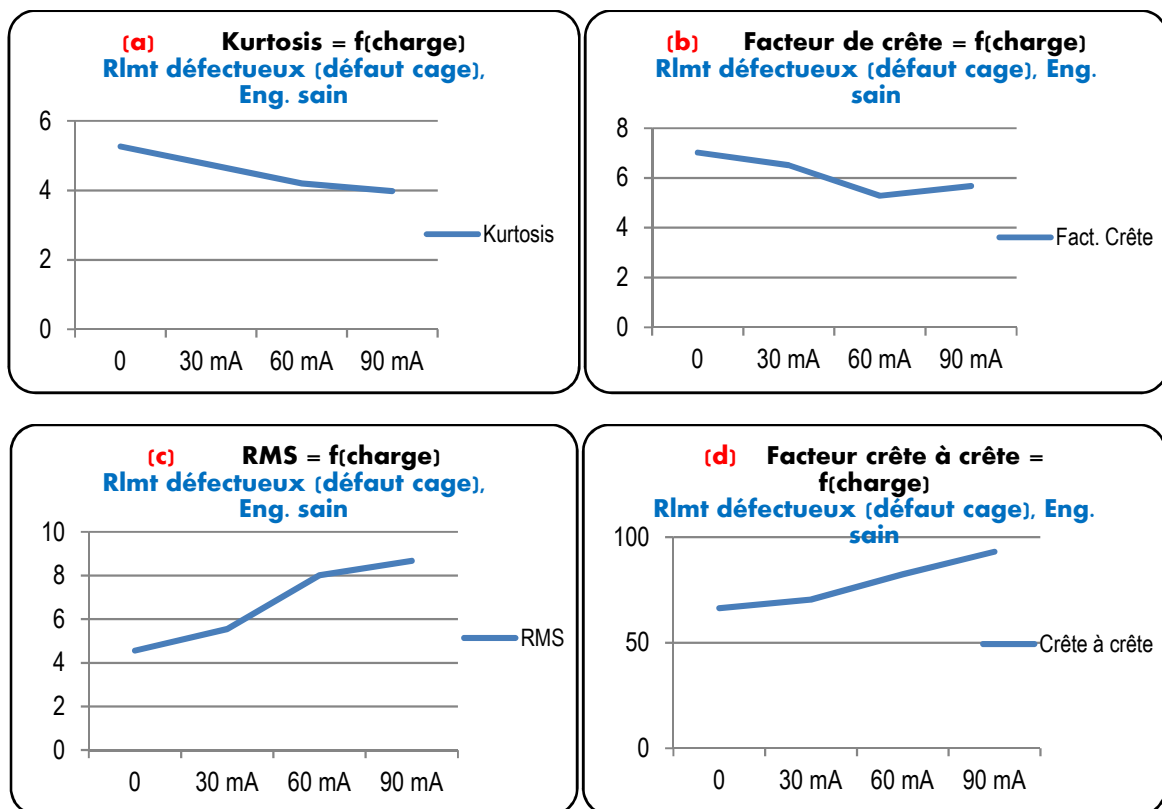


Fig. 8. Influence de la charge sur le Kurtosis, RMS, FC et FCC

4.4. COMPARAISON DES CRITERES

L'exploitation des résultats de mesures de l'analyse temporelle a fourni des résultats qui confirment l'utilisation des indicateurs scalaires comme outils de détection de défaut applicables aux signaux vibratoires de machines tournantes. Toutefois, tous les indicateurs ne fournissent pas le même résultat en fonction de la configuration de défauts. Le résultat montre qu'un défaut de cage aurait plus d'impact sur l'état du roulement que des défauts sur la bague extérieure ou sur la bague intérieure. Les différents indicateurs étudiés sont comparés sur leur capacité à détecter et présentés sur le tableau 3.

Tableau 3. Récapitulatif des résultats de l'analyse

Configuration de défaut	Indicateur				
	Kurtosis	RMS	Facteur de crête	Facteur crête à crête	Indicateur K
Capacité à détecter l'engrènement sain	☒	☑	☒	☑	Sans engrenage
Capacité à détecter le défaut d'engrenage	☑	☑	☑	☑	Sans engrenage
Capacité à détecter la gravité d'un défaut de roulement	☒	☒	☒	☒	☑
Capacité à détecter un défaut simple	☑	☑	☑	☑	☑
Capacité à détecter des défauts multiples	☑	☑	☑	☑	Sans engrenage

5 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons évalué différents indicateurs scalaires en vue d'identifier la capacité de chacun à détecter un type de défaut concerné ou la gravité d'un défaut sur le roulement. Plusieurs expérimentations à différentes vitesses et à différentes charge ont été réalisées. Les résultats montrent que seul le facteur K permet de suivre l'évolution de la gravité du défaut de roulement, et permet de comparer la gravité d'un défaut de roulement par rapport à un autre défaut de roulement dans une configuration, soit avec l'engrenage sain, soit avec l'engrenage défectueux.

REFERENCES

- [1] Zezz R. Chaib, S. Meziani, I. Verzea, Surveillance des roulements par analyse vibratoire, *Sciences & Technologie B – N°21*, Juin (2004), pp. 23-27.
- [2] Wärsilä, Lubricating oils for WÄRTSILÄ® 32, and 32GD engines, DATA & SPECIFICATIONS, Technical Services, Issue 7, 02 March 2016
- [3] R. Younes, N. Ouelaa, N. Hamzaoui, Optimisation d'indicateurs de défauts combinés d'engrenages et de roulements par la perception sonore, 22^{ème} Congrès Français de Mécanique Lyon, 24 au 28 Août 2015
- [4] N. Hamzaoui, R. Younes, N. Ouelaa, Indicators of real gear transmission defects using sound perception, NOVEM 2015 Noise and vibration, Dubrovnik- Croatia, April 13-15 2015
- [5] A. Djebala, N. Ouelaa, C. Benchaabane and D. F. Laefer, Application of the wavelet Multirésolution Analysis and Hilbert transform for the prediction of gear tooth defects, *Meccanica*, DOI: 10.1007/s11012-012-9538-1, 2012
- [6] A. Djebala, N. Ouelaa, N. Hamzaoui and L. Chaabi, Detecting mechanical failures inducing periodical shocks by wavelet multirésolution analysis. Application to rolling bearings faults diagnosis, ISSN 1392-1207. *MECHANIKA*, 2006. Nr. 2(58)
- [7] A. Djebala, Habilitation universitaire en Génie Mécanique, Université 08 Mai 1945 Guelma, Mai 2012
- [8] J. Antoni, M. Sidahmed, Contrôle et diagnostic à partir des signaux acoustiques et vibratoires, *Acoustique & Techniques* n° 38, Spécial congrès Surveillance 5
- [9] D. Abboud, Vibration-based condition monitoring of rotating machines in non stationary regime, Thesis INSA Lyon, 2015
- [10] J. Antonia, R. B. Randall, The spectral kurtosis: application to the vibratory surveillance and diagnostics of rotating machines, *Mechanical Systems and Signal Processing* vol. 20, pp. 308–331, 2006
- [11] G. Lejeune, J. L. Lacoume, P. Marchand, M. Durnerin, N. Martin, J. Liénard, A. Silvent CEPHAG, Cyclostationnarités d'ordre 1 et 2 : application à des signaux vibratoires d'engrenages, Seizième Colloque GRETSI, 15-19 Septembre 1997, Grenoble
- [12] M. El Badaoui, F. Guillet, N. Nejjar, P. Martini et J. Danière, "Diagnostic d'un train d'engrenages par analyse cepstrale synchrone", Seizième Colloque GRETSI, 15-19 Septembre 1997, Grenoble
- [13] A. Djebala, N. Ouelaa et N. Hamzaoui, Optimisation de l'analyse multirésolution en ondelettes des signaux de choc. Application aux signaux engendrés par des roulements défectueux, *Mécanique & Industries* 8, 379-389, © AFM, EDP Sciences 2007, DOI : 10.1051/meca:2007060
- [14] Harris, Fredric J. "On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform." *Proceedings of the IEEE*®. Vol. 66, January 1978, pp. 51–83.

