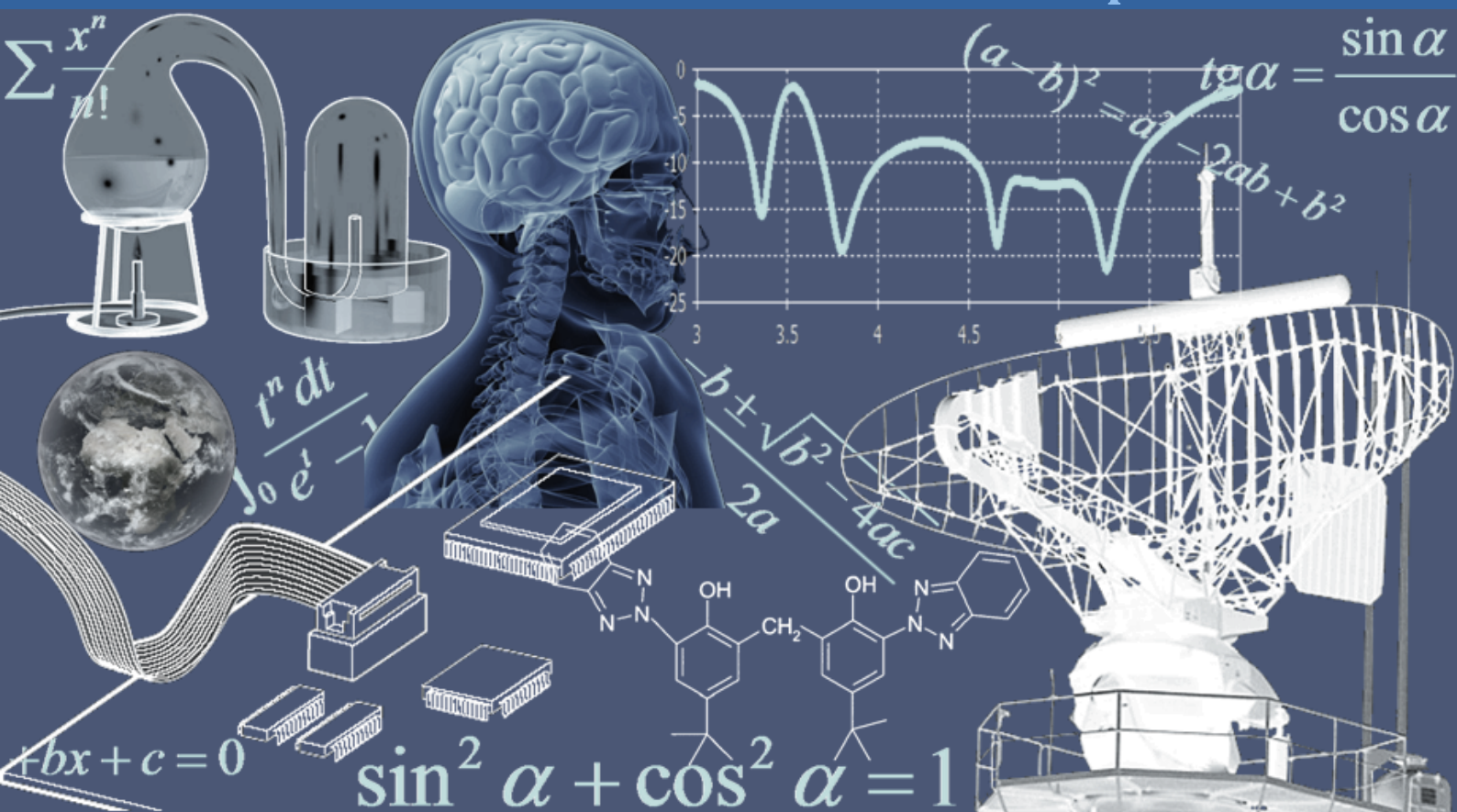


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 33 N. 4 September 2021



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

How can learners study at their own pace and improve their autonomy? <i>Tran Thi Thu Trang</i>	618-624
L'intention entrepreneuriale et exode des jeunes ruraux au Maroc: Cas d'un échantillon d'étudiants de l'Université Ibn Zohr <i>Aaziz Oulmoudne</i>	625-636
Caractérisation chimique des scories et boues des fonderies qui recyclent la mitraille à Kinshasa-RDC: Qualité et quantité relatives des polluants du substratum remblayé par ces matériaux <i>Joseph M. Kakundika, Dieudonné E. Musibono, Virima Mudogo, and Ndongala Lufimpadio</i>	637-649
Etude de la Bioaccumulation des composants minéraux dans les sols remblayés par les scories et boues des fonderies de recyclage de la mitraille, ferraille à Kinshasa (RDC) <i>Joseph M. Kakundika, Dieudonné E. Musibono, Virima Mudogo, and Ndongala Lufimpadio</i>	650-665
EFFETS DE L'INCORPORATION DE LA POUDRE DES FEUILLES DU MORINGA OLEIFERA SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE, DE PONTE ET LA QUALITÉ DES ŒUFS DES POULES PONDEUSES ISA BROWN À KARAKORO (NORD COTE D'IVOIRE) <i>Gatien Konan Ghoko Brou, Marcel Kouamé N'Dri, Liliane Maïmouna Kouame, Cyril Abdoulaye Fofana, and Dramane Diomandé</i>	666-675
Operation and management of the livestock market of the Tchaourou township, Benin <i>Hervé A. Kombieni</i>	676-686
État de lieu de connaissances des producteurs de mil et de niébé sur <i>Striga hermonthica</i> et <i>Striga gesnerioides</i> dans cinq (5) communes rurales au Niger <i>Amadou Mounkaila Hamissou, Zangui Hamissou, Amoukou Adamou Ibrahim, and Alhassoumi Hadizatou</i>	687-695
Effet de l'application des endomycorhizes en replantation annuelle de bananiers sur deux nématodes endomigrateurs: <i>Radopholus similis</i> et <i>Pratylenchus coffeae</i> et les rendements des bananiers plantain en Côte d'Ivoire <i>Vawa Otro Serge Théodore, Seri Serge Pacome, Gnonhouiri Goly Philippe, Adiko Amoncho, and OTCHOUMOU Atcha</i>	696-705
Spigelian hernia: Concerning a particular case <i>Abdelkrim Laalou, Anwar Rahali, Mohammed Elfahssi, Mbarek Yaka, Abderrahman Elhjouji, Aziz Zentar, and Abdelmounaim Ait Ali</i>	706-709
Analyse de l'argilosité d'un réservoir pétrolier par approche géostatistique: Cas du Cénomanién du champ Makelekese (Onshore de la RD Congo) <i>Shams Mbudi Diambu, Emmanuel Balu Phoba, David Ndumbi Katende, Raïs Seki Lenzo, Gautier Kumbu Ngoma, Yanick Mananga Thamba, Constant Kunambu Mbolikidolani, and Clement N'zau Umba-di-Mbudi</i>	710-725
Détermination des performances de l'association de tests Elisa et Western Blot pour le diagnostic de la cysticercose porcine en Côte d'Ivoire <i>Kouassi Eugène Koffi, Man-Koumba SOUMAHORO, Borel Ndri, Jihen Melki, Marcel Boka, O. André Touré, Joseph Djaman, K. Eliezer N'goran, and Ronan Jambon</i>	726-732
Evaluation technico-économique de trois (3) formules alimentaires à base des ressources locales pour l'emboche des boucs roux à Maradi au Niger <i>Abdou Dan Gomma, Salissou Issa, Yahoussa Gambo, and Mahamadou Malam Abdou</i>	733-741
Analyse socio-environnementale d'espèces halieutiques menacées d'extinction sur le fleuve Congo et son hinterland dans la province de l'équateur (RDC) <i>Matthieu Sekalo Mandele, Malasse Lungunza, D.E. Musibono, Camille Nsimanda, and Ifuta Ndey</i>	742-753
Essai d'analyse des risques toxicologiques relatives au tabagisme dans le quartier Bongodjo, commune de Wangata, ville de Mbandaka, province de l'Equateur, RDC <i>Matthieu Sekalo Mandele, Martin Bobiche, Bénis Kanga, Dieudonné Musibono, Gracien Ekoko, and Ghislain Bingemba Mundongo</i>	754-761
Gestion des ordures ménagères dans la ville de Mbandaka, province de l'Equateur, République Démocratique du Congo (RDC) <i>Matthieu Sekalo Mandele, Dieudonné Musibono, Camille Ipey Nsimanda, Gracien Ekoko, Patience Ngelinkoto Mpia, and Ghislain Bingemba Mundongo</i>	762-767

How can learners study at their own pace and improve their autonomy?

Tran Thi Thu Trang

Institution: School of Foreign Languages, Thai Nguyen University, Vietnam

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

ABSTRACT: With the freedom of choosing and compiling materials for in-house course books, lecturers of English at Thai Nguyen School of Foreign Languages (TSFL) have made their own sets of teaching materials for their students; one problem of this act is students don't have a chance to be involved in and let their teachers know what their favorite topic areas are. Most of the time teachers pick a content of their interest which has nothing to do with students' concerns. Being aware of this, the author has conducted a survey research on the use of students' personal learning plans (PLPs) in managing their learning autonomy for an interpreting course. Every week, students make one plan on what they will listen to, how many new words they will learn and how many interpretations they will practice; in class, teachers then check what they do and give supports and feedbacks if necessary. The results from 100 students have revealed that making PLPs are significant in three ways: first, students are motivated to learn when they can study at their own pace; second, it helps build up their listening practice habits which are important in learning interpreting; and third, teachers have better information of what subject matters to choose for their teaching.

KEYWORDS: Personal learning plans, autonomy, motivation, managing time.

1 INTRODUCTION

The Vietnam's Ministry of Education and Training released the decision for universities in Vietnam to shift from academic yearly training system to a credit-based structure in 2007. In this new system, for each in-class contact hour, students need to spend two hours for self-studying, which emphasizes the importance of learners' learning autonomy in order to get success in mastering the subject. However, with the booming of technology and social media forms, students now are easily distracted while learning. There is a negative relationship between students' grade point average (GPA) and the use of social sites. According to Stollack et al. (2011), students who spend less time on social media sites have a higher GPA than those who usually use them. Studies done by Reynol Junco (2011), Jacobsen and Forste (2011) and Walsh et al. (2013) also have a similar finding. Jacobsen and Forste state that "For every hour of electronic media exposure reported by students on average, GPA was reduced between 0.05 and 0.07 points" (2011). From this we see the importance of diminishing the unfavorable effect of social media in students' learning progress while preserving its plus points as a powerful source for knowledge and skills, which are essential for their learning too. In other words, if students well manage their time for study and use of the media sites, the problem will be resolved. To achieve this goal, they need to follow a learning plan which keeps them on track and not be directed to social media use while studying. The fact is students rarely have this kind of plan for themselves.

Another characteristic of the credit training system is it allows teachers to compose their own teaching materials. For lecturers at Thai Nguyen School of Foreign Languages (TSFL), they often work in their specialized groups; share the resources they have to compile what they want to teach based on the aims of the courses. This act is done every three to four years with modification and adaptation along the way depending on their actual teaching contexts. There is one issue with it which is the lack of students' involvement in the process of creating those materials. The teachers only rely on their personal evaluation after the course to decide what content to omit, add in, or renew. For subjects like translation, interpretation or oral proficiency in particular, they often choose topics for in-class and after-class practice built upon their own interests without considering whether they match their students' concerns or not. The consequence of this is the unstable level of motivation maintained in their classes. Some lessons might attract learners' attention, some might not.

From these observations, the author finds it necessary to investigate the problem by proposing a change in the way students learn. In the academic school year of 2015-2016, students of interpreting classes were asked to make personal learning plans for themselves with the belief that after class time, they could study what they were into; and by analyzing their plans, teachers would be better informed of what students care about to choose for their teaching materials.

2 WHAT ARE PERSONAL LEARNING PLANS?

2.1 DEFINITIONS

Personal learning plans can take many forms depending on particular teaching contexts, but they share common features: first, students describe their collegiate/subject goals; second, students are able to analyze their own strengths and weaknesses, or reflect on what they have achieved academically; third, they need to identify the gaps in terms of knowledge and skills that need to be addressed in their learning; and fourth, they document what actions they need to take so as to meet their goals. Helen (2008) briefly summarizes a personal learning plan should include learning goals, life goals and strategies for achieving goals. Due to its flexibility in carrying out the personal learning plan, teachers and educational institutions may have different definitions for the same term.

According to edglossary.org, a personal learning plan (PLP) is developed by students – typically in collaboration with teachers, counselors, and parents —as a way to help them achieve short- and long-term learning goals. Personal learning plans are generally based on the belief that students will be more motivated to learn, will achieve more in school, and will feel a stronger sense of ownership over their education if they decide what they want to learn, how they are going to learn it, and why they need to learn it to achieve their personal goals.

Manchester Metropolitan University defines a PLP as a document which outlines the reasonable adjustments required to meet students' support needs and also includes a list of their responsibilities.

Anne Fowler (1997) says that a PLP (or an independent learning) took the form of an individual contract where teachers and students discuss ways of extending English learning beyond the classroom at the beginning of the term, then students compose a contract with themselves to implement it.

Another definition coming from the School district of Philadelphia is that a PLP is a personalized document that students develop with their counselors and other supportive adults to chart their progress toward their goals during each school year, to ensure they are on the path to graduation, and to determine what resources and tools they need to be prepared for a successful pathway in life after graduation.

As stated in "Next Gen Tools", PLPs "create the path for the individual learner. They consist of student "daily actionable" goals, action steps, competencies, and sometimes pacing recommendations. These plans guide students in their learning journey and ensure they accomplish what they need academically and social-emotionally in a way that works best for them."

The teachers at TSFL also use the term PLP with most of the features described in definitions above, i.e. a document written by students themselves after having their weaknesses and strong points analyzed to set up their goals and decide forms of actions they need to take to accomplish the goals for a better learning result.

2.2 RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF PLPS

The author's review found that there are few researches on the influence of PLPs in students' academic scores; however, the number of works done to show the effectiveness of PLPs on other learning-related aspects is humongous. The benefits include motivating students to complete their high school diploma and engage in post-secondary study; provide students with a skill set necessary for planning their academic, professional, and personal lives; helping students to recognize the relevance of their academic work; engaging parents in students' academic activities; and providing information to improve the rigor and overall quality of the programs provided for students (Bloom & Kissane, 2011; Bullock & Wikely, 1999; Morgan & Stone, 2002; Phelps et al., 2011, RIDE, 2010; Wilkerson, 2010). By participating in PLPs, a student can develop greater responsibility for their own learning; improved confidence and self-esteem; a greater sense of involvement in planning for their own future.

3 WHAT IS LEARNER AUTONOMY?

As what Reinders (2010) stated in his paper, "starting from the 1950s, and influenced by the work of George Kelly (c.f. Kelly, 1955) and others in psychology, there emerged an increased recognition of the importance of the learner as an active individual who brings previous experiences, beliefs and preferences to the classroom. Rather than seeing the learner as a passive

container to be filled with the teacher's ideas, these humanist approaches considered the learner as someone who actively shapes his or her learning experiences with the purpose of self-development and fulfillment (Stevick 1980, Atkinson 1993) ". The term "learner autonomy" has appeared in the field of language learning and teaching for several decades with its role being emphasized as a factor of success for learners. Camilleri Grima (2007), Cotterall (1995), Palfreyman (2003) report that learner autonomy plays a key part in upgrading learning quality, preparing learners for life-long learning, and helping them make the most use of opportunities in and out of their classrooms. Researchers have reported the essence of involving students in making decisions for their own learning as, in so doing, they are believed to be more enthusiastic about learning (Littlejohn, 1985, p. 258) because they will find the learning more focused and more purposeful for them (Little, 1991; Dam, 1995; Camilleri, 1997; Chan, 2001). Chan (2001) says that increasing the level of learner control will increase the level of self-determination, thereby increasing overall motivation in the development of learner autonomy.

Sinclair (2000) suggests 13 aspects of learner autonomy which 'appear to have been recognized and broadly accepted by the language teaching profession' (see Table 1).

Table 1. Defining learning autonomy (Sinclair, 2000)

1.	Autonomy is a construct of capacity.
2.	Autonomy involves a willingness on the part of the learner to take responsibility for their own learning.
3.	Complete autonomy is an idealistic goal.
4.	There are degrees of autonomy.
5.	The degrees of autonomy are unstable and variable.
6.	Autonomy is not simply a matter of placing learners in situations where they have to be independent.
7.	Developing autonomy requires conscious awareness of the learning process – i.e. conscious reflection and decision-making.
8.	Promoting autonomy is not simply a matter of teaching strategies.
9.	Promoting autonomy is not simply a matter of teaching strategies.
10.	Autonomy can take place both inside and outside the classroom.
11.	Autonomy has a social as well as an individual dimension.
12.	The promotion of autonomy has a political as well as psychological dimension.
13.	Autonomy is interpreted differently by different cultures.

From the aforementioned presentation, it is undeniable that in order for learners to master their own learning progress and to academically grow, they need to be involved in making decisions and being responsible for their own learning. One way of making this happen is exploiting the use of PLPs – a tool for students to control their learning activities and for teachers to be informed of where their learners are.

4 THE TEACHING CONTEXT AT TSFL

Located in the northern midland area, TSFL is one member of a regional university. Its graduates can work in the field of either teaching or interpreting/translating. Students at TSFL are mainly from mountainous areas in North Vietnam, where learning conditions are harsh and where English learning and teaching meet innumerable obstacles. Examples for these are English is not an important subject and schools; chances to communicate with foreigners are limited; and most of their English teachers have not been qualified according to the decision about language proficiency by the Vietnam's Ministry of Education. Another matter is, as a consequence of their not very successful English learning at high schools, they enter TSFL with minimum scores and with poor abilities in pronouncing English words correctly as well as writing sentences with grammar-free errors. When having the same standard for graduation as other universities in all over Vietnam and the same amount of time for being trained at the school, many of those students are unable to graduate, which creates a burden for not only their families but also the institution when they cannot apply for a job they are trained to do.

Being aware of those challenges, lecturers of English at TSFL have been trying different ways to make the impossible possible even though in this small city, chances for students to interact with foreigners who speak English are also rare. Nevertheless, students are able to access a big resource of books and other learning materials and to use Internet for their learning. Every semester, there are meetings by lecturers to share their evaluation of the training program and contents; they also discuss innovative changes in the way they teach and manage their students for better learning; one of which for the

school year of 2015-2016 is the implementation of PLPs as students' commitment to better learning autonomy as they believe that when students find their own motivation in being responsible for what they do and how they grow up academically, they will perform more efficiently.

5 THE STUDY

5.1 THE PARTICIPANTS AND THE CONTEXT

This study was carried out among 100 learners whose major is English language. For those students, there are two terms to study interpretation as a compulsory subject. In the second academic semester of fifteen weeks in school year 2020-2021, the students of this major were in their third year and had finished their Interpreting course 1 together with other proficiency subjects to develop their four language skills; now they would head for the second course of this subject. At the beginning of the term, students and teachers in interpreting classes did a number of tasks. Firstly, they spent the first day for students to reflect on what they had achieved so far in learning and identify what their strengths and areas that need work were. Their focus was on the test results of Interpreting 1 and they wrote down what they did not do well on the test and why. The common answer that the teachers received was their listening ability was deficient – they could not comprehend the input so as to convey its meaning as required. In fact, listening comprehension is the number one key factor in interpreting; without understanding the talk, students will not be able to interpret. The second thing they did then was to determine students would have to practice listening to English input at home more to train their ears, to expand their vocabulary range and to improve their pronunciation. After everyone agreed that they had to be really hard-working in this term to perform better in this difficult subject, they made their own PLPs basing on a format given by their teachers. This was a weekly plan with guiding points for students to cover (see Table 2).

Table 2. Format of a PLP

Name:			
Week:			
Group:			
Things/skills I want to learn/improve this week.	Tools/strategies that I use.	Evidence for my goal completion	Support(s) that I need

Student could either write this plan every week or type it and post in Moodle system for learning, which is currently used by teachers of interpreting courses at TSFL. In class, teachers randomly chose several students to show them what they did in one week and see if they completed what they had planned. Because these were the interpreting classes, teachers also asked them to either summarize what they listened to or translate it into Vietnamese. Below is an example of a student's PLP (see table 3).

Table 3. Example of a PLP

Name: Nguyen Thi B Week: 01 Group: 05			
Things/skills I want to learn/improve this week.	Tools/strategies that I use.	Evidence for my goal completion	Support(s) that I need
Listen to two pieces of news about Ebola	breakingnewsEnglish.com newsinlevels.com	My notes and new words for the listening	Suggestions of good sites for practicing listening
Dictate one listening about the X-planet	Myeslvideo.com	My notes in my notebook.	- Guidance on the use of abbreviations and symbols - Computer room

For the ease of selecting what materials to listen to, the teachers responsible for this subject create a list of useful websites that students can consult for their practice; but their choices are not limited in those options; they can look up for their own favorites. Table 4 below shows the websites list recommended for students in this term:

Table 4. List of websites

www.voanews.com	www.onestopenenglish.com
www.jokesinlevels.com	www.eslvideo.com
www.breakingnewsenglish.com	www.spotlightenglish.com
www.newsinlevels.com	www.podcastsinenglish.com
www.simpleenglishnews.com	http://alllearnersenglish.com/
http://www.uefap.com/listen/listfram.htm	http://eslradioandtv.com/
http://learnenglish.britishcouncil.org/en	https://www.englishlistening.com/
http://www.pbs.org/video/	http://www.voscreen.com/

5.2 HOW THE TEACHERS COMPILE THEIR TEACHING MATERIALS

If we Google search course books for Interpreting, the results will show only several names. This fact means that there are not many books on theories and practice for this subject. Most of the interpreting teachers rely on their own experience in this field to choose or design their teaching contents. The author has conducted an interview with the two teachers at TSFL to find out their ways of compiling the materials. The answer received was they used talks and lectures from different sources based on their own interest and on what they think is right. Some of these sources are online sites like Tedtalks or talks on Youtube; part 4 of the IELTS listening test, listening audio from some language proficiency course books like English File, English Today, etc. Most of the topics they chose, as they said, fell in to the category of academic issues like how the brain works, the relationship of siblings, the use of chemicals in farming, the design of space, etc. After one term, they will renew their resources by choosing different sources. From this we see that the teaching content mainly comes from teachers' concerns and subjective collection. One teacher gave an example of including a report on the event of Super Tuesday – a story about the presidential race in the U.S – in one of her classes; she was surprised to find out that ninety percent of her students were not at all interested in who the next leader of the United States would be.

5.3 THE RESEARCH QUESTIONS

This study aimed at answering the following questions:

- How effective is making PLPs in improving learner autonomy?
- How do students' PLPs help teachers in preparing materials for their teaching?

5.4 THE PROCEDURE

A questionnaire was designed by the author using Google docs and shared with one hundred students of Interpreting 2 in week fifteen of the school year 2020-2021. They were under no pressure in answering the questions as they left no signatures or trace of where they were. The questionnaire contains eight items; two of which ask about students' act of making PLPs: what is the frequency and how much time it takes them to do it; the other four questions focus on the effectiveness of having PLPs and what information teachers can learn from students' PLPs. The last two asks students about the possibility of continuing this requirement for the next term and for other subjects.

Because the students of this course used computer rooms during the semester, it did not take too much time to complete the questionnaire; hence, the response rate is quite high with one hundred percent of them accomplishing all their answers.

The data was then automatically collected and presented in the form of pie-charts and tables by Google docs.

The author also interviewed the two teachers of this subject some questions about the frequency of their students' making PLPs and what they learn from the plans when checking them in class.

5.5 FINDINGS AND DISCUSSION

The data revealed from the questions of how many PLPs the students wrote, how much time it took them and whether students of other courses should also be put in the same act of making PLPs or not shows their very positive attitudes towards this change. For a 15-week course, 85% of the respondents reported they had made more than thirteen PLPs, which means they had one PLP almost every week. Additionally, 90% of them stated that it did not take too much of their time to write PLPs. More importantly, 100% of them claimed that writing PLPs should be compulsory for other English subjects including Oral and Written Proficiency at TSFL. These pieces of information bring out a clear-cut confirmation that the change of requiring students to decide their own PLPs is a good thing to do.

In terms of the question what advantages/benefits the students find in making PLPs for themselves, they mentioned all of the plus-point features such as it improves their vocabulary, it improves their listening skills, it helps them practice English with motivation as they can choose what they listen to, they can learn at their own pace and level, it helps them know more sources for English learning. However, the most significant number with the most votes (40%) from the students is making PLPs develops their learner autonomy. The author believes that this response from them proves the most beneficial aspect of students' writing PLPs for their learning. As what was discussed in the previous parts, when students find their responsibility in both creating and accomplishing their own plan, they will become independent learners who can learn fast and efficiently in the long run.

Questions about if the topics in class satisfy students' interests and what suggestions they have for topic areas to be chosen by their teachers shows important information for lecturers in charge of this subject. 50% of the respondents claimed that they were attracted by the topics they practice in class; the rest of them did not. This figure raises the issue teachers have long taken for granted, which is they do not have any students' need analysis before they start teaching; moreover, the materials selection comes from their own preference, from what they think will be of interests, but the fact is it addresses only half of them. The other important half is missing; hence, students' level of motivation during class time is not stable. There will be cases when students do the tasks just because they are asked to do so, not because they feel the need to investigate and complete it. When answering the question of what topics their teachers should include in their teaching, a long list of suggestions was recommended ranging from films, music, entertainment, education, environment, health, sports, to politics, economy, and medicine – the category which require both the language skills and the knowledge of the field. This shows that even though learning is about something academic, teachers should prepare a variety of listening inputs of different topic areas to better satisfy their students' needs. Especially, one notable point in the students' recommendation is having films in class for them to practice. It will be a wonderful method if teachers can choose good films, which include attractive and meaningful plots, as the language there is authentic; it is something the native speakers use in their everyday life. Opportunities to minimize "bookish" language and learn with high motivation are of great importance for the beneficiaries.

All in all, the two questions proposed at the beginning of the study were well addressed. The study results offered positive answers to them. Specifically, by having students make PLPs, learning autonomy was significantly promoted. They are more independent and active in completing their learning tasks and study with motivation. Additionally, teachers have a better information channel about what else to include in their teaching.

6 CONCLUSION

In short, as the importance of enhancing students' learning autonomy is obvious, they should be encouraged and required to make PLPs as one of their weekly learning activities. When teachers well control this, students will perform better as they know what they have to do and what support they need. It will also be easier for teachers to follow their students' progress thanks to the evidence shown in their results. For a wider influence, PLPs should not be used for one subject only; instead, teachers can group subjects that are close to each other like the ones in productive and perceptive skills to help them select tasks in which the language they learn is recycled for longer remembrance and application.

REFERENCES

- [1] Bullock, K., & Wikeley, F. (1999). Improving learning in year 9: Making use of personal learning plans. *Educational Studies*, 25 (1), 19-33.
- [2] Camilleri, G. (1997). Learner autonomy: The teachers' views. Retrieved 15 May, 2016. From www.ecml.at/documents/pubCamilleriG_E.pdf.
- [3] Camilleri, G. (1999). Learner autonomy: The teachers' views. Retrieved 15 May 2016 From http://archive.ecml.at/documents/pubCamilleriG_E.pdf.
- [4] Chan, V. (2001). Readiness for learner autonomy: What do our learners tell us? *Teaching in Higher Education*, 6 (4). 505-519.
- [5] Cotterall, S. (1995). Developing a course strategy for learner autonomy. *ELT Journal*, 49 (3), 219-227.
- [6] Hurd, S. & Lewis, T. (2008). *Language Learning Strategies in Independent Setting*. Multilingual Matters.
- [7] Jacobsen, W. C., & Forste, R. (2011). *The Wired Generation: Academic and Social Outcomes of Electronic Media Use Among University Students*.
- [8] Junco, R. (2011). The relationship between frequency of Facebook use, participation in Facebook activities, and student engagement. *Computers & Education*.
- [9] Little, D. (1991). *Learner autonomy: Definitions, issues and problems*. Dublin: Authentik.
- [10] Palfreyman, D., & Smith, R. C. (Eds.). (2003). *Learner autonomy across cultures: Language education perspectives*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- [11] Reinders, H. (2010). Towards a Classroom Pedagogy for Learner Autonomy: A Framework of Independent Language Learning Skills. *Australian Journal of Teacher Education*, 35 (5).
- [12] Sinclair, B. (2000). Learner autonomy: the next phase. In B. Sinclair, et al. (Eds.) *Learner Autonomy, Teacher Autonomy: Future Directions*. pp. 4-14. London: Longman.
- [13] Stevick, E. (1980). *Teaching languages: a way and ways*. Rowley: Newbury House Publishers.
- [14] Stollak, M.J., Vandenberg, A., Burklund, A., & Weiss, S. (2011). Getting Social: The impact of social networking usage on grades among college students. *Proceeding of ASBBS*, 18 (1): 858-865.
- [15] Wilkerson, B. (2010). *Career interventions: Practices and preference of southern New England high school counselors support students' individual learning plans*. (Doctoral dissertation). Retrieved from ProQuest Dissertations and Theses.

L'intention entrepreneuriale et exode des jeunes ruraux au Maroc: Cas d'un échantillon d'étudiants de l'Université Ibn Zohr

[Entrepreneurial Intent and the Exodus of Rural Youth in Morocco: Case of a Sample of Ibn Zohr University Students]

Aaziz Oulmoudne

Enseignant chercheur, Faculté des sciences juridiques économiques et sociales Agadir, Université Ibn Zohr, Agadir, Morocco

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

ABSTRACT: The development of entrepreneurship in rural areas constitutes a promising niche in the fight against poverty in terms of job creation, income generation and population establishment. Rural entrepreneurship deserves special attention; First, because there is very little research on this issue in Morocco, and second, because of its many peculiarities. The object of this work is therefore to address the question of the intention of young students, from rural areas, to undertake in their region of origin, and how to encourage their stabilization through entrepreneurship. After carrying out a quantitative survey work, we adopted a hypothetico-deductive approach whose objective is the design of an explanatory model of entrepreneurial intention of Ibn Zohr University students from rural areas. The results show that entrepreneurial intention could extend over a relatively long period of time, during which its intensity could vary considerably. Entrepreneurship as a possible solution to the exodus does not appear to be viable in the immediate future. A majority appear to be more certain of their intention to leave the region of origin.

KEYWORDS: Rural entrepreneurship, entrepreneurial intention, university student, rural exodus, social norms.

RESUME: Le développement de l'entrepreneuriat en milieu rural constitue un créneau porteur dans la lutte contre la pauvreté en termes de création d'emplois, de génération de revenus et de fixation des populations. L'entrepreneuriat rural mérite une attention particulière; d'abord, parce qu'il existe très peu de travaux de recherche sur cette question au Maroc, ensuite, en raison de ses nombreuses particularités. L'objet de ce travail est donc, d'aborder la question de l'intention des jeunes étudiants, issus du milieu rural, d'entreprendre dans leur région d'origine, et comment encourager leur stabilisation via l'entrepreneuriat.

Après avoir réalisé un travail d'enquête quantitative, nous adoptons une démarche hypothético-déductive, dont l'objectif est la conception d'un modèle explicatif de l'intention entrepreneuriale sur un terrain constitué d'étudiants, de l'université Ibn Zohr issu du milieu rural.

Les résultats font sortir que l'intention entrepreneuriale pouvait s'étendre sur une durée relativement longue, au cours de laquelle son intensité pouvait considérablement varier. L'entrepreneuriat comme solution possible à l'exode ne semble pas viable dans l'immédiat. Une majorité semble afficher une plus grande certitude quant à leur intention de quitter la région d'origine.

MOTS-CLEFS: Entrepreneuriat rural, intention entrepreneuriale, étudiant universitaire, exode rurale, normes sociales.

1 INTRODUCTION

Selon les chiffres de la banque mondiale, 75 pour cent des pauvres du monde vivent en milieu rural. Au Maroc, d'après les statistiques du haut commissariat aux plans, le nombre de personnes en situation de pauvreté est passée de 7,5 millions à 2,8 millions entre 2004 et 2014, cette baisse de la pauvreté dans un pays de 35 millions d'habitants où le chômage dépasse 10% dans la population active, a surtout profité aux villes, car les campagnes restent toujours aussi pauvres. En 2014, 85,4% des personnes multi-dimensionnellement pauvres vivaient en milieu rural contre 80% en 2004 [1].

Le développement de l'entrepreneuriat en milieu rural constitue un créneau porteur dans la lutte contre la pauvreté en termes de création d'emplois, de génération de revenus et de fixation des populations. L'intention entrepreneuriale est le premier acte dans le processus entrepreneurial. Elle résume la volonté d'une personne de créer sa propre entreprise, et peut être expliquée par des caractéristiques individuelles de l'entrepreneur potentiel, par son milieu environnemental ainsi que par ses spécificités culturelles.

Au Maroc, depuis plusieurs années déjà, la complexité croissante des formes d'organisation sociale et spatiale a créé, et crée encore, les conditions d'apparition et de développement de nouvelles formes de mobilité des populations. Les mobilités étudiantes ont activement participé à cette dynamique. Au lendemain de son indépendance, le Maroc devant se doter de cadres nombreux développa de nombreux centres universitaires; les ruraux migrent de plus en plus en tant qu'étudiants. Pourtant, les études qui se sont intéressées à la question de la stabilisation des étudiants issus du milieu rural via l'entrepreneuriat restent très limitées voire absentes au Maroc.

L'étudiant, avant de marquer son intention de créer une entreprise, est avant tout l'image d'une réalité sociale, économique et politique. Pour ce qui nous concerne, nous nous sommes focalisés sur l'intention entrepreneuriale, dans la population étudiante originaire du monde rural, que nous avons abordée d'une manière globale. La question de recherche de cet article peut se résumer comme suite: Quelle est l'intention des jeunes étudiants, issus du milieu rural, d'entreprendre dans leur région d'origine, et comment encourager leur stabilisation via l'entrepreneuriat?

Pour donner une portée opérationnelle à la problématique, nous présentons successivement les concepts d'entrepreneuriat, d'entrepreneuriat rural, et d'intention entrepreneuriale. Nous exposons les hypothèses de recherche et mettons en exergue la stratégie opératoire inspirée de la méthode de Churchill [2], nous présentons un modèle de l'intention entrepreneuriale testé auprès d'un échantillon d'étudiants. Avant de conclure, nous interprétons les principaux résultats.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

2.1 L'ENTREPRENEURIAT, GÉNÉRALITÉS

La définition de l'entrepreneuriat est loin d'être unique. Le sens donné au mot a notablement varié selon les époques et le contexte dans lequel il était utilisé [3]. L'entrepreneuriat peut être approché comme la fonction d'un individu, qui mobilise les ressources humaines et les facteurs de production, les gère afin de créer, développer et implanter des entreprises [4]. Robbins et Decenzo [5] quant à eux, la définissent comme le processus par lequel une personne ou un groupe d'individus mettent en jeu temps et capital à la recherche d'opportunités de marchés, en vue de générer de la valeur et de faire prendre de l'ampleur à l'entreprise en innovant, quelles que soient les ressources disponibles. Selon Samuelson et Nordhaus [6], l'entrepreneuriat repose sur les quatre piliers suivants:

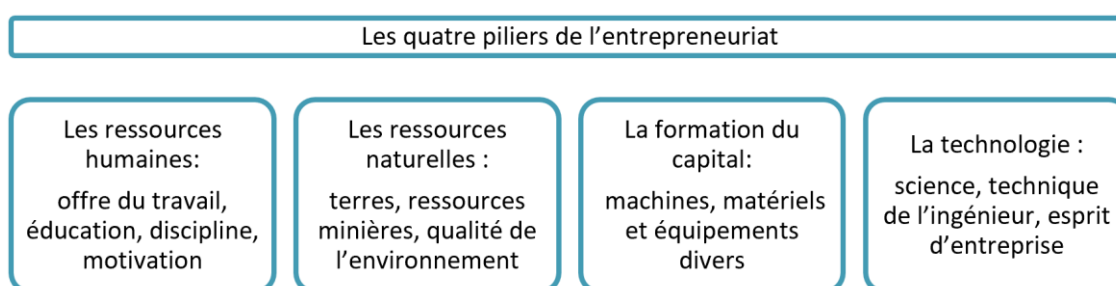


Fig. 1. Les quatre piliers de l'entrepreneuriat

Source: [6]

Deux types d'entrepreneuriat peuvent être distingués, de nécessité et d'opportunité. Si l'entrepreneuriat d'opportunité concerne les individus qui s'engagent volontairement ou qui poursuivent des opportunités entrepreneuriales [7]. L'entrepreneuriat de nécessité renvoie aux individus qui s'engagent dans l'entrepreneuriat parce qu'ils y sont contraints, parce qu'ils n'ont pas d'autre possibilité de trouver un emploi. Les causes les plus fréquentes sont le licenciement, le chômage, la précarité de l'emploi, l'insatisfaction, la frustration [8]. Les populations les plus fragiles sont également les plus concernées par ce type de démarche: chômeurs de longue durée, seniors, femmes, immigrés, ruraux. L'entrepreneuriat est un phénomène contextualisé [9].

2.2 L'ENTREPRENEURIAT RURAL, PARTICULARITÉS

L'approche territoriale, qu'elle soit urbaine ou rurale, propose une vision multipolaire et horizontale. Elle cherche à traiter plus globalement les problèmes en croisant des regards et des compétences de diverses natures afin d'obtenir une vision plus large et de pouvoir agir de manière plus efficace [10]. Personne n'ignore, que l'entrepreneuriat dans le monde rural est quantitativement et qualitativement différent de ce que l'on observe dans le milieu urbain. Le processus entrepreneurial est très largement conditionné par le niveau de développement économique et le contexte culturel, politique et social dans lesquels il apparaît [11]. Face à la multiplication des entreprises pluriactives et à l'évolution des métiers, certains auteurs, sociologues, économistes et politologues, ont pu constater la naissance d'un nouveau corps social spécifique au milieu rural, les entrepreneurs ruraux, et de nouvelles formes d'entreprises, les entreprises rurales [12]. L'agriculture n'est plus, en effet, le seul référentiel économique du milieu rural. Elle a subi et subit encore un régime amaigrissant en termes de structure, d'emploi et de part d'activité [13].

Le milieu rural se caractérise par l'absence de certains services et infrastructures qui sont d'avantage l'apanage des villes. De fortes inégalités sont ainsi observées entre les villes et les campagnes à travers les possibilités d'emploi, la dépendance vis-à-vis du secteur primaire, l'accès aux techniques et aux infrastructures socio-économiques telles que les écoles, les formations sanitaires, les marchés, les moyens de transport et de communication [14].

Berthelot [15] avance que la création d'entreprises constitue un enjeu économique et social, enjeu primordial en ce qui concerne le développement et l'attractivité des territoires, et particulièrement des territoires ruraux. Le développement de l'entrepreneuriat est cependant très fortement limité du fait des difficultés d'accès au crédit résultant notamment de l'insuffisance voire absence de système financiers en milieu rural; la petite taille, aux faibles densités de population et à l'isolement des communautés rurales; la composition sociale et économique des populations rurales [16].

Les populations rurales déjà fragiles sont également les plus concernées par l'entrepreneuriat par nécessité. En milieu rural, le niveau d'éducation impacte l'entrepreneuriat d'opportunité [17]. Les recherches s'accordent à dresser un portrait en creux des entrepreneurs par nécessité, notamment en milieu rural: ils ne possèdent aucun des traits caractéristiques reconnus aux entrepreneurs à succès. Ils ont une forte aversion au risque, des doutes importants tout au long du processus et souhaitent majoritairement redevenir [6].

Plus spécifiquement, les entrepreneurs ruraux font face à des problèmes liés à des modèles (notamment familiaux) et cultures locaux qui ne sont peut-être pas compatibles avec l'esprit d'entreprise; à un niveau excessif d'exigences administratives; aux distances qui les séparent des marchés et des aires de consommation; au niveau d'analphabétisme élevé; une demande locale limitée, ce qui permet difficilement aux entreprises rurales de réaliser des économies d'échelle rentables; à l'absence d'autres entrepreneurs et réseaux; à la difficulté de recruter une main d'œuvre qualifiée [13].

Toutefois, le développement de l'entrepreneuriat en milieu rural constitue un créneau porteur dans la lutte contre la pauvreté en termes de création d'emplois, de génération de revenus et de fixation des populations. Malgré les défis, les opportunités sont légion dans les zones rurales. En tant que source des matières premières primaires, les zones rurales disposent de plusieurs atouts pour ajouter de la valeur grâce à l'innovation dans le développement et la commercialisation de produits [18]. Les zones rurales ont également une grande valeur d'utilité publique et, outre le fait qu'elles constituent des destinations populaires pour le tourisme et les loisirs, elles proposent également un style de vie différent qui attire un nombre croissant de personnes. L'exode urbain profite aux zones rurales non seulement par les nouveaux marchés de produits et de services qu'il crée, mais aussi par les nouvelles compétences, l'expérience et la nouvelle vague d'entrepreneurs potentiels qu'il entraîne dans son sillage [19].

2.3 L'INTENTION ENTREPRENEURIAL

Les recherches entrepreneuriales portent un grand intérêt aux individus en devenir au sein du processus entrepreneurial. Pour avoir une image globale de celui-ci, il n'est pas suffisant d'étudier ceux qui ont concrétisé leurs projets, mais aussi ceux qui sont en amont de ce processus. L'étude de l'intention entrepreneuriale enrichit la compréhension de ce dernier.

En latin, «intention» provient de «tensio» qui signifie «tendre», et de «in» qui signifie «vers». En entrepreneuriat, «intention» n'est pas un terme nouveau, mais il est devenu un objet d'étude insigne depuis une quinzaine d'années. Pour Krueger et Carsrud [20], étudier un comportement futur de création d'entreprise est inséparable des intentions qui animent les individus quant à la manifestation de ce comportement. En amont, l'intention représente le meilleur prédicateur de l'acte d'entreprendre [21]. Tounés [22] parle d'une volonté individuelle qui s'inscrit dans un processus cognitif, et qui exige une perception à la fois de la faisabilité et de la désirabilité du comportement entrepreneurial. Plus précisément, Bird [11] parle d'un état de pensée qui dirige l'attention (et, par conséquent, l'expérience et l'action) vers un objectif spécifique (but), la nouvelle organisation, et une façon de l'atteindre (moyens). Raijman [23] l'interprète comme le jugement d'une personne sur les probabilités de passer un jour à l'acte.

Plusieurs études postulent que la variable la plus fiable pour prédire un comportement entrepreneurial est l'intention entrepreneuriale. L'approche théorique de l'intention entrepreneuriale repose essentiellement sur deux théories: la théorie du comportement planifié d'Ajzen [24] et le modèle de l'événement entrepreneurial de Shapero et Sokol [25]. S'inspirant des éléments fondamentaux de ces théories, plusieurs auteurs ont proposé des modèles d'intentions entrepreneuriales; on pense par exemple à Bird [11] dont le modèle a été développé par Boyd [7] ou encore à Davidsson [26] dont le modèle a inspiré Autio et al [27]. pour leur étude en milieu universitaire.

Dans notre démarche, et pour expliciter nos items, nous avons repris un modèle qui a été largement validé par différentes études ([20]; [21]; [27]; [28]). Certains de ces auteurs ont plus particulièrement ciblé une population estudiantine. La théorie d'Ajzen postule que l'intention d'un individu est déterminée par trois éléments que sont son attitude à l'égard du comportement concerné, sa perception des normes sociales et le contrôle qu'il pense avoir sur la situation. Le premier élément renvoie au degré d'appréciation que la personne porte sur le comportement [24].

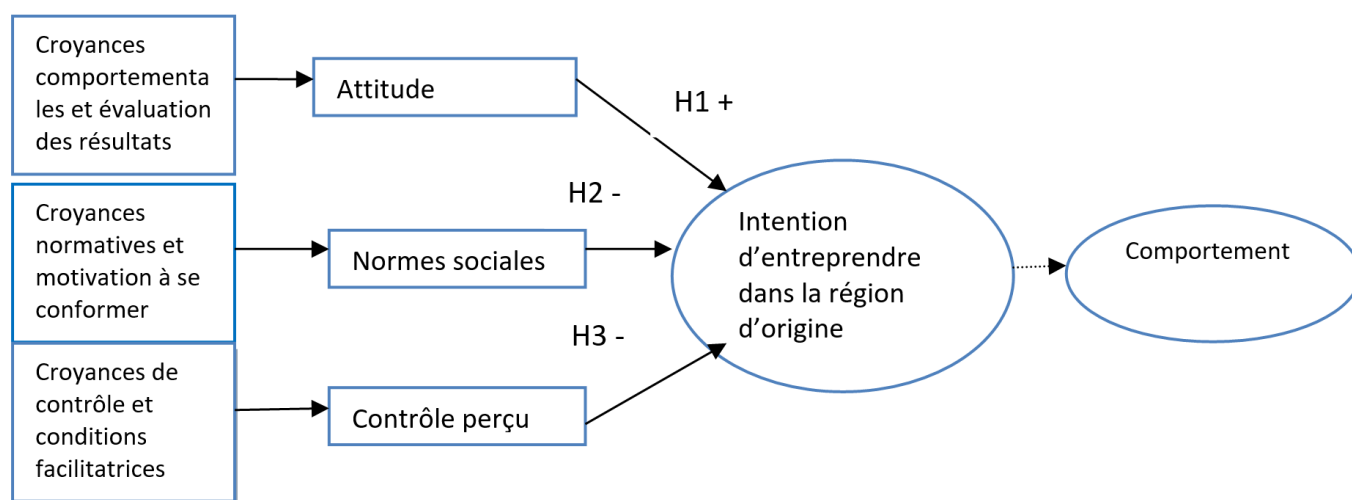


Fig. 2. Modèle conceptuel

Source: adaptée d'Ajzen [24]

La compréhension des intentions permet de comprendre les phénomènes et les comportements liés à l'entrepreneuriat [29]. Dans ce contexte le comportement se présente comme une fonction directe de l'intention. À son tour cette intention est le résultat de trois déterminants conceptuels. On note l'attitude vis-à-vis du comportement, la norme sociale et le contrôle perçu.

La mesure de l'intention entrepreneuriale a été développée et adaptée sur la base d'une combinaison des échelles proposées par Gundry [30] et Fayolle [31]. Nous énonçons les hypothèses relatives à trois types de variables. Les attitudes associées au comportement se déclinent par l'existence d'une idée ou d'un projet et la quête d'informations pour mieux les

structurer. Les normes sociales sont approchées par des motivations qui soutiennent l'intention et des influences sociales. Les perceptions du contrôle perçu sont contenues par les perceptions des aptitudes entrepreneuriales et de disponibilité des ressources.

L'existence des attitudes peut être déterminée par la perception de la façon dont le comportement sera faisable pour conduire aux résultats escomptés. L'attitude vis-à-vis du comportement désigne le degré d'évaluation favorable ou défavorable qu'une personne peut prendre vis-à-vis à un comportement particulier. Pour Ajzen [24], aussi Emin [32], l'attitude présente l'attractivité à un comportement. L'attitude d'un étudiant envers la création d'une entreprise repose sur ses valeurs et ses caractéristiques professionnelles et sur sa vision de l'entrepreneuriat [22]. Connaître les attitudes d'un individu envers une personne ou un objet permet de prédire son comportement [17]. L'attitude oriente l'individu vers le comportement souhaité en guidant son action. Les intentions entrepreneuriales sont mieux saisies par le biais d'attitudes spécifiques. Celles-ci se manifestent par l'existence d'une idée ou d'un projet d'affaire et la recherche d'informations en vue de mieux les formaliser. L'échelle d'attitude envers l'entrepreneuriat a été construite à partir des mesures proposées par Gundry [30] ainsi que Linan [33].

Hypothèse 1: l'existence d'une idée ou d'un projet d'entreprise plus ou moins formalisé influence positivement l'intention entrepreneuriale dans la région d'origine des étudiants.

Les normes sociales, constituant le deuxième élément, font référence à la pression sociale perçue qui incite, ou pas, à mettre en place le comportement observé. Les normes sociales résultent de différentes perceptions de l'individu au sein du contexte social et de ces proches. Il s'agit notamment de ce que pensent différents acteurs, que ce soit de la famille ou des amis, de ses comportements. Elles constituent une motivation, simulées par différents jugements et facteurs personnels, environnementaux ou institutionnels qui reflètent les dynamiques sociales.

Ajzen [24] désigne ces normes par les différentes pressions sociales perçues pour effectuer ou ne pas effectuer un tel comportement. Dans le contexte de la création d'entreprise, les normes sociales dépendent, d'une part, de l'encouragement qui est attendu par l'individu envers son engagement dans un projet de création de la part de son entourage proche et, d'autre part, de l'importance qu'il accorde à cette opinion [13]. La variable a été développée sur la base d'Ajzen [24] et de son utilisation en entrepreneuriat [13]. Ce construit combine des items rendant compte de l'encouragement de l'entourage de l'entrepreneur naissant, pondéré par l'importance que ce dernier accorde à cet encouragement.

H2: Les normes sociales ont une influence négative sur l'intention entrepreneuriale.

Le dernier élément est construit autour du contrôle perçu et défini autour de la perception qu'a la personne des difficultés à surmonter pour mettre en pratique un comportement étudié et une perception de la présence ou de l'absence des ressources et compétences individuelles nécessaires pour réaliser ce comportement [28]. Ainsi, selon Ajzen [24], le contrôle perçu correspond à la facilité ou la difficulté perçue afin de réaliser un comportement. En d'autre terme, ce contrôle renvoie à la perception de la faisabilité du comportement concerné. Selon Emin [32], le concept du contrôle perçu est un concept très proche de l'efficacité personnelle de Bandura [16], Ajzen [24], de même, que la faisabilité de Shapero et Sokol [32] et Tounès [28].

H3: Le contrôle perçu a une influence négative sur l'intention entrepreneuriale.

3 CADRE EMPIRIQUE

3.1 LE MONDE RURAL: CONTEXTE, CONTRAINTES ET OPPORTUNITÉS

Au Maroc, le monde rural a toujours occupé un poids socio-économique important. Il pèse environ 20% du PIB, recèle 43% des actifs du pays, assure plus de 72% des besoins en céréales du pays, 87% des besoins en lait et 100% en viandes ou encore en fruits et légumes. Toutefois, occupant plus de 90% de la superficie du Royaume, le monde rural accuse un retard notable en termes d'indicateurs de développement (faiblesse des infrastructures, enclavement, faible accès aux services de base, précarité, analphabétisme). Les territoires ruraux abritent actuellement plus de 33000 douars et centres ruraux (1 282 communes rurales, soit 85% des communes du pays), qui ont bénéficié de politiques publiques spécifiques mais semblent connaître encore des écarts de développement très importants.

Ces faiblesses structurelles, la pauvreté et les sécheresses qui affectent de temps en temps le Royaume, ont fortement contribué à l'exode rural. Ainsi, alors qu'en 1956, 70% des Marocains vivaient en milieu rural, sous l'effet surtout de l'exode

rural, les régions rurales du Maroc représentent, selon le dernier recensement de 2014, moins de 40% de la population marocaine, estimée à 33,84 millions d'habitants. En effet, le monde rural compte désormais 13,42 millions d'habitants.

Plusieurs projets ont été initiés par l'Etat au cours des 30 dernières années pour réduire les disparités entre le monde urbain et le monde rural. Dans le cadre de cette nouvelle approche, le Fonds de développement rural (FDR) (créé par la loi de Finances n°32-93, 28 février 1994), a pour vocation d'intervenir comme un levier qui aiderait à la mise en œuvre opérationnelle et volontariste du développement des territoires ruraux.

C'est ainsi qu'a été lancé en 1995 le Programme National des Routes Rurales (PNRR) (1995-2015) qui a permis la réalisation de 25500 km sur la période, portant le taux d'accessibilité du monde rural à 80%. Le Programme de réduction des disparités sociales et territoriales en milieu rural (2017-2023), prenant le relais, vise l'amélioration des conditions de vie du monde rural, le coût global se monte à 50 MMDH. Ce programme consacre 71% du coût global (soit 35,2 MMDH) au secteur des routes rurales.

Outre l'enclavement, les populations du monde rural souffraient de l'accès à l'eau potable et à l'électricité. En matière d'accès à l'eau potable, l'Etat a mis en place, en 1995, le Programme d'Approvisionnement Groupé en Eau potable des populations Rurales (PAGER). Grâce à ce programme, le taux d'accès des populations rurales à l'eau potable est passé de seulement 14% en 1994 à hauteur de 96,5% en 2017. Afin d'améliorer l'accès à l'eau potable dans le milieu rural, le Programme national pour l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation 2020-2027 et le Plan national de l'eau 20-50 ont mis en avant le renforcement et la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable dans ces parties du pays comme une priorité nationale. La tutelle prévoit que d'ici 2027, les programmes lancés seront poursuivis et d'autres seront lancés pour qu'à l'achèvement de leur réalisation, la totalité de la population rurale soit branchée à des systèmes structurants d'approvisionnement en eau potable.

Dans le même sillage, a été lancé en 1996 le Programme d'Electrification Rurale Global (PERG) visant à généraliser l'accès des populations rurales à l'électricité. Cette politique a permis de faire passer le taux d'électrification du monde rural de 18 % en 1995 à 99,7% en 2017.

Si la mise en place des infrastructures de base (routes, accès à l'eau et à l'électricité) a permis de réduire les disparités entre le monde urbain et le monde rural, il n'en demeure pas moins que la précarité est restée très prépondérante en milieu rural. De même, l'accès à l'école et à la santé reste loin d'être généralisé. Face à cette situation, l'Initiative Nationale du Développement Humain (INDH) fut lancé en 2005. Une initiative qui vise à lutter contre la pauvreté et l'exclusion en s'attaquant aux déficits sociaux de base (éducation, santé) et promouvoir les activités génératrices d'emplois et de revenus stables. Une partie importante des projets réalisés sont relatifs au programme de lutte contre la pauvreté en milieu rural.

Cette dynamique a été renforcée par les stratégies sectorielles en cours ayant un volet rural, notamment le «Plan Maroc Vert», la «Vision 2020 du Tourisme» et la «Vision 2015 de l'Artisanat». Le lancement, en 2008, du Plan Maroc vert (PMV), a fait de l'agriculture, un levier d'emploi et avenir du monde rural pour la promotion de l'entrepreneuriat dans le monde rural et agricole. La stratégie Génération green (2020-2030), a pris le relais et a mis l'accent sur la promotion de l'entrepreneuriat des jeunes dans le monde rural, notamment via la Melkisation (transfère de propriété des terres collectives au profit des ayant droit et à titre gracieux), qui constitue une véritable opportunité pour générer de nouveaux investissements modernes et plus rentables, notamment par les jeunes ayant-droits appelés à se regrouper dans des organisations professionnelles agricoles d'une nouvelle génération. Pour accompagner cette nouvelle stratégie, le Crédit Agricole du Maroc a développé des financements notamment, le programme Intelaka (démarrage), plus particulièrement dans son volet dédié au monde agricole « Al Moustatmir Al Qaraoui ». Les crédits qui seront accordés aux entrepreneurs ruraux bénéficieront d'un taux d'intérêt plafonné à 1,75%.

Du côté du tourisme, la vision 2020 visée à faire du tourisme l'un des moteurs de développement économique, social et culturel et affiché l'ambition de faire partie des 20 plus grandes destinations mondiales, grâce à un modèle touristique, qui combine une croissance soutenue avec une gestion responsable de l'environnement et le respect de l'authenticité socioculturelle. La vision convoite la mise en place de corridors thématiques reliant les territoires les uns aux autres et permettant de valoriser les multiples ressources naturelles et culturelles des régions et de promouvoir le tourisme dans les zones rurales. Près de 305 gîtes ruraux classés ont été recensés par le ministère du tourisme au niveau national au titre de l'année 2016. Pour la même année, un total de 2,31 milliards de DH de recettes ont été apportées par le tourisme rural, soit 3,9% des recettes touristiques nationales. Même si ces bénéfices directs paraissent réduits, ce tourisme de niche contribue à la dynamisation économique de plusieurs régions rurales du Maroc.

Le milieu rural joue un rôle important dans le développement de l'artisanat (Vision 2015) et ce, à travers les besoins de la clientèle au niveau local, national voir international, auxquels le secteur est susceptible de répondre. Ainsi, et d'après les derniers chiffres disponible, on constate que l'artisanat rural acquiert une importance accrue d'une année à l'autre. L'artisanat

rural a réalisé en 2017 un chiffre d'affaires de 8.7 Milliards de DH contre 2,14 milliards de dirhams en 2013, enregistrant ainsi un taux de croissance de +300% qui dépasse celui du milieu urbain. Pour ce qui est de l'emploi, l'artisanat en milieu rural est considéré comme une source importante de création d'emplois. Il accueille 33% de la main d'œuvre du secteur, c'est-à-dire 132.768 artisans et artisanes exerçant dans divers métiers. Cinq métiers réalisent une part de 78% du chiffre d'affaires rural, à savoir les vêtements traditionnels, le bois, le tapis, la poterie/pierre et le fer forgé, et emploient également 78% de la main d'œuvre de l'artisanat rural.

Globalement, si des avancées notables ont été obtenues au cours de ces dernières années, il n'en demeure pas moins que le fossé entre le rural et l'urbain demeure encore important. Face à cette situation, la Stratégie Nationale de Développement Rural (SNDR) a été mise en place dès 2015. La SNDR dissocie le développement rural et le développement agricole et propose d'aborder le développement rural en respectant un certain nombre de principes comme la participation des acteurs locaux, la territorialisation et l'intégration des actions de l'Etat. La SNDR vise à répondre à une série d'enjeux nationaux et d'ambitions prioritaires pour les territoires ruraux, qui peuvent être résumés comme suit: Améliorer l'attractivité du milieu rural et de la qualité de vie de la population (amélioration des conditions de vie et appui à l'urbanisation intermédiaire); Promouvoir la compétitivité de l'économie rurale (diversification des activités non agricoles génératrices de richesses et d'emploi); Assurer les conditions de durabilité environnementale (préservation de l'environnement des territoires ruraux et Gestion et valorisation du patrimoine naturel et culturel).

3.2 PRÉSENTATION DE L'UNIVERSITÉ

Etablissement public, régi par la loi n° 01-00, portant organisation de l'enseignement supérieur, l'université Ibn Zohr est dotée de la personnalité morale et de l'autonomie administrative et financière. Couvrant 5 régions du Royaume et présente dans 08 villes universitaires à travers ses 19 établissements, elle accueillant plus de 120 000 étudiants.

Tableau 1. Université Ibn Zohr en chiffres

Université Ibn Zohr - Agadir -									
Etablissement universitaire	2018-19 (1)	2019-2020							Var en % (2)-(1)/ (1)
		Global (2)	Dont						
			N.Inscrits	Cycle normal	Master	Doctorat	Féminin	Etrangers	
Faculté Chariâa Agadir	6 946	7 773	1 818	7 161	435	177	2 936	5	11,91
Fac Sciences de la Chariâa Es- Semara	1 540	1 612	280	1 612			951	1	4,68
FSJES Agadir	33 724	37 219	10 195	35 256	1 611	352	16 148	25	10,36
FSJES Ait melloul	16 258	17 721	5 362	17 585	136		8 106		9,00
FLSH Agadir	27 201	21 579	4 806	20 887	509	183	10 460	5	-20,67
FL, Arts et SH Ait melloul	4858	5 330	1 466	5 330			2 656		9,72
FS Agadir	10 498	9 556	2 666	8 877	291	388	4 569	88	-8,97
FS appliquées Ait Melloul	4939	5 484	1 832	5 484			2 519		11,03
FP Quarzazate	2 890	2 965	1 064	2 965			1 481	1	2,60
FP Taroudant	3 186	3 293	1 286	3 293			1 907	4	3,36
Centre universitaire Guelmim	6828	5 366	1 206	5 366			2 885		-21,41
FMPH Agadir	385	509	139	509			315	35	32,21
ENSA Agadir	1 349	1 500	288	1 270	54	176	649	8	11,19
ENCG Agadir	2 403	2 414	449	2 151	156	107	1 441	74	0,46
ENCG Dakhla	283	403	120	403			237	3	42,40
EST Agadir	1 606	1 503	753	1 503			934	12	-6,41
EST Guelmim	684	802	273	802			447		17,25
EST Laayoune	428	563	330	563			364		31,54
ESEF Agadir		203	203	203			136		-
Total	126 006	125 795	34 536	121 220	3 192	1 383	59 141	261	-0,17

Source: ministère de l'enseignement supérieur

3.3 LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Notre terrain d'étude est composé de 220 étudiants de l'université Ibn Zohr, issu de 6 établissements (voir le tableau 2). Il s'agit d'un échantillonnage guidé essentiellement par les commodités ou la facilité et non pas par le souci de représentativité. Le choix de ces établissements universitaires est d'abord motivé par la probabilité plus grande de trouver des étudiants ayant une intention entrepreneuriale, et ce, conformément aux résultats d'autres études [13]. Plusieurs études sur l'intention entrepreneuriale se sont focalisées, en effet, sur des étudiants de gestion ([16]; [21]; [28]).

Le questionnaire a tout d'abord été testé pour vérifier sa validité et pour pouvoir apporter éventuellement des modifications. La mesure des variables dépendantes de notre modèle (l'intention entrepreneuriale dans la région d'origine et ses antécédents) s'est effectuée par l'auto-administration, aux participants d'un questionnaire en ligne (google forms). Cette procédure a été choisie pour optimiser le taux de réponse, et en raison des restrictions sanitaires dû à la pandémie du Covid 19. Nous avons recueilli 323 questionnaires, dont 220 exploitables. La ventilation par établissements présente une bonne diversité.

Tableau 2. Composition de l'échantillon

Etablissement	Nombre d'étudiants
FSJES Agadir	60
FSJES Ait Melloul	43
ENCG Agadir	39
FP Ouarzazate	34
EST Agadir	24
FP Taroudant	20

Source: l'auteur

En préambule du questionnaire, il a été précisé que l'étudiant devait prendre la « création d'entreprise » dans une acception large. Comme toute création par un individu ou un petit groupe d'individus d'une structure quel qu'en soit le support juridique (entreprise, association, coopérative, personne physique, auto-entrepreneur...). Une définition volontairement large a été retenue, pour deux raisons. D'abord, les étudiants composant l'échantillon ne disposaient pas forcément des connaissances nécessaires pour envisager avec précision toutes les possibilités particulières de création. Ensuite, il s'agit de nous inscrire dans la continuité de Davidsson [26], qui considère comme centrale l'opposition entre salariat et création de son emploi, plutôt que l'opposition qui peut exister entre différentes situations de création.

Le questionnaire reprend les questions, relatives à la mesure des paramètres du modèle, sous la forme de 32 items mesurés sur une échelle de Likert à cinq positions. Les données recueillies ont été analysées selon des procédures statistiques standards (logiciel de traitement SPSS).

Tableau 3. Les items retenus

	Variable	Items
Variables dépendante	Intention	9 items
Variables indépendantes	Attitude	8 items
	Norme sociale	9 items
	Contrôle perçu	6 items

Source: l'auteur

Une première étape a permis de vérifier que les items étaient compréhensibles par les répondants. En particulier, les analyses en composantes principales (ACP) ont débouché sur le rejet de certains items utilisés pour chacun des 4 éléments. Pour s'assurer de la fiabilité de notre construit, nous avons eu recours à l'indicateur de fiabilité le plus utilisé Alpha de Cronbach qui « mesure la consistance interne d'un ensemble d'items » [2]. En se basant sur le seuil de cet indicateur 0,7 fixé par Nunnally [34], cette valeur indique que ce construit est fiable. En d'autres termes, l'échantillon d'items reproduit bien le construit « le comportement entrepreneurial ».

L'intention: pour pouvoir interpréter cette variable, nous avons élaboré 9 items. La première analyse de la cohérence interne révèle un α d'une valeur de 0,56. Ce résultat est sensiblement inférieur au seuil d'acceptation retenu. Ceci nous a invités à examiner la corrélation entre les items. Nous constatons que 3 items nuisent à la qualité de la cohérence de l'échelle. L'élimination de ces derniers améliore la cohérence interne, l'ACP a dégagé une valeur de 71,45% de la variance totale expliquée. Cette valeur est très satisfaisante.

L'attitude: associée au comportement nécessite un ensemble d'items (8 items). La première analyse de la cohérence interne révèle un α d'une valeur de 0,51. Ce résultat est sensiblement inférieur au seuil d'acceptation retenu. Ceci nous a invités à examiner la corrélation entre les items. Nous constatons que 4 items nuisent à la qualité de la cohérence de l'échelle. L'élimination de ces derniers améliore la cohérence interne, la corrélation entre les items retenus nous donne un résultat très satisfaisant environ de 74,33%. À ce stade de l'analyse, nous avons décidé de garder ces items.

Norme sociale: pour mesurer cette variable, nous élaborons un ensemble d'items (9 items). La première analyse de la cohérence interne révèle un α d'une valeur de 0,55. Ce résultat est sensiblement inférieur au seuil d'acceptation retenu. Ceci nous a invités à examiner la corrélation entre les items. Nous constatons que 3 items nuisent à la qualité de la cohérence de l'échelle. L'élimination de ces derniers améliore la cohérence interne, les résultats montrent une valeur satisfaisante de 72,66%, donc les items retenus sont fiables.

Contrôle perçu: l'influence des perceptions du contrôle s'exprime à travers 6 items. La première analyse de la cohérence interne révèle un α d'une valeur de 0,58. Ce résultat est sensiblement inférieur au seuil d'acceptation retenu. Ceci nous a invités à examiner la corrélation entre les items. Nous constatons que 2 items nuisent à la qualité de la cohérence de l'échelle. L'élimination de ces derniers améliore la cohérence interne, l'analyse de la cohérence interne permet de distinguer un coefficient de 75,15%. Dans ce sens, les items retenus sont fiables.

Les tests de vérification des hypothèses font appel à des méthodes explicatives, dont la régression simple. En se basant sur l'ajustement linéaire, cette méthode permet de vérifier des relations de cause (variable explicative) à effet (variable expliquée) entre deux variables métriques dont on a proposé un sens dans les hypothèses de recherche [35]. L'une des conditions d'application de la régression simple se rapporte au nombre d'observations requises. A cette fin, nous nous sommes basés sur l'ensemble de l'échantillon 220 étudiants. L'interprétation du test de régression simple se fait à trois niveaux: l'intensité de la relation entre les deux variables qui est calculée grâce au coefficient de corrélation R , la significativité de la liaison et la qualité de l'ajustement du modèle qui s'apprécie à travers le coefficient R^2 , ainsi que le test F de Fisher, et enfin, l'examen des résidus pour traduire la précision du modèle.

3.4 LES RÉSULTATS ET LES INTERPRÉTATIONS

Avant l'analyse des questions, nous avons souhaité étudier les caractéristiques de l'échantillon par le biais des variables suivantes: le genre, l'âge et le niveau d'étude. La spécification des propriétés des données indique que l'échantillon contient 44,5 % de femmes, soit 98 personnes, et 54,5% d'homme soit 122 personnes. 12,7 % des étudiants sont à un niveau bac + 1, 25,5 % bac + 2, 34,5 % bac + 3, 7,2 % bac + 4 et 2,2 % bac + 5. L'âge moyen est de 23,2 ans.

Dans ce qui suit, nous nous focaliserons sur les résultats de l'étude des relations entre les variables de notre modèle de recherche. Il s'agit, plus précisément, de confirmer ou infirmer les hypothèses de travail.

La première relation que nous avons souhaité vérifier revient logiquement à l'hypothèse H1, relative à l'influence que peut avoir l'existence d'une idée ou d'un projet d'entreprise plus ou moins formalisé influence positivement l'intention entrepreneuriale dans la région d'origine des étudiants. Le test de régression simple fourni, à ce propos, un résultat significatif. Le test de la régression laisse apparaître un coefficient de corrélation acceptable ($R^2 = 0,0924$) pour l'échantillon. La proportion de la variance de l'intention expliquée par l'attitude est égale à 92,4% (Sig = 0,00). Ainsi, conformément à notre hypothèse, l'existence d'une idée ou d'un projet d'entreprise plus ou moins formalisé influence positivement l'intention entrepreneuriale dans la région d'origine. Donc l'hypothèse 1 n'est pas rejetée.

La seconde relation que nous avons étudiée concerne les normes sociales et leur influence sur l'intention entrepreneuriale. Le test de la régression laisse apparaître un coefficient de corrélation acceptable ($R^2 = 0,0193$) pour l'échantillon. La proportion de la variance de l'intention expliquée par l'attitude est égale à 19,3% significative (Sig = 0,00). Ainsi, conformément à notre hypothèse, il n'y a pas de lien entre les normes sociales et l'intention entrepreneuriale dans la région d'origine. Donc l'hypothèse 2 n'est pas rejetée.

La dernière relation que nous avons étudiée concerne le contrôle perçu et l'influence sur l'intention entrepreneuriale. Le test de la régression laisse apparaître un coefficient de corrélation acceptable ($R^2 = 0,0254$) pour l'échantillon. La proportion de la variance de l'intention expliquée par l'attitude est égale à 25,5% (Sig = 0,00). Ainsi, conformément à notre hypothèse, il

n'y a pas de lien entre le contrôle perçu et l'intention entrepreneuriale dans la région d'origine. Donc l'hypothèse 3 n'est pas rejetée.

Les résultats de cette recherche semblent apporter des éléments stimulants pour la réflexion relative aux intentions entrepreneuriales des étudiants du monde rural. Tout d'abord, d'un point de vue très descriptif, l'étude montre l'intérêt porté par les étudiants à la création d'entreprise. En effet, 71% des étudiants interrogés trouvent l'idée de créer leur entreprise attractive; toutefois, 85% d'entre eux envisage cette alternative en dehors de leurs régions respectives. Les interrogés s'accordent cependant sur trois points essentiels quand il s'agit d'entreprendre: 89% reconnaissent que la recherche de financement est la première barrière rencontrée lors de la création d'une entreprise; 84% estiment qu'il existe un véritable manque de formation et d'informations pour se lancer, 62% des enquêtés révèlent l'absence de foncier comme contrainte pour se lancer en entrepreneuriat.

D'un autre côté cette possibilité n'est pas envisager à court terme, en effet, leur premier choix s'avère la possibilité de travailler pour le gouvernement, suivie de très près par la possibilité de travailler pour une grande entreprise. Ainsi, de façon générale, l'entrepreneuriat ne semble pas susciter l'intérêt immédiat chez les étudiants. On remarque, par ailleurs, un intérêt plus marqué chez les étudiants de sexe masculin, à la lumière des réponses relatives aux possibilités d'exercer une profession libérale de façon autonome, de lancer sa propre entreprise. Les résultats de nos analyses démontrent que 68% des étudiants et étudiantes interrogés déclarent vouloir quitter la région d'origine après avoir achevé leurs études universitaires. Quant aux raisons invoquées pour justifier leur choix, les possibilités économiques arrivent au premier rang 47%, suivies par le désir d'élargir son horizon 24%; 16% préfèrent la vie urbaine. En effet, les entrepreneurs dans les zones rurales sont confrontés à une série de défis spécifiques que l'on ne rencontre généralement pas dans un contexte urbain et qui découlent principalement de l'accessibilité variable des zones rurales, de la petite taille des communautés rurales et de leur faible densité de population, de leur composition sociale et économique et de la nature des liens internes et externes [16].

Le manque d'expérience, l'appréhension du risque, le manque d'accompagnement, expliquent l'inhibition des jeunes ruraux face au développement d'un projet. 80% des enquêtés accusent l'absence de structures d'appui et d'accompagnement comme obstacle pour l'entrepreneuriat rural. Par rapport aux travaux antérieurs [28], ces résultats portent à croire que des efforts importants doivent être consentis par les universités avant que l'entrepreneuriat devienne une solution viable pour contrer l'exode des étudiants et étudiantes universitaires.

De la même manière les étudiants interpellés déclarent que leur entourage ne serait pas d'accord pour qu'ils créent leur propre entreprise. Évoluer dans un environnement familial qui n'accepte pas la création d'entreprise comme alternative de l'un des siens semble constituer un facteur ayant un impact sur la naissance de l'Intention. D'un autre côté, il apparaît que 56% s'estiment capables de créer leur entreprise et, enfin, que 15% jugent probable qu'à l'issue de leurs études ils créent leur entreprise.

4 CONCLUSION

Faire de l'entrepreneuriat rural un axe stratégique du développement socio-économique du Maroc requiert une évolution des politiques publiques et des mentalités. En dépit des efforts qui ont été consentis ces dernières années pour améliorer les conditions de vie des populations, le monde rural demeure encore marqué par la pauvreté et la précarité. Les programmes institutionnels continuent à favoriser le développement de l'entrepreneuriat dans les villes au détriment des campagnes. Le monde rural est resté longtemps en marge de cette dynamique.

L'entrepreneuriat des jeunes ruraux fait face à plusieurs contraintes entre autres la difficulté d'accès au capital foncier, au financement et à la formation en entrepreneuriat. Les ruraux poussés à la création d'entreprise ne perçoivent pas de meilleures alternatives d'emploi, ils ne possèdent aucun des traits caractéristiques reconnus aux entrepreneurs à succès. Ils ont une forte aversion au risque, des doutes importants tout au long du processus et souhaitent majoritairement redevenir salariés. L'entrepreneuriat liés à la création par nécessité s'avérer à moyen et long terme plus coûteux pour la société que ne l'est le problème du chômage de longue durée lui-même [12].

Somme toute, pour réellement encourager les jeunes étudiants ruraux de la génération Y à s'investir à l'entrepreneuriat l'accent devrait se focaliser sur l'innovation et l'utilisation des technologies. Ces programmes s'appuieraient sur le savoir-faire local pour l'améliorer ou encourageraient l'adoption de nouvelles pratiques entrepreneuriales modernes. Il est recommandé de miser sur la mise en œuvre des programmes de formation qui visent la promotion de l'entrepreneuriat rural. L'accès à l'accompagnement devrait être rendu plus accessible dans les territoires ruraux. Ainsi, les futures générations pourraient se sentir soutenues et accompagnées dans la création de leur entreprise.

La portée de ce travail vise à mieux cerner l'intention de quitter les provinces d'origine des étudiants et étudiantes universitaires après leurs études; et si l'entrepreneuriat pourrait être, de leurs point de vue une solution viable pour contrer cet exode. Les résultats font sortir que l'intention entrepreneuriale pouvait s'étendre sur une durée relativement longue, au cours de laquelle son intensité pouvait considérablement varier. L'entrepreneuriat comme solution possible à l'exode ne semble pas viable dans l'immédiat. Une majorité semble afficher une plus grande certitude quant à leur intention de quitter la région d'origine.

Néanmoins, ces résultats sont à relativiser, de par la structure de l'échantillon considérée. Nous envisageons trois pistes d'investigation futures sur l'intention entrepreneuriale chez les ruraux. La première a trait à une comparaison entre étudiants et des autres jeunes ruraux rester sur place. Deuxième piste d'investigation, ces résultats méritent d'être comparés à des résultats issus d'études longitudinales.

REFERENCES

- [1] HCP, Le Maroc en chiffres, Haut-Commissariat au Plan du Maroc, 2020.
- [2] Churchill G.A., A paradigm for developing better measures of marketing constructs, *Journal of Marketing Research*, 16, 1 64 – 73, 1979.
- [3] Boutillier, S. et Uzunidis, D., L'empreinte historique de la théorie de l'entrepreneur. Enseignements tirés des analyses de Jean-Baptiste Say et de Joseph Aloïs Schumpeter. *Innovations*, 3 (3), 97-119, 2014.
- [4] Julien, P.A. et M. Marchesnay, L'entrepreneuriat, Paris, Economica, collection Gestion/Poche, 1996.
- [5] Robbins S., Decenzo D., Management, L'essentiel des concepts et des pratiques, Editions Nouveaux Horizons, Paris, 2008.
- [6] Armijos, Dabson, Johnson, Rural Entrepreneurship in a Time of Recession, *Entrepreneurship Research Journal*, 2012.
- [7] Begley, T.M. et Boyd, D.P., Psychological characteristics associated with performance in entrepreneurial firms and smaller businesses. *Journal of Business Venturing*, 1987.
- [8] Baum, J. et Locke, E.A., The relationship of entrepreneurial traits, skill, and motivation to subsequent venture growth. *Journal of Applied Psychology*, 89/4, 587-598, 2004.
- [9] Audet, J., L'intention de créer sa propre entreprise: un désir bien ancré en soi ou un état d'âme passager?, Conférence de l'Association des sciences administratives du Canada (ASAC), Halifax, Canada, 2003.
- [10] Nikolae, Boudreaux, et Palich, Cross-Country Determinants of Early-Stage Necessity and Opportunity-Motivated Entrepreneurship: Accounting for Model Uncertainty, *Journal of Small Business Management*, 2018.
- [11] Bird, B., Implementing entrepreneurial ideas: the case for intention. *Academy of Management Review*, 1988.
- [12] Muller P., Gerbaux F., Faure A. Les entrepreneurs ruraux, agriculteurs, artisans, commerçants, élus locaux. L'Harmattan, Paris, 1989.
- [13] Saleilles S., Accompagner le candidat à l'installation en milieu rural, ERFI ISEM - Université Montpellier, France, 2005.
- [14] Dumais M., Jean B., Morin S.A. et Dionne S., La propriété locale des entreprises, la relève entrepreneuriale et le développement des collectivités. Université du Québec à Rimouski, Québec, 2005.
- [15] Berthelot S., L'entrepreneuriat: une solution à l'exode des jeunes du Canada atlantique?, Johann Vallerand et Yves Robichaud Francophonies d'Amérique, n°23-24, 2007.
- [16] Moreau, R., Quelle stabilité pour l'intention entrepreneuriale ?, 8^{ème} Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME (CIFEPME), 25/26/27 octobre, 2006.
- [17] Callois J.M., Capital social et développement économique local. Pour une application aux espaces ruraux français, RERU, 2004.
- [18] Torre A., Filippi M., Proximités et changements socio-économiques dans les mondes ruraux, INRA Editions Zalio P-P., Terri, 2005.
- [19] Moreau, F., Bernasconi, M., La temporalité comme critère différenciateur des modes de développement des jeunes entreprises innovantes à fort potentiel de croissance, *Gestion* 2000, 2, 107-124, 2004.
- [20] Krueger N.F., Carsrud A.L., Entrepreneurial intentions: Applying the theory of planned behaviour, *Entrepreneurship and Regional Development*, vol. 5, p. 315-330, 1993.
- [21] Krueger N.F., Reilly M.D., Carsrud A.L., Competing models of entrepreneurial intentions, *Journal of Business Venturing*, vol. 15, p. 411-432, 2000.
- [22] Tounès, A., L'intention entrepreneuriale des étudiants: le cas français. *La Revue des Sciences de Gestion*, 2006.
- [23] Raijman R., Determinants of entrepreneurial intentions: Mexican immigrants in Chicago, *Journal of Socio-Economics*, 30, p. 393-411, 2001.
- [24] Ajzen I., The theory of planned behavior, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 50, p. 179-211, 1991.

- [25] Shapero A., Sokol L., « The social dimensions of entrepreneurship”, in Encyclopedia of entrepreneurship, Englewood Cliffs: Prentice Hall, inc., Chapter IV, p. 72-90, 1982.
- [26] Davidsson P., « Determinants of entrepreneurial intentions”, RENT IX Workshop, Piacenza, Italy, nov. 23-24, 1995.
- [27] Autio E., Keely R.H., Klofsten M., Entrepreneurial intent among students: testing an intent model in Asia, Scandinavia and USA, Frontiers of Entrepreneurship Research, Babson College, p. 133-147, 1997.
- [28] Tounés A., L'intention entrepreneuriale: une recherche comparative entre des étudiants suivant des formations en entrepreneuriat (bac + 5) et des étudiants en DESS CAAE, Thèse pour le doctorat es Sciences de Gestion, Université de Rouen, 2003.
- [29] Tessier-Dargent, C., Les paradoxes de l'entrepreneuriat de nécessité: Strapontin ou tremplin ?, Entreprendre & Innover, 2014.
- [30] Gundry L. K., Welsch H. P., The ambitious entrepreneur: High growth strategies of women-owned enterprises, Journal of Business Venturing, vol. 16, n° 5, p. 453-470, 2001.
- [31] Groen, A., J. Ulijn and A. Fayolle, Teaching diversity in technology entrepreneurship: Some experiences from The Netherlands and France, International Journal of Entrepreneurship and Small Business, 3 (5), 517-537, 2006.
- [32] Emin S., L'intention de créer une entreprise des chercheurs publics: le cas français, Thèse de doctorat ès Sciences de Gestion, Université de Grenoble 2 - Ecole Supérieure des Affaires, 2003.
- [33] Liñán, F. & Chen, Y., Development & Cross-Cultural Application of a Specific Instrument to Measure Entrepreneurial Intentions, Entrepreneurship: Theory & Practice, 33 (3): 593-617, 2009.
- [34] Nunnally, J. C., Psychometric theory (2e éd.). New York: McGraw-Hill, 1978.
- [35] Evrard Y., Pras B. et Roux E., Market: Etudes et recherches en marketing, Dunod, 2000.

Caractérisation chimique des scories et boues des fonderies qui recyclent la mitraille à Kinshasa-RDC: Qualité et quantité relatives des polluants du substratum remblayé par ces matériaux

[Chemical characterization of slag and sludge from foundries that recycle scrap metal in Kinshasa-DRC: Relative quality and quantity of pollutants from the substratum backfilled with these materials]

Joseph M. Kakundika¹, Dieudonné E. Musibono¹, Virima Mudogo², and Ndongala Lufimpadio³

¹Département de l'environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Département de Chimie-physique, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

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

ABSTRACT: For nearly a decade and a half, some foundries that recycle scrap metal have been established in Kinshasa, the capital of the Democratic Republic of Congo. These foundries produce annually, as do other foundries, thousands of tons of solid waste, the mismanagement of which was demonstrated in our previous article in the same press. The waste from the foundries being counted among the dangerous waste, it immediately seemed useful to us to determine their chemical composition.

After chemical analyses by X-ray fluorescence spectrophotometry (XRF) on 15 samples of slag and 15 samples of sludge from three of the said foundries, the following results were obtained (i) qualitatively, the sludge of the foundries is composed of Na₂O, CaO, Cr₂O₃, MnO, Fe₂O₃, NiO, CuO, La₂O₃, Eu₂O₃, Yb₂O₃, OsO₄, Br, SiO₂, K₂O, TiO₂, V₂O₅ and ZnO while the slag contains in addition to these last components Ti₂O₃, Sc₂O₃, SrO, ZrO₂, Nb₂O₅, RuO₂, BaO, Re₂O₇, Al₂O₃, Au, MgO, Rb₂O and HgO, (ii) On the semi-quantitative level, the chemical analyses indicate that Fe₂O₃ is the most preponderant component in the sludge with an average mass concentration evaluated at more than 85%, followed by Na₂O [6.33%], SiO₂ [5.3%], MnO [1.5%]. Eu₂O₃, Cr₂O₃ and CuO have concentrations in the order of the tenth (10⁻¹), while the majority of the remaining components have concentrations in the order of the hundredth (10⁻²), except Re₂O₇, ZrO₂, SrO and V₂O₅ whose concentrations are small in the order of the thousandth (10⁻³). On the other hand, the main component of the slag is SiO₂ concentrated at 36% of the average total weight, followed by Fe₂O₃ [23%], MnO [15.5%], Al₂O₃ [10%], Cr₂O₃ [1.5%], Na₂O [1.1%] which are the major components. TiO₂, BaO, ZnO, MgO, SrO, K₂O, V₂O₅, RuO₂ have concentrations on the order of tenths ranging from 0.8 ≥ x ≥ 0.112, ZrO₂, Eu₂O₃, Nb₂O₅, Re₂O₇ have concentrations on the order of hundredths ranging from 0.047 ≥ x ≥ 0.02 and NiO, Au, Sc₂O₃, Ti₂O₃ and Br have relative concentrations on the order of thousandths ranging from 0.00333% ≥ x ≥ 0.001%.

The comparison of the different compositions of the sludge and slag indicates that the slag from the FAMECO smelter, not only has several components related to the other two smelters, but also has higher or lower relative concentrations than the other two. Finally, the pooling or mixing of sludge and slag at the time of disposal indicates that the contribution of pollutants from the slag is far more abundant (78%) than from the sludge (22%).

KEYWORDS: Sludge, slag, foundries, scrap metal, pollutants, bedrock, fills.

RESUME: Depuis près d'une décennie et demie, des fonderies qui recyclent la mitraille/ferraille se sont installées à Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo. Celles-ci produisent annuellement, à l'instar d'autres fonderies, des milliers de tonnes de déchets solides dont la mauvaise gestion a été démontrée dans notre article intitulé « Repérage, géolocalisation et caractérisation des sites de rejets des scories et boues des fonderies (SBF) qui recyclent la mitraille à Kinshasa: RDC » (sous même presse). Les déchets des fonderies étant comptés parmi les déchets dangereux, il nous a aussitôt semblé utile de déterminer leurs compositions chimiques.

Au bout d'analyses chimiques par spectrophotométrie à fluorescence X (XRF) réalisées sur 15 échantillons des scories et 15 des boues des trois desdites fonderies, il en est ressorti les résultats ci-après: (i) sur le plan qualitatif, les boues des fonderies sont composées de Na_2O , CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Yb_2O_3 , OsO_4 , Br , SiO_2 , K_2O , TiO_2 , V_2O_5 et ZnO tandis que les scories renferment en plus de ces derniers composants Ti_2O_3 , Sc_2O_3 , SrO , ZrO_2 , Nb_2O_5 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 , Al_2O_3 , Au , MgO , Rb_2O et HgO , (ii) Sur le plan semi-quantitatif, les analyses chimiques indiquent que Fe_2O_3 est le composant le plus prépondérant dans les boues avec une concentration massique moyenne évaluée à plus de 85 %, suivi des Na_2O [6,33%], SiO_2 [5,3 %], MnO [1,5 %]. Eu_2O_3 , Cr_2O_3 et CuO ont des concentrations de l'ordre du dixième (10^{-1}), tandis que la majorité de composants restants ont des concentrations de l'ordre du centième (10^{-2}), hormis Re_2O_7 , ZrO_2 , SrO et V_2O_5 dont les concentrations sont petites de l'ordre du millièm (10^{-3}). En contrepartie, le composant principal des scories est SiO_2 concentré à 36 % du poids total moyen, suivi de Fe_2O_3 [23 %], MnO [15,5 %], Al_2O_3 [10 %], Cr_2O_3 [1,5 %], Na_2O [1,1 %] qui en sont les composants majeurs. TiO_2 , BaO , ZnO , MgO , SrO , K_2O , V_2O_5 , RuO_2 ont des concentrations de l'ordre du dixième variant entre $0,8 \geq x \geq 0,112$, ZrO_2 , Eu_2O_3 , Nb_2O_5 , Re_2O_7 ont des concentrations de l'ordre de centième variant entre $0,047 \geq x \geq 0,02$ et NiO , Au , Sc_2O_3 , Ti_2O_3 et Br ont des concentrations relatives de l'ordre de millièm variant entre $0,00333\% \geq x \geq 0,001\%$.

La comparaison des différentes compositions des boues et scories indique que les scories de la fonderie FAMECO, non seulement comportent plusieurs composants en rapport avec les deux autres fonderies, mais aussi disposent des concentrations relatives plus ou moins élevées que ne le sont celles des deux autres. Enfin, la mise en commun ou le mélange des boues et scories lors de leurs mise en décharge indique que l'apport en polluants des scories est de loin beaucoup plus abondant (78%) que celui des boues (22%).

MOTS-CLEFS: Boues, scories, fonderies, mitraille, polluants, substratum, remblais.

1 INTRODUCTION

Lors du processus de recyclage des matériaux métalliques dans une fonderie, il se pose plusieurs questions environnementales qui rentrent principalement dans les catégories suivantes: émissions atmosphériques, production de plusieurs tonnes de déchets solides et des volumes importants des eaux usées mais aussi le bruit typique qui gêne les populations riveraines de ces installations. Des poussières et des matières particulaires sont générées à chaque stade dudit processus, et contiennent des niveaux variables d'oxydes minéraux, de métaux et d'oxydes métalliques. Les émissions de poussière proviennent des processus thermiques, chimiques/physiques et des actions mécaniques [1].

Les déchets solides des fonderies comprennent les déchets de sable, les scories qui proviennent de la désulfuration et de la fusion ou la désoxygénation, les poussières collectées à l'intérieur des systèmes de maîtrise des émissions, les déchets réfractaires et les liqueurs et boues d'épuration.

Les scories des fonderies sont des résidus de fabrication des objets métalliques après fusions des minéraux (première fusion) ou des matériaux métalliques recyclés (seconde ou énième fusion). Il existe d'autres types de scories comme par exemple les scories volcaniques, etc. Leurs compositions chimiques dépendent étroitement de la composition des matières premières utilisées (par la fonderie) mais aussi de la technologie mis au point pour ce faire [2].

Les boues et scories ont souvent des compositions chimiques complexes et contiennent une variété de contaminants qui proviennent de la croute terrestre ou des métaux des ferrailles. Elles peuvent constituer environ 25 % des déchets solides produits par une fonderie. Les composants des scories sont généralement des oxydes métalliques, des réfractaires fondus, du sable et des cendres de coke (le cas échéant) [1]. Des fondants peuvent être également ajoutés pour faciliter le retrait des scories du four. Les boues et scories peuvent être dangereuses si elles contiennent du plomb, du cadmium, du chrome ou d'autres éléments toxiques provenant de la fusion de l'acier ou des métaux non ferreux. Pour ce faire, les scories et boues des fonderies doivent faire l'objet de mesures de prévention et de maîtrise de la pollution.

C'est ce qui justifie l'objet du présent article qui se veut mettre en évidence la composition chimique des boues et scories des fonderies qui recyclent la mitraille à Kinshasa, République Démocratique du Congo.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE ET SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Notre démarche s'est basée sur deux types d'échantillons à savoir les boues et les scories générées par les fonderies qui recyclent la mitraille. Les échantillons ont été prélevés dans trois fonderies actives qui recyclent actuellement ces matériaux à Kinshasa à savoir les fonderies WAN-SHENG (14^{ème} rue Limete), FAMECO (17^{ème} rue Limete) et BENIPROS (Quartier Ndanu, Limete).

Les échantillons des boues et scories de la fonderie BENIPROS ont été obtenu (par achat) toujours dans la matinée (entre 6 et 7 heures) devant la porte d'entrée de la société, car c'est cet endroit qui leurs sert de lieu de transit avant leurs liquidation. S'agissant des échantillons des scories de la société FAMECO, ils ont été recueillis au sein de la fonderie. Quant à la fonderie Wan Sheng, nous avons été obligé d'acheter également l'équivalent minimum d'un chariot (± 2 tonnes) toutes les fois que nous avons besoin d'un échantillon. Le sectionnement de ces différents échantillons en petits échantillons représentatifs a été réalisé par la technique de quartage.

Par souci de comparaison mais surtout pour vérifier la thèse selon laquelle les fonderies concernées ne font pas de sélection préalable des matériaux à leurs dispositions avant la mise au four et que chaque échantillon pouvait contenir de différences dans leurs compositions chimiques, cinq échantillons de scories et cinq de boues par fonderie ont été prélevés au cours d'une période de 35 jours, en raison d'un échantillon tous les sept jours. Les résultats donnés dans cet article sont des moyennes arithmétiques calculées en fonction des résultats détaillés pouvant être consultés dans la base de données à notre disposition.

2.2 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les grosses particules des scories ont été ramassées tandis qu'une pelle en acier avait servi pour prélever les échantillons des boues et les petites particules des scories. Un sac en plastique (± 30 kg) était rempli par catégorie d'échantillon. Le remplissage du sac se faisait moyennant différentes strates de sous échantillons soutirés à des différents points du tas trouvé sur place autant en profondeur que superficiellement. Le transport des échantillons était assuré par moto. Les échantillons ainsi prélevés étaient conservés dans un milieu sec et en l'absence des rayons solaires (lumière) avant leur traitement physique.

2.3 TRAITEMENT PHYSIQUE DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons à notre portée étaient des volumes et dimensions différentes et devaient ipso facto passer par un traitement physique approprié en vue de les ramener à un état granulométrique facilement soluble. Cette transformation de l'échantillon a été réalisée d'abord au laboratoire de service de broyage du Centre de Recherche Géologique et Minéralogique de Kinshasa (CRGM) suivant le protocole ci-après: (i) les échantillons grossiers des scories sont concassés à l'aide d'un marteau en acier dur. Cette première étape permet d'obtenir des particules dimensionnées à ± 100 mm de diamètre; (ii) l'échantillon est ensuite introduit dans un concasseur à deux mâchoires l'une mobile et l'autre fixe. La fragmentation se fait pratiquement par écrasement entre les deux mâchoires dont les plaques d'usure sont en acier dur. Les particules obtenues en fin d'opération ont une dimension de ± 3 mm de diamètre; néanmoins, l'échantillon des boues déjà en petits granulat ne passe pas par les deux premières étapes mais est soumis au séchage à l'étuve à 140°C pendant au moins 10 heures; (iii) ces échantillons sont ensuite placés dans un broyeur qui le rend en poudre. La fragmentation résulte donc des chocs et des impacts des corps broyant des grains ainsi que des frottements et de l'abrasion (action d'user par frottement des solides entre eux). Cette abrasion ne devient prépondérante que lorsque les particules deviennent plus fines ou poudreuses. L'appareil utilisé pour cette fin est un broyeur de marque BIEBTEBCHN.

2.4 CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT DES ÉCHANTILLONS AU LABORATOIRE

Les échantillons solides traités sont emplies dans des bocaux plastics ambrés puis rangés dans une glacière bien nettoyée et sèche. Cette dernière va être transportée jusqu'au laboratoire de l'OCC à Lubumbashi où ont été réalisées les analyses chimiques de tous les échantillons.

Avant les analyses chimiques, les échantillons sont séchés à l'étuve à 105°C pendant au moins 4 heures pour dissiper l'humidité résiduaire puis broyés de nouveau moyennant un vibro-broyeur géant afin de les réduire aux dimensions granulométriques d'au moins $75\ \mu\text{m}$ en suivant le protocole ci-après: nettoyer les godets avec de la silice, souffler les godets avec de l'air comprimé et essuyer l'intérieur, numéroter les godets (code laboratoire), placer les échantillons dans les godets

et allumer le vibro-broyeur, retirer les échantillons du vibro-broyeur et les homogénéiser. Les échantillons issus de ce processus ont des dimensions de $\pm 75\mu\text{m}$.

N.B. La contamination entre deux échantillons qui se succèdent au broyage a été évitée par usage de la poudre en silice.

2.5 MÉTHODES D'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

La détermination de la composition des scories des fonderies de la mitraille a été faite par spectrométrie de fluorescence X en faisant usage du Spectrophotomètre à fluorescence X MUNIPAL 4. Ce spectrophotomètre permet d'analyser simultanément 12 échantillons suite à ses 12 matrices incorporées réceptrices des cuvettes appropriées (godets) pour les analyses des échantillons. Les méthodes statistiques ont été mises en œuvre dans l'analyse des données expérimentales.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 COMPOSITION CHIMIQUES DES BOUES DES FONDERIES DE LA MITRAILLE

3.1.1 COMPOSITION CHIMIQUE DES BOUES DE LA FONDERIE WAN-SHENG

Les résultats d'analyses de laboratoire montrent que les boues de la fonderie Wan-Sheng sont composées de SiO_2 , K_2O , CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Na_2O , ZnO et du Br. Il se dégage cependant que Fe_2O_3 est le composant le plus prépondérant dans lesdites boues avec une moyenne dégagée de 85,2%, suivi de loin de Na_2O avec la concentration moyenne d'au moins 7,4%, de SiO_2 dont la concentration moyenne est de 5,12%, et MnO avec une concentration de 1,1%. En définitif ces composantes à eux seules représentent une concentration maximum de près de 98,8% tandis que d'autres composants titrent 1,2% seulement du poids totale de l'échantillon reparti comme suit: Eu_2O_3 [0,52] > CaO [0,476] > Cr_2O_3 [0,2] > CuO [0,109] > Br [0,09] > K_2O [0,03] > La_2O_3 [0,02] > NiO [0,008] > ZnO [0,001].

Par ailleurs, CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , CuO et Br ont été dosés littéralement dans tous les cinq échantillons, La_2O_3 et Eu_2O_3 ont été testés dans quatre échantillons, SiO_2 dans trois échantillons, K_2O et NiO dans deux, tandis que ZnO et Na_2O (malgré sa plus grande participation à la concentration moyenne de la boue) ont été dosés dans un seul échantillon. Ce qui atteste que ces derniers éléments sont rares dans les boues de la fonderie Wan-Sheng.

De la comparaison de la variabilité des concentrations des différents composants des boues de la fonderie WAN-SHENG, le constat est que sur tous les points de vue, les résultats d'analyses diffèrent les uns les autres. Associé au fait que les contenus des boues ne se répètent pas dans tous les échantillons, le constat à dégager est que les inputs de cette fonderie ne sont pas toujours les mêmes et n'ont pas toujours les mêmes compositions chimiques.

3.1.2 COMPOSITION CHIMIQUE DES BOUES DE LA FONDERIE FAMECO

L'examen des données de laboratoire relatives à l'analyse des boues de la fonderie FAMECO indique que la composition relative de ces dernières comprend un ensemble de vingt et un (21) oxydes notamment Na_2O , CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Yb_2O_3 , OsO_4 , SiO_2 , K_2O , TiO_2 , V_2O_5 , ZnO , SrO , ZrO_2 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 ainsi que Br.

Néanmoins, il y a lieu de noter qu'à eux seuls, Fe_2O_3 [80%], SiO_2 [10,5%], Na_2O [5,5%] et MnO [2,63%] renferment 98% de la concentration globale des boues issues de cette fonderie tandis que les autres composants ne comprennent que 2% de leurs concentrations moyennes répartie de la manière suivante: CaO [0,48%] > Eu_2O_3 [0,326%] > Cr_2O_3 [0,284%] > CuO [0,165%] > TiO_2 [0,14%] > Br [0,066%] > ZnO [0,05%] > RuO_2 [0,046%] > Yb_2O_3 [0,034%] $\equiv$ K_2O [0,034%] > NiO [0,0336%] > OsO_4 [0,022%] > La_2O_3 [0,014%] > V_2O_5 [0,01%] $\equiv$ SrO [0,01%] $\equiv$ ZrO_2 [0,01%] > Re_2O_7 [0,004%].

Aussi, six oxydes seulement ont été dosés dans tous les cinq échantillons prélevés pour le compte de cette fonderie: il s'agit de CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO et CuO ; les La_2O_3 et Yb_2O_3 ont été dosés quatre fois tandis que Eu_2O_3 et Br l'ont été trois fois, OsO_4 deux fois et le reste qui constituent la majorité des composantes des boues de la fonderie FAMECO ont été testés dans un seul échantillon. Il y a lieu de noter que de cette dernière catégorie de classement (fréquence = 1), Na_2O a été dosé uniquement dans l'échantillon 1 tandis que SiO_2 , K_2O , TiO_2 , V_2O_5 , ZnO , SrO , ZrO_2 , RuO_2 , BaO et Re_2O_7 ont été dosés uniquement dans l'échantillon numéro 3 (BFAM 3) imprimant à ce dernier les caractéristiques typiques des scories tel que nous aurons à le démontrer un peu plus tard. Ce qui envisage que cet échantillon aurait été contaminé par les scories.

Une analyse approfondie des résultats relatifs à la composition des boues de cette fonderie montre que les concentrations de CaO sont restées stables autour de la moyenne avec un écart type relativement faible mais bien comparés à la médiane qui

est de 0,16. Il en est de même de ceux de Cr_2O_3 dont seulement les résultats de l'échantillon 3 ont écarté la moyenne. Quant à MnO , les résultats sont loin de se regrouper autour de la moyenne vue l'écart type vraisemblablement élevé de plus du double de celle-ci; c'est idem pour le Fe_2O_3 dont deux échantillons s'écartent fortement des autres à des écarts considérablement significatifs de 9/11 pour l'un et 1/3 pour l'autre. Pour les restes, c'est pareils.

Il est donc clair que la composition des boues de la fonderie FAMECO n'a pas été la même dans les cinq échantillons prélevés et que les concentrations des éléments qui se sont répétés n'ont pas été les mêmes au cours de cinq analyses.

3.1.3 COMPOSITION CHIMIQUE DES BOUES DE LA FONDERIE BENIPROS

Un coup d'œil analytique sur les résultats d'analyse chimique des boues de la fonderie BENIPROS indique que celles-ci renferment douze oxydes notamment CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Na_2O , Yb_2O_3 , SiO_2 , NiO et OsO_4 y compris le brome (Br). Néanmoins, à eux seuls, Fe_2O_3 et Na_2O demeurent les deux composants dominants avec respectivement 91% et 6,4%, soit un total de 97,4% de la concentration massique totale moyenne des boues issues de cette fonderie tandis que les autres composants se partagent à des proportions différentes les 2,6% du poids total de la boue comme suivant: MnO [0,76%] > Eu_2O_3 [0,732%] > Cr_2O_3 [0,258%] > SiO_2 [0,202%] > CaO [0,16%] > CuO [0,123%] > Br [0,0794%] > Yb_2O_3 [0,024%] > OsO_4 [0,014%] > NiO [0,04%].

Par ailleurs, la majorité de composants (7/12) notamment CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , CuO , Eu_2O_3 et Br ont été dosés dans tous les cinq échantillons de boues prélevés, La_2O_3 a été détecté dans quatre échantillons, Yb_2O_3 dans trois, NiO dans deux et Na_2O (malgré sa concentration fortement représentée), SiO_2 et OsO_4 ont été dosés dans un seul échantillon.

La comparaison des concentrations de composants qui se sont répétés prouve que les composants identifiés dans les boues échantillonnées au sein de cette fonderie présentent des concentrations nettement regroupées autour de leurs moyennes respectives avec des écarts type inférieurs aux moyennes.

3.1.4 CORRÉLATION ENTRE LA COMPOSITION DES BOUES DES FONDERIES DE LA MITRAILLE

Nous portons dans le tableau 1. les données préalables pour matérialiser la corrélation existante entre les compositions chimiques des boues de différentes fonderies examinées.

Tableau 1. *Lien entre concentrations massiques (en %) des boues des fonderies de la mitraille*

	Na_2O	CaO	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	NiO	CuO	La_2O_3	Eu_2O_3	Yb_2O_3	OsO_4
WAN SH	7,4	0,5	0,2	1,05	85,2	0,01	0,11	0,02	0,52		
FAMECO	5,2	0,5	0,3	2,62	80	0,034	0,17	0,014	0,33	0,034	0,022
BENIPROS	6,4	0,16	0,26	0,8	91,1	0,004	0,123	0,02	0,72	0,024	0,014
Moyenne	6,3333	0,387	0,253	1,49	85,43	0,016	0,134	0,018	0,523	0,0193	0,012
Ecart type	1,1015	0,196	0,05	0,987	5,554	0,0159	0,032	0,003	0,195	0,0071	0,006
Max	7,4	0,5	0,3	2,62	91,1	0,034	0,17	0,02	0,72	0,034	0,022
Min	5,2	0,16	0,2	0,8	80	0,004	0,11	0,014	0,33	0,024	0,014

Suite

	Br	SiO_2	K_2O	TiO_2	V_2O_5	ZnO	SrO	ZrO_2	RuO_2	BaO	Re_2O_7
WAN SH	0,09	5,12	0,03			0,001					
FAMECO	0,066	10,5	0,034	0,134	0,01	0,05	0,008	0,01	0,05	0,09	0,004
BENIPROS	0,08	0,202									
Moyenne	0,079	5,274	0,02133	0,045	0,003	0,017	0,003	0	0,02	0,03	0,001
Ecart type	0,012	5,151	0,00283			0,035					
Max	0,09	10,5	0,034	0,134	0,01	0,05	0,008	0,01	0,05	0,09	0,004
Min	0,066	0,202	0,03	0,134	0,01	0,001	0,008	0,01	0,05	0,09	0,004

3.1.4.1 DU POINT DE VUE QUALITATIF

Ce tableau retrace la composition chimique globale des boues des fonderies kinois de la mitraille. Il présente une composition riche contenant vingt et un (21) oxydes plus le brome. Quelques relations mathématiques peuvent être déduites dudit tableau pour élucider les liens qui existe entre les boues des fonderies en étude telles que:

- $WAN-SHENG \cap FAMECO \cap BENIPROS = \{Na_2O, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, NiO, La_2O_3, CuO, Eu_2O_3, SiO_2, Br\}$.

Cet ensemble composé de dix oxydes plus un composé élémentaire indique ce qu'ont en commun les boues des trois fonderies examinées.

- $WAN-SHENG \setminus FAMECO \setminus BENIPROS = \{ \}$

Ce qui veut dire subsidiairement qu'aucun composant n'a été détecté uniquement dans les boues de la fonderie WAN-SHENG ou, en d'autres termes que tous les composants dosés dans les boues de la fonderie WAN-SHENG ont été détectés (appartiennent) aussi, soit dans les boues de deux autres fonderies ou de l'une d'entre elles;

- $FAMECO \setminus WAN-SHENG \setminus BENIPROS = \{TiO_2, V_2O_5, SrO, ZrO, RuO_2, BaO, Re_2O_7\}$

Cette relation montre que les boues de la fonderie FAMECO renferment en elles seules sept (7) oxydes de plus que les autres fonderies. Il s'agit des oxydes majoritairement trouvés dans un seul échantillon des boues de cette fonderie (voir supra).

- $BENIPROS \setminus FAMECO \setminus WAN-SHENG = \{ \}$ signifiant également qu'aucun composant n'appartient uniquement à la fonderie BENIPRO;
- $FAMECO \cup BENIPROS \setminus WAN-SHENG = \{Yb_2O_3, OsO_4\}$

Signifie que ces deux oxydes ont été dosés en même temps dans les boues des fonderies BENIPROS et FAMECO.

- $FAMECO \cup WAN-SHENG \setminus BENIPROS = \{K_2O, ZnO\}$

Signifie que ces deux oxydes ont été dosés concomitamment dans les boues des fonderies WAN SHENG et FAMECO.

3.1.4.2 DU POINT DE VUE SEMI QUANTITATIF

Le tableau 1 indique que Fe_2O_3 est le composant le plus prépondérant dans les boues des fonderies de la mitraille de Kinshasa avec une concentration massique moyenne évaluée à plus de 85 %. Celui-ci est suivi des Na_2O [6,33%], SiO_2 [5,3 %], MnO [1,5 %]. Les composés Eu_2O_3 , Cr_2O_3 et CuO ont des concentrations de l'ordre du dixième (10^{-1}), tandis que la majorité de composants restants ont des concentrations de l'ordre du centième (10^{-2}), hormis Re_2O_7 , ZrO_2 , SrO , V_2O_5 dont les concentrations sont petites de l'ordre du millièème (10^{-3}).

En termes des concentrations relatives maximales (composantes à plus grande concentration), la fonderie WAN-SHENG en compte quatre composantes notamment Na_2O , CaO , La_2O_3 et Br , la fonderie BENIPROS en compte deux à savoir Fe_2O_3 et Eu_2O_3 tandis que la fonderie FAMECO en compte six qui sont CaO (partagé avec Wan-sheng), Cr_2O_3 , MnO , NiO , CuO , SiO_2 .

En conférant au classement ci-dessus les composants appartenant uniquement à une seule fonderie, il se dégage que nombreux sont les composants des boues de la fonderie FAMECO qui contiennent des concentrations élevées que ne le sont celles de deux autres.

La sélection de la matière première mais aussi les volumes achetés seraient sans nul doute à la base de cette situation. En effet, d'après l'observation et le sondage, la Société FAMECO rassemble toute sorte de pièces métalliques (déchets de véhicules, ménagers, de bâtiments, électronique, avions, train, bateau, etc.) et ce en grande quantité, tandis que plusieurs voitures sont dépiécées sur le site de vente. Ce qui fait que l'opération de prétraitement s'avère souvent rudimentaire et génère d'importantes quantités de déchets bruts (boues) avant le démarrage du processus de fusion. Aussi, cette fonderie est celle qui a une forte production et donc que la quantité de déchets produits étant relative, ceux de cette fonderie renferment bel et bien des concentrations beaucoup plus élevées que les autres dont la rigueur sur le choix est la règle d'or mais aussi dont les quantités des matériaux achetés sont relativement petites.

3.2 COMPOSITION CHIMIQUES DES SCORIES

3.2.1 COMPOSITION CHIMIQUES DES SCORIES DE LA FONDERIE WAN-SHENG

L'analyse des scories de la fonderie WAN-SHENG prouve qu'elles renferment vingt oxydes, en l'occurrence SiO_2 , K_2O , CaO , Sc_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , ZnO , SrO , ZrO_2 , Nb_2O_5 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 , Al_2O_3 , Ti_2O_3 ainsi que de l'or (Au). Il convient de noter que SiO_2 est le composant majeur identifié dans les scories de la fonderie WAN-SHENG avec une concentration massique relative moyenne de 43% suivi des Fe_2O_3 dont la concentration est de 24,4%, MnO (15,4%), CaO (8%) et Cr_2O_3 dosé à 1,5% de la concentration totale de l'échantillon des scories. En somme, ces oxydes dits majeurs occupent une concentration massique totale d'au moins 92%; ce qui signifie en conséquence que les autres composants (mineurs) se partagent une concentration de 8% de la manière suivante: TiO_2 [0,8] > BaO [0,446] > ZnO [0,206] > RuO_2 [0,162] > K_2O [0,122] > SrO [0,092] > V_2O_5 [0,085] > CaO [0,069] > Nb_2O_5 [0,043] > ZrO_2 [0,037] > Re_2O_7 [0,024] > Au [0,012] > NiO [0,0098] > Sc_2O_3 [0,006] > Ti_2O_3 [0,004].

En termes de fréquence de répétition, la majorité des composants ont été dosés dans les cinq échantillons examinés dont CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , CuO , SiO_2 , TiO_2 , V_2O_5 , ZnO , SrO , Re_2O_7 , tandis que K_2O , ZrO_2 , Nb_2O_5 , RuO_2 , BaO , Al_2O_3 ont été détectés dans quatre échantillons, NiO et Sc_2O_3 l'ont été dans deux échantillons, Ti_2O_3 et Au sont rares car ayant été testé dans un seul échantillon.

L'étude de la variabilité des concentrations en fonction des différents prélèvements montre l'existence d'importantes variations au sein des composants identiques et ceci, presque dans toutes les mesures avec des écarts types supérieurs ou égal à 50%.

3.2.2 COMPOSITION CHIMIQUES DES SCORIES DE LA FONDERIE FAMECO

En analysant minutieusement les résultats relatifs à la composition chimique des scories de la fonderie FAMECO, il se dégage que celles-ci sont chimiquement composées de vingt-trois oxydes en l'occurrence MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , CuO , ZnO , SrO , ZrO_2 , Nb_2O_5 , BaO , NiO , Rb_2O_3 , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Sc_2O_3 , RuO_2 , Re_2O_7 ainsi que du brome (Br).

Néanmoins, après analyse statistique des données dudit tableau, il se dégage deux anomalies à considérer notamment: (i) la composition typique de l'échantillon numéro 3 présentant des anomalies caractérisées par un taux très élevé de Fe_2O_3 [98%] et renferment des oxydes (NiO , Rb_2O_3 , La_2O_3 et Eu_2O_3) qui n'ont pas été identifiés dans les quatre autres échantillons; (ii) ces derniers oxydes avec Sc_2O_3 , RuO_2 et Br ont des concentration massiques infiniment petites au point que leurs moyennes ne contribue presque pas à l'ensemble du poids total de la scorie. En conséquence, les résultats de l'échantillon 3 ne sont pas pris en compte lors des calculs des valeurs statistiques tandis que les composants ci-haut cités ne le seront pas non plus.

Dans ce cas, les scories de la fonderie FAMECO présentent une composition chimique typique qui se range de la manière ci-après: SiO_2 [39%] > Fe_2O_3 [27,4%] > MnO [12%] > Al_2O_3 [10%] > CaO [6,4%] > Cr_2O_3 [2,1%] > TiO_2 [1,1%] > $\text{MgO} \equiv \text{BaO}$ [0,7%] > ZnO [0,6%] > SrO [0,22%] > K_2O [0,2%] > Nb_2O_5 [0,099%] > V_2O_5 [0,096%] > CuO [0,08%] > ZrO_2 [0,056%].

La majorité de ces éléments a été trouvé dans tous les cinq échantillons hormis MgO qui a été dosé dans un seul échantillon, Al_2O_3 et Nb_2O_5 qui l'ont été dans quatre échantillons.

Par ailleurs, la comparaison des concentrations entre composantes de même nature au cours de différents prélèvements indique qu'il existe des grandes variations des résultats justifiées par des écart types élevés de certains composants de plus ou moins 50% de leurs moyennes respectives.

3.2.3 COMPOSITION CHIMIQUES DES SCORIES DE LA FONDERIE BENIPROS

L'examen des données relatives à l'analyse des scories de la fonderie BENIPROS révèle qu'elles renferment essentiellement vingt et un oxydes notamment: Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , Sc_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , CuO , ZnO , SrO , ZrO_2 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 , HgO , Nb_2O_5 , Ti_2O_3 et Na_2O .

Par ailleurs, sept composantes se partagent une concentration moyenne maximale de 97,84%: il s'agit, en ordre de grandeur de concentration de SiO_2 [34,4%], MnO [21,3%], Al_2O_3 [16,2%], Fe_2O_3 [16%], CaO [5,4%], Na_2O [3,2%] et Cr_2O_3 [1,34%]; ce qui revient à dire en conséquence que les restes de composantes, treize au total se partagent de manière disproportionnelle, 2,16% de la concentration massique totale de l'échantillon tel que: TiO_2 [0,984%] > BaO [0,568%] > Nb_2O_5 [0,142%] > RuO_2

$[0,120\%] > \text{ZnO } [0,114\%] > \text{SrO } [0,0796\%] > \text{CuO } [0,0664\%] > \text{ZrO } [0,0601\%] > \text{V}_2\text{O}_5 [0,055\%] > \text{Re}_2\text{O}_7 [0,0024\%] > \text{HgO } [0,009\%] > \text{Sc}_2\text{O}_3 [0,0076\%] > \text{Ti}_2\text{O}_3 [0,002\%]$.

Le tableau des fréquences indique que la plupart des composantes ont été dosées dans les cinq échantillons notamment Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO , ZnO , ZrO et BaO . Les composants K_2O , Sc_2O_3 et RuO_2 ont été dosés dans trois échantillons, tandis que Nb_2O_5 a été testé dans deux et HgO , Ti_2O_3 et Na_2O dans un seul échantillon.

Du point de vue de la variabilité des concentrations des composantes dans les échantillons des différents prélèvements, il se dégage que les concentrations des composantes semblables dans des échantillons différents se regroupent bien autour de leurs moyennes respectives avec des écarts types vraisemblablement inférieurs à leurs moyennes respectives. Cependant, cet aspect de chose n'est pas à prendre comme tel, étant donné que beaucoup de composantes se présentent avec des concentrations à l'échelle de trace.

Que faut-il retenir en définitif de la composition chimique globale des scories de ces trois fonderies de la mitraille ? Quels sont les liens qui existent entre leurs différentes compositions ? Le paragraphe suivant va permettre de répondre à ces questions.

3.2.4 CORRÉLATION ENTRE CONTENUS DES SCORIES DES TROIS FONDERIES DE LA MITRAILLE

Le tableau 2 ci-après rassemble les données utiles pour démontrer les différentes corrélations existantes entre les compositions chimiques relatives des scories de trois fonderies en examen.

Tableau 2. Comparaison des concentrations massiques relatives des scories de trois fonderies

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	ZnO	SrO	ZrO ₂
WAN S		5,92	42,6	0,12	8,14	0,8	0,09	1,473	15,4	24,44	0,07	0,21	0,2	0,04
FAM	0,6	7,9	30,1	0,2	5,2	0,74	0,08	1,72	9,65	27,43	0,1	0,44	0,2	0,04
BNPR		16,2	34,4	0,13	5,4	0,98	0,25	1,34	21,3	15,93	0,07	0,11	0,1	0,06
Moyen	0,2	10,01	35,7	0,15	6,247	0,84	0,14	1,511	15,45	22,6	0,08	0,253	0,167	0,047
Ecartyp		5,454	6,351	0,044	1,643	0,1249	0,0954	0,193	5,825	5,9667	0,017	0,169	0,058	0,012
Max	0,6	16,2	42,6	0,2	8,14	0,98	0,25	1,72	21,3	27,43	0,1	0,44	0,2	0,06
Min	0,6	5,92	30,1	0,12	5,2	0,74	0,08	1,34	9,65	15,93	0,07	0,11	0,1	0,04

Suite

	Nb ₂ O ₅	BaO	NiO	Rb ₂ O	La ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Sc ₂ O ₃	RuO ₂	Re ₂ O ₇	Br	Au	Ti ₂ O ₃	HgO	Na ₂ O
WAN S	0,043	0,4	0,01				0,006	0,162	0,024		0,01	0,004		
FAM	0,027	0,5	0,01	0,0002	0,0002	0,128	0,0002	0,052	0,006	0,004				
BNPR	0,016	0,6					0,008	0,122	0,03			0,004	0,01	3,2
Moyen	0,0287	0,5	0,007	0,00007	0,00007	0,0427	0,00473	0,112	0,02	0,001	0,00333	0,003	0,003	1,067
Ecartyp	0,0136	0,1					0,00405	0,0557	0,0125					
Max	0,043	0,6	0,01	0,0002	0,0002	0,128	0,008	0,162	0,03	0,004	0,01	0,004	0,01	3,2
Min	0,016	0,4	0,01	0,0002	0,0002	0,128	0,0002	0,052	0,006	0,004	0,01	0,004	0,01	3,2

3.2.4.1 DU POINT DE VUE QUALITATIF

L'analyse mathématique de ce tableau programmatique indique que:

- $\text{WAN-SHENG} \cap \text{FAMECO} \cap \text{BENIPROS} = \{\text{MgO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{K}_2\text{O}, \text{CaO}, \text{TiO}_2, \text{V}_2\text{O}_5, \text{Cr}_2\text{O}_3, \text{MnO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CuO}, \text{ZnO}, \text{SrO}, \text{ZrO}_2, \text{Nb}_2\text{O}_5, \text{BaO}, \text{NiO}, \text{Rb}_2\text{O}, \text{La}_2\text{O}_3, \text{Eu}_2\text{O}_3, \text{Sc}_2\text{O}_3, \text{RuO}_2, \text{Re}_2\text{O}_7, \text{Br}, \text{Au}, \text{Ti}_2\text{O}_3, \text{HgO}, \text{Na}_2\text{O}\}$

Cet ensemble de vingt-six oxydes et de deux composants élémentaires représente la composition typique des scories produites par les fonderies qui recyclent la mitraille.

- $\text{WAN-SHENG} \cap \text{FAMECO} \cap \text{BENIPROS} = \{\text{CaO}, \text{Cr}_2\text{O}_3, \text{MnO}, \text{CuO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{K}_2\text{O}, \text{TiO}_2, \text{V}_2\text{O}_5, \text{ZrO}, \text{ZnO}, \text{Sc}_2\text{O}_5, \text{RuO}_2, \text{Nb}_2\text{O}_5, \text{BaO}, \text{Re}_2\text{O}_7, \text{Al}_2\text{O}_3\}$.

Ce qui veut dire que les trois fonderies ont en commun beaucoup de composants surtout celles à abondances plus ou moins élevée et qui ont été dosés dans presque tous les échantillons. Il s'agit des composants qui ont été dosés littéralement dans les scories des toutes les trois fonderies en examen.

- $FAMECO \setminus WAN-SHENG \cup BENIPROS = \{MgO, La_2O_3, Rb_2O_3, Eu_2O_3, Br\}$

Ce qui signifie que les scories de la fonderie FAMECO paraissent robustes avec quatre composantes de plus que la fonderie WAN-SHENG et trois la fonderie BENIPROS;

- $WAN-SHENG \setminus FAMECO \cup BENIPROS = \{Au\}$

Comme pour dire que l'or a été détecté uniquement dans les scories de la fonderie WAN-SHENG;

- $WAN-SHENG \cup BENIPROS \setminus FAMECO = \{Ti_2O_3\}$

Ce singleton a été dosé dans les scories de deux fonderies WAN-SHENG et BENIPROS;

- $BENIPROS \setminus WAN-SHENG \cup FAMECO = \{Na_2O, HgO\}$ indiquant que l'oxyde de sodium et l'oxyde de mercure ont été repérés dans les scories de la fonderie BENIPROS; et enfin
- $FAMECO \cap BENIPROS \setminus WAN-SHENG = \{NiO\}$

Signifiant que ce singleton a été dosé dans les scories des fonderies FAMECO et BENIPROS.

3.2.4.2 DU POINT DE VUE SEMI-QUANTITATIF

Le constant fait du tableau 2 est que les compositions chimiques des scories de trois fonderies se neutralisent autour de la moyenne 6 car, la fonderie BENIPROS comprend sept composants dont les valeurs moyennes sont plus élevées, la fonderie FAMECO en comprend six et en dernière position la fonderie WAN-SHENG qui en compte cinq. En termes de composants majeurs c'est-à-dire ceux qui ont la concentration massique supérieure ou égale à l'unité, la fonderie WAN-SHENG en compte deux à savoir SiO_2 et CaO , la fonderie FAMECO en compte trois notamment Al_2O_3 , Cr_2O_3 et Fe_2O_3 tandis que la fonderie BENIPROS en compte deux qui sont MnO et TiO_2 .

Sur le plan toxicologique on peut constater que la fonderie WAN-SHENG a la suprématie de trois ETM à savoir le strontium (Sr), le niobium (Nb) et le ruthénium (Ru); la fonderie FAMECO en compte cinq qui sont l'aluminium (Al qui n'est pas forcément sur la liste des ETM mais sélectionné pour sa dangerosité comme nous aurons à le démontrer plus tard), le chrome (Cr), le fer (Fe), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) tandis que la fonderie BENIPROS en renferme six (6) notamment le titane (Ti), le vanadium (V), le manganèse (Mn), le zirconium (Zr) le scandium (Sc) et le rhénium (Re).

Comme pour le cas des boues des fonderies, la composition chimique globale des scories reflète la composition des matières premières, celle des ajouts et l'efficacité du processus de décantation de la fraction métallique elle-même [3, 4 et 5]. De la même sorte [6] constate que la rigueur adoptée lors du choix des matières premières pour la production de la fonte permet l'obtention d'un surnageant stable chimiquement.

D'après notre observation et comme nous l'avons souligné précédemment, la société FAMECO achète des quantités importantes de mitrilles et partant, la rigueur de la qualité n'est pas sa préoccupation primaire comparée à la société BENIPROS qui opère des choix judicieux de toutes les cargaisons à leur portée. S'agissant de la société WAN-SHENG, elle ne fait pas non plus de choix laborieux de la qualité de la mitraille à acheter, néanmoins, des quantités achetées sont tellement faibles que le degré d'appréciation pourrait en être influencé.

3.3 CONTENUE GLOBAL DES BOUES ET SCORIES DES FONDERIES DE LA MITRAILLE/CORRÉLATION ENTRE COMPOSITION CHIMIQUE DES SCORIES ET BOUES DES FONDERIES DE LA MITRAILLE

Les boues et scories sont mélangées lors de leurs mises en décharge. Ainsi est-il nécessaire de déterminer les caractéristiques communes de ces matériaux au moment de leur mélange.

3.3.1 DU POINT DE VUE QUALITATIF

Nous portons dans les diagrammes ci-après les données qui indiquent le lien qu'il y a entre la composition chimique relative des boues et des scories de la mitraille.

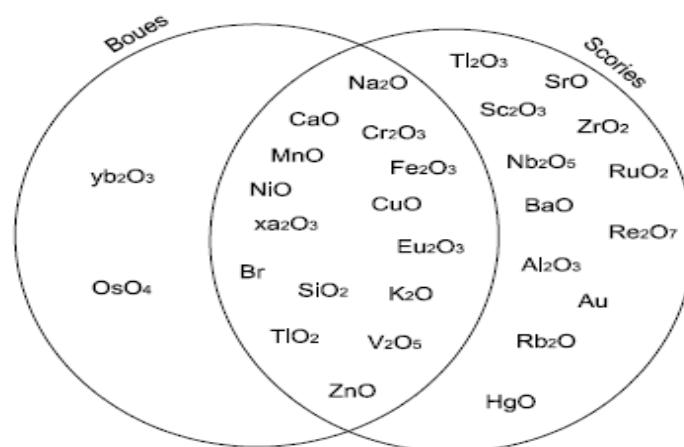


Fig. 1. Diagrammes de corrélation entre composition chimique des boues et scories

De la lecture des diagrammes ci-dessus se dégage les liens mathématiques ci-après:

$Boues \cap Scories = \{Na_2O, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, NiO, CuO, La_2O_3, Br, SiO_2, K_2O, TiO_2, V_2O_5, ZnO \text{ et } Eu_2O_3\}$.

Ce sous-ensemble constitué de quinze oxydes désigne les composants qui ont été détectés aussi bien dans les scories que dans les boues des fonderies de la mitraille kinoise.

$Boues \setminus Scories = \{Yb_2O_3, OsO_4\}$

Cet ensemble signifie que les deux composantes ci-après ont été dosées uniquement dans les boues.

$Scories \setminus Boues = \{Ti_2O_3, SrO, Sc_2O_3, ZrO, Nb_2O_5, RuO_2, BaO, Re_2O_7, Al_2O_3, Au, Rb_2O, HgO\}$

La composition des scories est beaucoup plus dense que celle des boues avec plusieurs oxydes qui différencient les deux types de matières.

$Scorie \cup Boues = \{MgO, Al_2O, SiO_2, K_2O, CaO, TiO_2, V_2O_5, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, CuO, ZnO, SrO, ZrO_2, Nb_2O_5, BaO, NiO, Rb_2O, La_2O_3, Eu_2O_3, Br, Sc_2O_3, RuO_2, Re_2O_7, Au, Ti_2O_3, HgO, Na_2O, Yb_2O_3, OsO_4, V_2O_5, ZnO\}$.

L'union forme un ensemble de composants complexe, comprenant donc les oxydes et éléments chimiques constituant l'apport probable en éléments chimiques des scories et boues des fonderies dans l'écosystème sur lesquels ou autour desquels elles seraient épanchées (remblais).

Cet ensemble composite de trente et une particules témoigne de la variété de minéraux et/ou métaux lourds contenus dans la mitraille. En effet, cette composition des scories (entendu des boues) diffère d'une fonderie à une autre et d'un procédé d'extraction à un autre comme nous pouvons le constater à partir des comparaisons desquelles découlent les relations mathématiques ci-après:

Soient A = les vitrifiât des cendres d'incinération du Québec [6]; B = les vitrifiât de Boues de Montréal [6]; C = les vitrifiât de Floride [6]; D = les laitiers d'aciéries de convertisseur d'oxygène de Rio Tinto [6]; E = les scories de la filière zinc/METALEUROP Nord [5]; F = les scories de la filière plomb/METALEUROP Nord [5]; G1 = les scories du type 1 du site de Świętochłowice [7]; G2 = les scories du type 2 du site de Świętochłowice [7]; G3 = les scories du type 3 du site de Świętochłowice [7]; et H = les scories des fonderies de la mitraille de Kinshasa (notre expérience).

En comparant la composition chimique de A, B, C, D, F, G1, G2 et G3 à celle de H, il se dégage ces différentes écritures mathématiques: $\{P_2O_5, SO_3\} \in A \cap B \cap C \cap D \cap E$, $\{Co_3O_4\} \in A \cap C$, $\{As_2O_3\} \in E \cap F$, $\{MoO_3\} \in B \cap C$, $\{SnO_2\} \in A \cap B \cap C \cap F$, $\{PbO\}$, $\{BaO\} \in E \cap F$ et $\{Na_2O\} \in G1 \cap G2 \cap G3\} \notin H$

Ceci peut se traduire caractériellement comme les composants chimiques ayant été détectés dans les scories d'autres types mais qui ne l'ont pas été dans les scories des fonderies de la mitraille de Kinshasa.

Par ailleurs, certains composants typiques ont été bel et bien dosés dans les scories des fonderies de la mitraille de Kinshasa sans l'être forcément dans les autres types de scories. On peut le lire à partir du langage mathématiques ci-après: $\{MgO\} \notin B$

$n \text{ C, } \{\text{Cr}_2\text{O}_3\} \notin \text{G1} \cap \text{G2} \cap \text{G3}, \{\text{NiO}\} \notin \text{D} \cap \text{E} \cap \text{F} \cap \text{G1} \cap \text{G2} \cap \text{G3}, \text{CuO et ZnO} \notin \text{D} \cap \text{G1} \cap \text{G2} \cap \text{G3} \text{ et SrO} \cap \text{ZrO}_2 \cap \text{Nb}_2\text{O}_5 \notin \text{E} \cap \text{F} \cap \text{G1} \cap \text{G2} \cap \text{G3}] \in \text{H}$

3.3.2 DU POINT DE VUE SEMI-QUANTITATIF

Tableau 3. Lien entre concentration massique des boues et scories

Composants	Boues	Scories	Moyenne	Composants	Boues	Scories	Moyenne
Na ₂ O	6,3	1,0667	3,683	V ₂ O ₅	0,004	0,0723	0,038
CaO	0,37067	6,23	3,3	ZnO	0,00033	0,253	0,127
Cr ₂ O ₃	0,2443	1,511	0,878	Ti ₂ O ₃		0,0082	0,004
MnO	1,47747	15,445	8,461	Sc ₂ O ₃		0,0047	0,002
Fe ₂ O ₃	85,3707	27,313	56,34	SrO		0,1167	0,058
NiO	0,01513	0,01	0,013	ZrO ₂		0,046	0,023
CuO	0,1324	0,08	0,106	Nb ₂ O ₅		0,0327	0,016
La ₂ O ₃	0,01667	0,0001	0,008	RuO ₂		0,1113	0,056
Eu ₂ O ₃	0,56467	0,0427	0,304	BaO		0,497	0,249
Yb ₂ O ₃	0,141		0,071	Re ₂ O ₇		0,015	0,008
OsO ₄	0,016		0,008	Al ₂ O ₃		10,007	5,003
Br	0,08433	0,0013	0,043	Au		0,0055	0,003
SiO ₂	5,27333	35,98	20,63	MgO		0,2	0,1
K ₂ O	0,01	0,135	0,073	Rb ₂ O		0,0001	5,00E-05
TiO ₂	0,067	0,884	0,476	HgO		0,003	0,002

Nous lisons dans le tableau ci-dessus que les scories ont une composition chimique beaucoup plus dense que les boues. De même, des composants communs, les scories en disposent huit qui sont plus concentrés que les boues qui n'en disposent que sept.

Aussi faut-il souligner que Fe₂O₃ est l'élément le plus abondant dans les boues des fonderies de la mitraille avec une concentration massique de plus de 85%, suivi de Na₂O (6,3%), SiO₂ (5,3%) et MnO (1,5%); alors que dans le cas des scories, c'est le SiO₂ qui est le leader en concentration massique avec une estimation moyenne de 36%, suivi de Fe₂O₃ (27%), MnO (15%), Al₂O₃ (10%), CaO (6,23%), Cr₂O₃ (1,5%) et Na₂O dont la concentration est de 1,1%.

En travaillant sur les laitiers de hauts fourneaux tunisiens, Bouslama et Jelidi [8] trouvent qu'ils sont principalement composés de SiO₂ (36,7%), CaO (32,8%), Al₂O₃ (6,4%), Mn ou MnO (2%), SO₂ (1,1%), Fe ou Fe₂O₃ (0,7%) et P₂O₅ (0,001%). La somme des concentrations de composants majeurs desdits laitiers équivaut à 96,1 %, tandis que la somme de composants similaires dans les scories des fonderies kinois de la mitraille (notre expérience) vaut 95,2 %. Le soufre (S) et le phosphore (P) n'ont pas été identifiés dans ces dernières. Par ailleurs, les concentrations de SiO₂ sont similaires dans les deux cas, tandis que des écarts de concentration sont observés pour certains composants dans les rapports suivants: [CaO] = 5%, [Al₂O₃] = $\frac{1}{5}$, [MgO] = 32/1, [MnO] = 1/8, [Fe (Fe₂O₃)] = 1/39.

Ce qui revient à dire que, comparées aux laitiers de hauts-fourneaux tunisiens, les scories des fonderies kinois de la mitraille sont beaucoup plus riches en fer et manganèse. Pourtant le fer est le métal principal dans la composition des aciers qui sont les produits finis de ces fonderies. Qu'est-ce qui fait que les usines (fonderies) ne parviennent pas à capter la totalité de ce métal pour une production maximale et/ou qualitative de leurs produits ? Nous relevons quatre hypothèses probabilistes:

- D'emblée, ce fait serait attribuable à l'usage des technologies dépassées ou du niveau de performance faible des procédés de fusion. Dans son étude sur le comportement des scories de différentes fusions, zulfiadi trouve des différences considérables entre les compositions chimiques des laitiers sidérurgiques issus de haut fourneau, de four à arc électrique et du convertisseur ld [9]. Il en est de même de richardson et al. Qui constatent des différences dans le comportement chimique des scories de forge issues de la méthode bergamasque (fin de fusion) et la méthode bergamasque (fin d'affinage) ainsi que celles de puddlage gras [10]. La composition des scories issues de l'extraction du cuivre donne des concentrations différentes selon qu'elles ont été produites à partir de haut fourneau, four à fusion flash, four à arc électrique, four à réverbère ou convertisseur peirce-smith [11, 12 et 13], il en est de même des compositions des scories issues de l'extraction du nickel [14];

- La sélection de la matière utile pour la fusion comme nous l'avons déjà démontré un peu plus loin: d'après Ettler, la composition chimique des scories peut varier de façon sensible suite à la nature et à la composition chimique du minerai (scories de première fusion) ou de métaux recyclés (scories de *énième* fusion) [4].
- La nature et la proportion d'ajouts utilisés pour constituer la charge, la température dans le fourneau et la vitesse de refroidissement de la coulée sont d'autres facteurs qui jouent sur la composition caractéristiques des scories [4];
- Enfin, l'inexistence de la réglementation dans le rejet des substances dangereuses dans la nature profite aux producteurs des déchets qui ne fournissent aucun effort pour se conformer et suivent la règle du moindre effort ou simplement du moins perdant.

Les scories étant classées dans la catégorie des déchets dangereux, de nombreux chercheurs se sont intéressés d'étudier leurs compositions comme nous venons de le démontrer dans les paragraphes précédentes, cependant, nombreuses de ces études concernent les scories de première fusion tandis que nous n'avons pas pu identifier celles qui se sont intéressées aux scories de seconde ou *énième* fusion.

4 CONCLUSION

Les boues et les scories sont d'importants déchets solides issus du processus de production métallurgique. Dans le cas de recyclage des matériaux, leur composition chimique n'est pas toujours la même dans toutes les cargaisons et productions; ce qui veut dire que les matières premières utilisées dans le processus de leur production sont toujours de compositions différentes. Il en est de même des boues desdites fonderies qui n'ont pas présenté les caractéristiques identiques. Ces compositions chimiques diffèrent aussi d'une fonderie à une autre. Ceci a été doublement attribué à la qualité des matériaux utilisés et à celle de la technologie (four).

Cet article a servi de cadre pour examiner la composition chimique des boues et scories des fonderies qui recyclent la mitraille à Kinshasa. De manière globale, les analyses de laboratoire au moyen de la spectrométrie à fluorescence X indiquent que les boues sont composées essentiellement de Na₂O, CaO, Cr₂O₃, MnO, Fe₂O₃, NiO, CuO, La₂O₃, Eu₂O₃, Yb₂O₃, OsO₄, Br, SiO₂, K₂O, Ti, V₂O₅, ZnO, SrO, ZrO₂, RuO₂, BaO, Re₂O₇, tandis que les scories renferment MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O, CaO, TiO₂, V₂O₅, Cr₂O₃, MnO, Fe₂O₃, CuO, ZnO, SrO, ZrO₂, Nb₂O₅, BaO, NiO, Rb₂O, La₂O₃, Eu₂O₃, Sc₂O₃, RuO₂, Re₂O₇, Br, Au, Ti₂O₃, Hg, Na₂O.

Les composés majeurs dans les boues des fonderies de la mitraille sont notamment le Fe₂O₃ qui renferme la plus grande concentration avec une participation de plus de 85 % de concentration massique, suivi de Na₂O [6,3 %], SiO₂ [5,3 %] et MnO [1,5 %] soit un total de concentration massique relative moyenne de 98,5 %, tandis que s'agissant des scories, SiO₂ [36 %] est le composant majeur suivi des Fe₂O₃ [27 %], MnO [15,5 %], Al₂O₃ [10 %], CaO [6,2 %], Cr₂O₃ [1,5 %] et Na₂O [1,1 %] faisant une concentration massique moyenne équivalente de 97,2 % du poids relative de la scorie.

Par ailleurs, lors de leurs mis en commun (mélange pour la décharge), il ressort que la participation des boues en terme de concentration massique est de 28 %, tandis que les scories contribuent en plus grande partie à 72 % des substances chimiques totales pouvant être inoculées dans le milieu ou autours du milieu où elles sont déposées.

Il s'agit vraisemblablement des composés plus ou moins dangereux qui peuvent mettre en mal le milieu accueillant ces rebuts. Ce qui prouve le caractère dangereux des boues et scories des fonderies en général et des fonderies de la mitraille en particulier.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent aux autorités de l'Office Congolais de Contrôle (OCC) de Lubumbashi et plus particulièrement au personnel du Laboratoire Central de Physicochimie de cette entreprise, spécialement à Madame Ndaya, Messieurs Bertin Kitwa et Mpiana respectivement chef de Division, chef de bureau et Chef de service dudit département pour leur assistance avérée lors des travaux de laboratoire. J'adresse aussi mes remerciements à la famille Emman Nzondero pour son accueil favorable dans la ville de Lubumbashi et aux prêtres de l'ordre de Saint Augustin pour le cadre idéal de travail mis à ma disposition.

REFERENCES

- [1] International Finance Corporation (2007), Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour les fonderies, dans <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.
- [2] Mahé-Le Carlier et al., 1999, typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du fer, ArchéoSciences, revue d'Archéométrie.
- [3] Mahé-Le Carlier C., 1997. Caractérisation pétrographique et chimique d'analogues de déchets vitrifiés actuels: les scories de la métallurgie ancienne, Etude de l'altération naturelle et expérimentale, Thèse de doctorat, Université de Lille, 337 p.
- [4] Ettler V., Zdenek J., Touray J-C., Jelinek E., 2000. Zinc partitioning between glass and silicate phases in historical and modern lead-zinc metallurgical slags from the Pribram district, Czech Republic, Geomaterials, 245-250.
- [5] Deneele D., 2002. Caractérisation, Simulations expérimentales et thermodynamiques de l'altération de déchets vitreux, Thèse de doctorat, Université de Lille I, 168 p.
- [6] MURAZ L., 2015. Valorisation des scories cristallines dans le béton de ciment, Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Canada.
- [7] Zainoun Katarzyna, 2005. Caractérisation pétrographique, chimique et minéralogique de scories pyrométallurgiques (Haute Silésie, Pologne): étude de la mobilisation du zinc et du plomb lors de l'altération supergène, Thèse de doctorant, Ecole doctorale Science, Université de Limoges.
- [8] Bouslama, S. et Jelidi, A., 2003. Hydraulic concrete development using Tunisian blast furnace slag. Materials and Structures/Matériaux et Constructions, volume 36, numéro 255, p. 59-67. .
- [9] BRGM, 1993. Échantillonnage de sols pour caractérisation d'une pollution: guide méthodologique, rapport, inédit.
- [10] Zulfiadi Zulhan, 2013. « Iron and steelmaking slags: are they hazardous waste? », Institut technologique de Bandung, novembre 2013, in Wikipedia.
- [11] Richardson F.D. et Jeffes J.H.E., 1989. « Sydney Thomas invention and its later impact », MASCA research papers in science and archaeology, vol. 6.
- [12] Snyder M. K. et Shobe F. D., 1980. Source Category Survey: Secondary Copper Smelting and Refining Industry, EPA, p. 26.
- [13] Marc E. Schlesinger, Matthew J. King, A. K. Biswas et William G. I. Davenport, 2002. Extractive Metallurgy of Copper, Pergamon, 4ème éd. (ISBN 0-08-044029-0), p. 61.
- [14] Marc E. Schlesinger, Matthew J. King, Kathryn C. Sole et William G. I. Davenport, 2011. Extractive Metallurgy of Copper, Elsevier, 5e éd. (ISBN 978-0-08-096789-9), p. 76-77.
- [15] Frank K. Krundwell, Michael S. Moats, Venkoba Ramachandran, Timothy G. Robinson et William G. Davenport, 2011. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum, Group Metals, Elsevier, 610 p.

Etude de la Bioaccumulation des composants minéraux dans les sols remblayés par les scories et boues des fonderies de recyclage de la mitraille, ferraille à Kinshasa (RDC)

[Study of the Bioaccumulation of mineral components in soils backfilled with slag and sludge from scrap metal, scrap recycling foundries in Kinshasa (DRC)]

Joseph M. Kakundika¹, Dieudonné E. Musibono¹, Virima Mudogo², and Ndongala Lufimpadio³

¹Département de l'environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Département de Chimie-physique, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

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

ABSTRACT: Because of their multi-element chemical composition and especially because of the presence of trace metal elements (TME) at relatively high levels, sludge and slag from foundries are classified as hazardous waste. For this reason, they must undergo all the rigorous management imposed on such types of waste. However, those in charge of the Kinshasa scrap foundries remain deaf to this.

Indeed, these scraps from the scrap metal foundries of Kinshasa are spread in plots, streets and avenues of the city of Kinshasa to be used as backfill without prior treatment to the detriment of a suffering population subject to serious environmental problems (potholes, erosion heads, floods, etc.).

After chemical analysis of these wastes, it turns out that they contain Na₂O, CaO, Cr₂O₃, MnO, Fe₂O₃, NiO, CuO, La₂O₃, Eu₂O₃, Yb₂O₃, OsO₄, Br, SiO₂, K₂O, TiO₂, V₂O₅, ZnO, Ti₂O₃, Au, Sc₂O₃, SrO, ZrO₂, Nb₂O₅, RuO₂, BaO, Re₂O₇, Al₂O₃, MgO, Rb₂O, HgO [1], while the chemical analysis of the soils backfilled by these slags and sludges of the foundries reveals that they contain all these components except Na₂O, Br, Ti₂O₃, Nb₂O₅, BaO and Rb₂O. Also, some typical components such as AsO₃, As₂O₄, PbO and P₂O₅ which were not measured in the slag and sludge of the smelters were measured in the soils backfilled by the said slag and sludge.

Furthermore, the comparison of the chemical composition of the soils backfilled by SBFs with that of the soils not affected by the backfill shows that P₂O₅, Al₂O₃, MgO, OsO₄, La₂O₃, Yb₂O₃ and SO₃, components of the backfilled soils, were not measured in the non-filled soils (blank sample).

From a semi-quantitative point of view, it has just been demonstrated that almost all components of the soils backfilled with slag and sludge from smelters have relatively higher concentrations than their counterparts in the unfilled soils, with the exception of SiO₂, V₂O₅ and Sc₂O₃.

KEYWORDS: Bioavailable, bioaccumulated, slag, sludge, smelters, fills, components.

RESUME: A cause de leurs compositions chimiques multiéléments et surtout à cause de la présence des éléments en traces métalliques (ETM) à des teneurs relativement élevées, les boues et scories des fonderies sont classées dans la catégorie de déchets dangereux. Pour ce, elles doivent subir toute la rigueur de gestion imposée à pareils types de déchets. Pourtant, les tenants des fonderies de la mitraille de Kinshasa demeurent sourds quant à ce.

En effet, ces rebuts des fonderies de la mitraille kinoise sont épandus dans des parcelles, rues et avenues de la ville de Kinshasa pour servir comme remblais sans traitement préalable au détriment d'une population en souffrance soumise à des sérieux problèmes environnementaux (nids-de-poule, têtes d'érosion, inondations, etc.).

Après analyse chimique de ces rebuts, il s'avère qu'ils contiennent le Na_2O , CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Yb_2O_3 , OsO_4 , Br , SiO_2 , K_2O , TiO_2 , V_2O_5 , ZnO , Ti_2O_3 , Au , Sc_2O_3 , SrO , ZrO_2 , Nb_2O_5 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 , Al_2O_3 , MgO , Rb_2O , HgO [1], tandis que l'analyse chimique des sols remblayés par ces scories et boues des fonderies révèle qu'ils renferment tous ces composants exceptés le Na_2O , Br , Ti_2O_3 , Nb_2O_5 , BaO et Rb_2O . Aussi, certains composants typiques tels que AsO_3 , As_2O_4 , PbO et P_2O_5 qui n'ont pas été dosés dans les scories et boues des fonderies l'ont été dans les sols remblayés par lesdites scories et boues.

Par ailleurs, la comparaison de la composition chimique des sols remblayés par les SBF à celle des sols non touchés par les remblais atteste que P_2O_5 , Al_2O_3 , MgO , OsO_4 , La_2O_3 , Yb_2O_3 et SO_3 , composants des sols remblayés n'ont pas été dosés dans les sols non remblayés (échantillon blanc).

Sur le plan semi quantitatif, il vient d'être démontré que la quasi majorité de composants des sols remblayés par les scories et boues des fonderies ont des concentrations relativement élevées que leurs homologues des sols non remblayés, à l'exception des SiO_2 , V_2O_5 et Sc_2O_3 .

MOTS-CLEFS: Biodisponibles, bioaccumulés, scories, boues, fonderies, remblais, composants.

1 INTRODUCTION

Nous avons démontré dans une étude précédente [1] que les scories et boues des fonderies qui recyclent la mitraille sont essentiellement composées de Na_2O , CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Yb_2O_3 , OsO_4 , Br , SiO_2 , K_2O , TiO_2 , V_2O_5 , ZnO , Ti_2O_3 , Au , Sc_2O_3 , SrO , ZrO_2 , Nb_2O_5 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 , Al_2O_3 , MgO , Rb_2O , HgO .

Dans une autre étude [2], nous avons décrit la gestion non orthodoxe de ces rebuts des fonderies et avons projeté non seulement d'examiner leurs compositions chimiques mais également de vérifier les possibilités de contamination des écosystèmes (sols) sur lesquels elles sont déposées. C'est ce qui constitue l'objet de cet article.

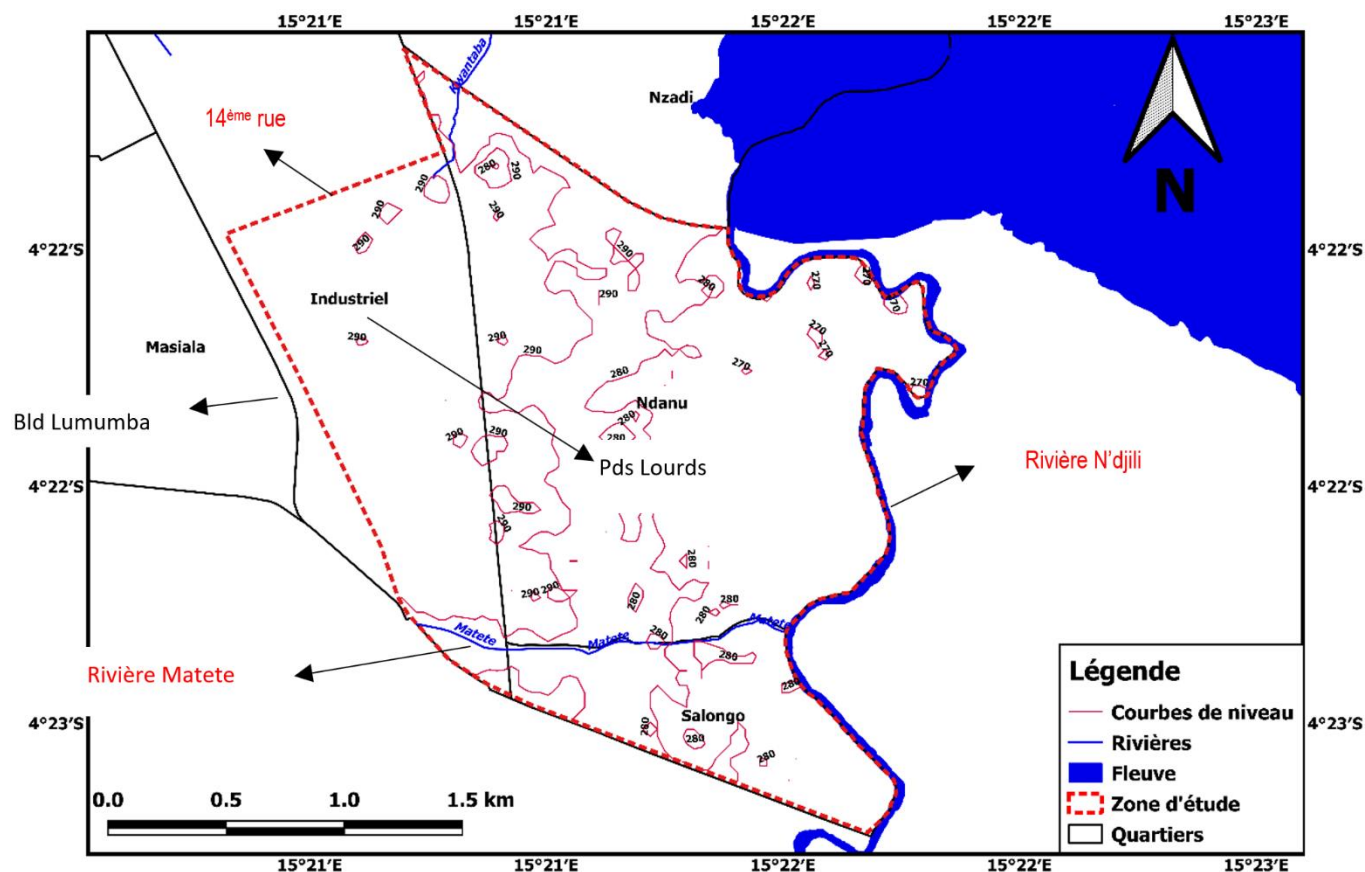
Pour sa réalisation, nous avons examiné la composition chimique des sols remblayés par les scories et boues des fonderies de la mitraille. Les résultats issus de cette analyse (composition chimique des sols remblayés) ont été comparés à ceux de la composition chimique du mélange scories-boues des fonderies de la mitraille. D'autre part, un parallélisme a été établi entre la composition chimique des sols remblayés et ceux n'ayant pas été en contact avec les scories et boues des fonderies (échantillons blancs).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La présente étude s'est déroulée à Kinshasa, République Démocratique du Congo, dans une zone circonscrite sur une surface en forme d'un hexagone déformé, comprise entre le pont N'djili ($\text{S}04^\circ23'224''$ et $\text{E}015^\circ21'975''$) → le pont Matete ($\text{S}04^\circ22'917''$ et $\text{E}015^\circ21'163''$) → la 14^{ème} rue en passant par l'Echangeur de Limete ($\text{S}04^\circ21'864''$ et $\text{E}015^\circ20'508''$) → la 14^{ème} rue sur l'avenue du Poids Lourd ($\text{S}04^\circ21'678''$ et $\text{E}015^\circ20'994''$) → le point de croisement du chemin de fer et la route du Poids-Lourd à côté de Kingabwa UZAM ($\text{S}04^\circ21'450''$ et $\text{E}015^\circ20'920''$) → le pont rail sur la rivière N'djili ($\text{S}04^\circ21'852''$ et $\text{E}015^\circ20'646''$) → l'allongement de la rivière N'djili jusqu'au point de départ (Pont N'djili) pour boucler la boucle.

Elle s'étend sur une superficie de 523272 ha et comprend les quartiers Salongo et Ndanu en entier et une partie du quartier Industriel, tous dans la commune de Limete. Il s'agit de la zone qui renferme les trois fonderies kinois qui ont pour matières premières la mitraille (déchets métalliques) et dont elles se servent constamment comme lieu de rejet de leurs rebuts (observation personnelle).



Source: Roland Kakule et Joseph Kakundika, Image Ikonos, Qgis 3.14, Projection WGS84, Crgm 2020

Fig. 1. Cartographie de la zone d'étude

2.2 RÉPARTITION DES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Le but principal de cette section est de saisir la répartition des polluants dans les sols au sein de notre zone d'étude. Ceci a été réalisé au moyen des valeurs statistiques (moyenne, dispersion absolue, etc.), de la manière la plus sûre possible, tout en tenant compte des questions posées et des objectifs fixés. La variabilité spatiale, et donc l'hétérogénéité des paramètres analysés de la zone d'étude joue un rôle central en la circonstance. Elle se retrouve à différents niveaux (hétérogénéité d'un échantillon, d'une placette de prélèvement, d'une zone d'études) et assure un rôle plus ou moins important suivant les cas [3].

Dans notre précédente étude, 76 sites remblayés par les boues et scories de la mitraille avaient été répertoriés [2]. Les 76 sites sont contenus dans 7 blocs différents choisis pour faciliter les opérations de repérage, mais aussi répondant à des caractéristiques physiques et environnementales particulières à chacun d'eux. Un seuil préférentiel de 30 sites d'échantillonnage a été fixé.

La détermination de ces derniers a été effectuée par la méthode de la répartition proportionnelle, laquelle distribue une valeur dans les cellules, proportionnellement aux valeurs existantes de ces cellules telle que, s'agissant de cet exercice:

Si X = nombre total de sites répertoriés (76);

Et X' = nombre de sites d'échantillonnage exprimés (30);

z = proportion attribuée au nombre de sites par bloc (en pourcentage)

n = nombre de sites répertoriés par bloc

n' = nombre de sites d'échantillonnage calculés par bloc;

Alors, X correspond à 100% de sites repérés et X' correspond, d'autre part, à 100% de sites d'échantillonnage exprimés.

Dans la suite logique, les opérations ci-après sont effectuées:

$$z = \frac{n_i \cdot 100\%}{X}$$

Il reste maintenant de reporter le calcul de z dans X' par la méthode dite de trois simples tel que:

Si $100\% = X'$

Alors:

$$n_i = \frac{z\% \cdot X'}{100\%} = \frac{z \cdot X'}{100}$$

On pourra aussi procéder par le calcul du quotient (Q) qui est le rapport entre le nombre des sites répertoriés et le nombre de sites d'échantillonnage désirés (celui-ci est fixé à l'avance).

Ainsi donc:

$$Q = \frac{X}{X'}$$

Dans ce cas,

$$n_i = n \cdot Q$$

Le quotient reste constant dans toutes les opérations, mais n varie d'un facteur x à y , soit du bloc 1 à 7 sauf si deux ou plusieurs blocs ont n identique.

Ce calcul devra se répéter dans tous les sept blocs. Ce qui donne les résultats rendus dans le tableau ci-après.

Tableau 1. Répartition des sites à échantillonnés dans les blocs

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	Total
Total sites	11	3	19	17	8	4	14	76
Nombre de sites à échantillonner	4	1	8	7	3	1	6	30

Les résultats du tableau ci-après indiquent qu'au total 30 sites d'échantillonnage des sols ont été repérés dans les 76 sites de rejet des SBF identifiés et répartis dans 7 blocs différents. Le bloc 3 qui renferme 19 sites comprendra 8 sites d'échantillonnage, le bloc 4 avec 17 sites en comprendra 7, les blocs 7 et 1 avec respectivement 14 et 11 sites comprendront 6 et 4 sites d'échantillonnage, tandis que les blocs 5, 6 et 2 qui renferment respectivement 8, 4 et 3 sites comprendront 3, 1 et 1 sites d'échantillonnage.

2.3 IDENTIFICATION DES SITES DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS DES SOLS

Après cette répartition des sites d'échantillonnage dans les différents blocs, il s'agit de déterminer comment, dans un même bloc à plusieurs sites, les sites d'échantillonnage seront sélectionnés. Nous avons procédé par un saut aléatoire sur base du calcul du quotient ($Q = n/n_i$).

L'hypothèse émise est que les éléments chimiques compris dans les scories et boues de la mitraille auraient subi des permutations instantanées qui les auraient entraînées dans les sols sur lesquels elles ont été épandues.

Soit le tableau ci-après répertoriant les sites par bloc.

Tableau 2. Répartition des sites d'épandage des SBF

B1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11										
B2	S12	S13	S14																		
B3	SBia	S15	-----	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	
B4	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50				
B5	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58													
B6	S59	S60	S61	S62																	
B7	S63	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70	S71	S72	S73	S74	S75	S76							

Le tableau 2 donne la répartition des sites/bloc où sont épandues les boues et scories de la mitraille. Le bloc 3 est le plus étendue en termes de plus grand nombre de sites suivi des blocs 4 > 7 > 1 > 5 > 6 > 2.

Ainsi, s'agissant du:

Bloc 1: $Q = 11/4 = 2R3$

Pour identifier les sites de prélèvement, si nous considérons S1 comme point de départ, un saut de 2 unités sera observé jusqu'à totaliser les 4 sites. Ainsi, les sites ci-après sont sélectionnés: S1, S4, S7 et S10.

Bloc 2: $Q = 3/1 = 3$

Ce dernier ne comprenant que 3 sites pour un seul échantillon, le site du milieu a été sélectionné. Ainsi, S13 est choisi pour y échantillonner.

Bloc 3: $Q = 19/8 = 2R3$

Ainsi, partant du 1^{er} site, un saut de 2 unités sera observé tandis que, à partir du 4^{ème} site sélectionné moyennant cette technique, une exception est appliquée en observant un saut d'une unité. Ce qui nous amène à authentifier les sites ci-après: SBia, S18, S21, S24, S26, S28, S30 et S32.

Bloc 4: $Q = 17/7 = 2R3$

Un saut de 2 unités est observé partant du premier site du bloc aux 5 premiers sites et de manière exceptionnelle ce saut est d'une unité seulement pour les deux derniers sites. On aura donc les sites suivants: S34, S37, S40, S43, S46, S48 et S50.

Bloc 5: $Q = 8/3 = 2R2$

Le saut est de 2 unités est strictement observé. D'où les sites sélectionné pour l'échantillonnage S51, S54 et S57.

B6: $Q = 4/1 = 4$

Un seul site nécessité parmi les quatre. Pas d'intermédiaire possible étant donné le caractère paire de ce bloc. Ce qui nous a poussé à orienter le choix sur le site plus distancé que les autres. Il s'agit ici du site S61 dont la distance est d'au moins 162 m.

B7: $Q = 14/6 = 2R2$

Un saut de 2 unités sera observé pour les 4 premiers sites identifiés tandis que ce dernier ne sera que d'1 unité pour les deux derniers. Ceci étant, les sites sélectionnés pour ces derniers blocs sont notamment S63, S66, S69, S72, S74 et S76.

En définitif, la configuration des sites d'échantillonnage se présente dans le tableau 3 ci-après:

Tableau 3. Sites d'échantillonnage des sols

B1	S1	S4	S7	S10				
B2	S13							
B3	SBia	S18	S21	S24	S26	S28	S30	S32
B4	S34	S37	S40	S43	S46	S48	S50	
B5	S51	S54	S57					
B6	S61							
B7	S63	S66	S69	S72	S74	S76		

Les échantillons seront donc prélevés aux S1, S4, S7 et S10 s'agissant du bloc 1, S13 quant au bloc 2, SBia, S18, S21, S24, S26, S28, S30 et S32 concernant le bloc 3, S34, S37, S40, S43, S46, S48 et S50 pour le compte du bloc 4, S51, S54 et S57 pour celui du bloc 5, S61 au compte du bloc 6 et enfin S63, S66, S69, S72, S74 et S76 s'agissant du bloc 7.

2.4 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

L'objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des échantillons stratifiés des sols en appliquant systématiquement une méthode éprouvée. Il a comme principe « la terre extraite lors du forage doit être échantillonnée de façon à ce que le prélèvement effectué soit suffisamment représentatif de la couche de sol concernée et de telle sorte que les concentrations de polluants n'aient pas été affectées par un phénomène d'évaporation ou par une contamination due à l'emballage ou au matériel d'échantillonnage. Le but du prélèvement des échantillons du sol est de fournir un petit volume de sol à des fins d'analyse qui est représentatif du volume entier du sol dans la zone portant à intérêt. Un échantillon doit être le plus représentatif possible pour donner l'image du site.

Tous les sites répertoriés n'ont pas les mêmes caractéristiques physiques, ni moins les mêmes volumes de remblais (boues et scories). D'où le recours à un échantillonnage stratifié, c'est-à-dire l'échantillon sera constitué d'une composition de plusieurs sous échantillons soutirés à plusieurs endroits sur un site donné. Il y a plusieurs façons d'atteindre ce but, pour ce cas présent, l'unité a été la couverture de la distance minimum (petite distance mesurée) des sites identifiés. Celui-ci étant de 8 mètres, un échantillon sera composé des plusieurs carottes de terres prélevés tous les 8 mètres le long d'un même site. Le poids de l'échantillon sera donc fonction de la distance que couvre chaque site d'échantillonnage. Un échantillon spécial (blanc) sera prélevé dans chaque bloc. Il s'agit de 7 échantillons extraits dans des milieux supposés non encore touchés par le rejet des boues et scories (ES0). Ce qui porte le nombre d'échantillons des sols à 37.

Les échantillons de sol sont des échantillons remués obtenus au moyen de tarières de type Edelman et de tarières à tige pleine [4].

Pour ce faire, en vue d'étudier avec sérénité les propriétés physico-chimiques des sols de notre zone d'étude et de limiter les effets liés à la mobilité et la distribution des éléments minéraux, nous avons prélevé les échantillons de sol de la couche superficielle. Le choix d'une épaisseur constante de prélèvement de la couche 0-60 cm a été appliqué car il permet la comparaison de stocks de polluants. Les résultats d'une étude réalisée sur des profils des sols au voisinage de deux fonderies de la région Nord-Pas-de-Calais [5] montrent que le plomb est essentiellement concentré dans les 30 premiers centimètres de ces profils [4].

L'extraction des sols a été faite au moyen d'une tarière rotative munie d'un piston de 60 cm de longueur. Les points échantillonnés étaient préalablement fouillés au moyen d'une pelle manuelle pour se débarrasser des sols mélangés aux remblais, tandis qu'en cas de solidité avérée de la couche superficielle, il était fait usage d'une pioche en vue de faciliter la pénétration de la tarière. La préférence était donnée aux échantillons latéraux qu'à ceux directs. Les échantillons des sols extraits étaient ainsi placés dans des sacs en plastique («market»), tandis que leur transport était assuré par moto. Les sacs étaient codés ou numérotés en indiquant le numéro du bloc d'appartenance suivi du suffixe «E» et le code du site échantillonné (par exemple: B1ES1 = échantillon des sols du site 1 au bloc 1). Sur terrain, les échantillons étaient conservés (à environ 2–4°C) dans des récipients isothermes (glacières). En principe, les prélèvements des sols doivent être transportés au laboratoire aussi vite que possible, une fois terminé le travail de terrain. Néanmoins, la durée de conservation des échantillons de sol est limitée en raison des phénomènes de volatilisation et de biodégradation. Un échantillon doit être analysé au laboratoire avant expiration du délai de conservation. Selon [4], la période de conservation des échantillons des sols pour analyses de Hg est de 15 jours, Cr (VI) 48 heures tandis que pour d'autres métaux elle est illimitée. Nos échantillons ont été extraits au mois de

septembre et analysés au mois de novembre soit une période de conservation d'au moins 60 jours. Ce qui pourrait, à en croire l'observation ci-après, avoir des incidences sur les concentrations de Hg et du Cr (VI).

2.5 TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons des sols étalés sur une bâche propre, étaient soumis au séchage à l'air libre dans un hangar à fenêtre ouvertes en l'absence des rayons solaires pendant 24 heures. Ils étaient ensuite émiettés, mélangés puis tamisés moyennant un tamis des mailles de 2 mm de diamètre. Les granulats supérieurs à 2 mm étaient pilés au mortier en bois puis tamisés à nouveau. Cette opération a été répétée jusqu'au moment où la totalité de l'échantillon passe à travers le tamis. La poudre obtenue était mélangée puis soumise au quartage pour obtenir un sous-échantillon de petite quantité mais représentatif (± 500 g).

Afin d'éviter la contamination entre échantillons, à la fin de chaque processus (traitement d'un échantillon), les matériels ayant servi (mortier, pilon et tamis) étaient soigneusement nettoyés moyennant un pinceau, puis essuyé avec un mouchoir hygiénique.

Après essai de dissolution des échantillons au laboratoire, il s'est avéré que les premiers traitements accordés aux échantillons étaient insuffisants pour permettre leur digestion complète. Ainsi un traitement supplémentaire était nécessaire. Ce dernier s'était effectué dans le laboratoire de physicochimie de l'OCC/Lubumbashi selon le procédé ci-après:

Les échantillons ont été séchés à l'étuve à 105°C pendant au moins 4 heures pour dissiper l'humidité résiduaire. Ceux-ci sont ensuite passés au broyage dans un vibro-broyeur géant afin de les réduire aux dimensions granulométriques d'au moins $75\text{ }\mu\text{m}$ passible à la dilution en suivant le protocole ci-après: nettoyer les godets avec de la silice, souffler les godets avec de l'air comprimé et essuyer l'intérieur, numéroter les godets (code laboratoire), placer les échantillons dans les godets et allumer le vibro-broyeur, retirer les échantillons du vibro-broyeur et homogénéiser. Les échantillons issus de ce processus ont une granulométrie de $\pm 75\mu\text{m}$.

2.6 MÉTHODES D'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

Les analyses chimiques des échantillons ont été effectuées par spectrophotométrie de fluorescence X (XRF). Le spectrophotomètre utilisé est de marque MUNIPAL 4.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats d'analyses des sols remblayés par les scories et boues des fonderies de la mitraille de Kinshasa sont rendus dans le tableau 4. Il s'agit de moyennes relatives calculées sur base du nombre variant d'échantillons différents dans chaque bloc.

Tableau 4. Composition chimique des sols remblayés par les boues et scories de la mitraille (%)

Compto	Bloc 1		Bloc 2		Bloc 3		Bloc 4		Bloc 5		Bloc 6		Bloc 7	
	Conc. moy	Blanc	Conc. moy	Blanc	Conc. moy	Blanc	Conc. moy	Blanc	Conc. moy	Blanc	Conc. moy	Blanc	Conc. moy	Blanc
P ₂ O ₅					1,4									
Al ₂ O ₃							2,5714							
MgO									0,66667					
SiO ₂	91,85	96,7	96,6	96,8	91,85	96,7	84,757	91,6	93,7667	92,4	95,9	96,8	91,8667	96,2
K ₂ O	1,4		0,094	0,1	0,53	0,12	0,3781	0,49			0,09	0,23	0,32167	0,042
CaO	0,53	0,12	0,36	0,37	2,29	0,429	3,0206	2,23	0,571	1,85	0,41	0,3	1,49117	0,2
TiO ₂	2,29	0,429	0,394	0,409	0,275	0,44	0,4914	0,29	0,3	0,28	0,3	0,29	0,29883	
V ₂ O ₅	0,275	0,44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0193	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,011	
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,015	0,013	0,03	0,047	0,0723	0,036	0,02233	0,049	0,015	0,016	0,0355	0,016
MnO	0,03	0,047	0,027	0,024	0,116		0,3187	0,23	0,07167	0,24	0,037	0,048	0,139	0,043
Fe ₂ O ₃	0,116		2,37	1,85	3,085	1,8	7,3943	4,53	3,98333	4,13	2,82	1,91	5,20333	3,17
NiO	3,085	1,8	0,0087		0,00755	0,007	0,0128				0,006	0,0072	0,01205	0,007
CuO	0,00755	0,0069	0,048	0,053	0,051	0,049	0,0753	0,055	0,04667	0,054	0,047	0,046	0,05733	0,047
ZnO	0,051	0,049	0,006	0,005	0,0635	0,006	0,3459	0,047	0,28233	0,191	0,01		0,18033	0,018
AsO ₃	0,0635	0,006												
As ₂ O ₃									0,00033	0,0001	0,001		0,00017	
ZrO ₂	0,02		0,074	0,075	0,0475	0,071	0,0531	0,046	0,08153	0,042	0,0952	0,067	0,04683	
RuO ₂	0,0475	0,071			0,24	0,25	0,278	0,26		0,17	0,22	0,23	0,21	
Re ₂ O ₇	0,24	0,25	0,008	0,01	0,01		0,0064	0,01	0,00667	0,00583	0,01		0,01	
PbO	0,061				0,034		0,0527		0,03733	0,03983	0,031			
Sc ₂ O ₃	0,000012									0,0001		0,29	0,004	
OsO ₄	0,034				0,01		0,001							
Au	0,26		0,018	0,019	0,02		0,001	0,019	0,01	0,00283	0,019		0,017	
La ₂ O ₃	0,01													
SrO	0,01				0,02		0,0176	0,019					0,01517	
Eu ₂ O ₃					0,061		0,1169	0,1					0,05417	
Yb ₂ O ₃					0,000012		0,007				0,009		0,00733	
SO ₃					0,26								0,00667	

3.1 ANALYSE GLOBALE DES DONNÉES DU TABLEAU 4

Sur le plan qualitatif le tableau renseigne que les sols remblayés par les SBF sont essentiellement composés de 27 oxydes et de l'or (Au) comme nous pouvons le lire dans la première colonne du tableau 4.

Sur le plan quantitatif, le tableau indique que le SiO₂ est le composant prépondérant des sols remblayés par les boues et scories de la mitraille avec une concentration massique à deux chiffres (92,4%), Fe₂O₃ et CaO possèdent des concentrations massiques relatives à un chiffre (3,6% et 1,24%), TiO₂, NiO, K₂O, Al₂O₃, P₂O₅, RuO₂, ZnO et MnO ont des concentrations de l'ordre du dixième dans les limites de [0,62% - 0,11%], tandis que les concentrations relatives de MgO, ZrO₂, Au, V₂O₅, CuO, Re₂O₇, SO₃, Eu₂O₃, et Cr₂O₃ sont rangées dans l'ordre de centième dans les limites du plus grand au plus petit de [0,095 % et 0,03 %], SrO, AsO₃, OsO₄, Yb₂O₃ et La₂O₃ disposent de concentration rangées dans l'ordre de millièm dont la plus grande est 0,009 % et la plus petite 0,001 % et enfin, As₂O₃ et Sc₂O₃ dont les concentrations sont infiniment petites dans l'ordre de dix-millièm dans les limites de [0,0002857 % - 0,000114286 %].

Par ailleurs, SiO₂, Fe₂O₃, CaO, TiO₂, K₂O, ZnO, MnO, CuO, ZrO₂, PbO, V₂O₅ et Au, sont des composants dosés littéralement dans tous les sept blocs, RuO₂, PbO et NiO ont été dosés dans six blocs, SrO et Yb₂O₃ dans quatre blocs, Eu₂O₃, Sc₂O₃, OsO₄ et AsO₃ dans 3 blocs, SO₃ dans deux blocs tandis que Al₂O₃, MgO, P₂O₅, As₂O₃, La₂O₃ ont été dosés dans un seul bloc.

Aussi faudra-t-il noter qu'entre les différents blocs, les sols ne possèdent pas la même composition chimique. En effet, l'on peut observer dans le tableau ci-dessus que le bloc 7 comprend quatorze composants, les blocs 1 et 3 en disposent treize, tandis que les blocs 4, 6 et 5 en comprennent respectivement douze, onze et neuf et le bloc 2 qui vient en dernière position en a sept.

En approfondissant l'analyse du tableau 4, nous réalisons le parallélisme entre la composition moyenne générale des sols remblayés par les scories et boues des fonderies de la mitraille et les sols qui n'ont pas encore subi le dépôt de ces matériaux (échantillon blanc). Ceci nous amène à constater que seules les concentrations de SiO_2 , V_2O_5 et Sc_2O_3 accusent des différences négatives. Il s'agit là des composants dont les concentrations sont relativement élevées dans les échantillons blancs qu'elles ne le sont dans les échantillons des sols remblayés. Les sols de Kinshasa sont majoritairement composés de la silice (SiO_2); V_2O_5 et Sc_2O_3 peuvent être le résultat des retombés atmosphériques. De même, P_2O_5 , Al_2O_3 , MgO , OsO_4 , La_2O_3 , Yb_2O_3 et SO_3 n'ont pas été dosés dans les sols non touchés par les remblais. En fin, sur le plan quantitatif, le reste de composants dosés aussi bien dans les sols remblayés que ceux non remblayés ont des concentrations relativement élevées dans les premiers que dans les seconds comme nous pouvons le lire dans la figure 1.

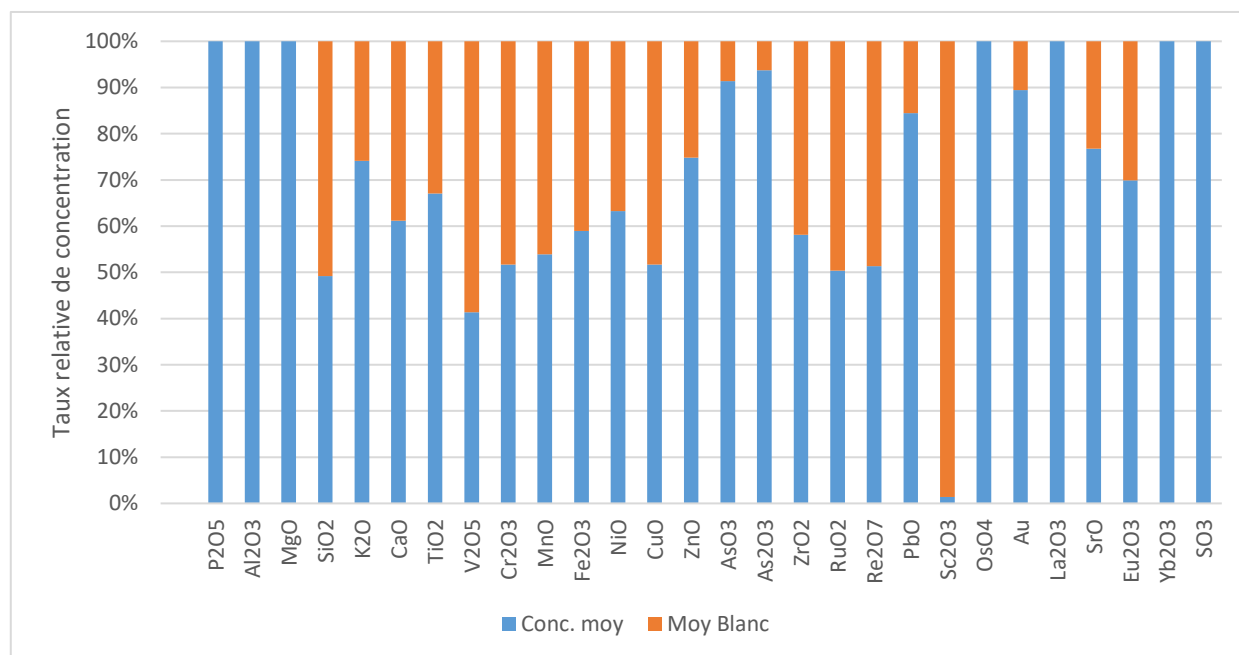


Fig. 2. Rapport entre concentration des sols remblayés par les boues et scories et sols non remblayés

Cette figure montre clairement la contribution de chacune de deux parties lors de la mise ensemble des leurs composants respectifs. Il se dégage clairement que l'apport des sols remblayés par les scories et boues des fonderies de la mitraille (Conc. moy) est de loin supérieur à celui des sols qui n'ont pas eu un contact direct avec les scories et boues des fonderies (Moy Blanc). Ce qui met en évidence la contamination par des éléments minéraux des sols remblayés par le mélange scories-boues des fonderies de la mitraille.

COMMENTAIRE 1

Les métaux se répartissent dans les sols sous des formes variées. On les trouve sous forme échangeable dans les argiles et la matière organique qui leur permet d'être absorbés par les plantes, sous forme de complexes ou associés à des molécules organiques. Ils peuvent être inclus dans des phases cristallines ou directement adsorbés sur des particules d'oxydes ou d'hydroxydes de fer, d'aluminium et de manganèse et peuvent enfin, être retenus dans les restes d'un organisme vivant qui les contenait [6].

La forme des métaux dans les sols dépend de manière dynamique de leur composition minéralogique, des conditions de salinité, de pH, d'oxydo-réduction, de la granulométrie du sol, de sa teneur en eau, de la présence de ligands en solution et de micro-organismes. Tous ces facteurs influencent la solubilisation des métaux ou au contraire, leur précipitation ou leur adsorption [7] et [8].

Les sols de notre zone d'étude s'individualisent par les teneurs très élevées en SiO_2 dont la moyenne est de 92%. Il existe 3 isotopes stables de silice, possédant les numéros atomiques 28, 29 et 30 et 5 isotopes radioactifs de numéros atomiques 25, 26, 27, 31 et 32 [9]. En général, les sols sablonneux contiennent peu de phyllosilicates et sont acides. Ils possèdent donc une

faible capacité d'échange cationique (CEC) et par conséquent, une faible capacité de rétention des métaux lourds cationiques [10].

Lors d'une étude de la composition chimique des remblais des scories de la friche industrielle de Mortagne du Nord, [11] constate que le sol restait majoritairement composé d'oxyde de silicium. D'après [9], après l'oxygène, le silicium est l'élément le plus répandu sur Terre (26,7 %). Mais, dans l'Univers également, la présence du silicium est en moyenne plus fréquente que celle des autres éléments. Les métaux dont la décompte y est plus significative ont des teneurs relativement faibles et variant d'un bloc à un autre.

L'oxyde de fer est le métal le plus abondant dans les sols remblayés par les scories et boues des fonderies avec une concentration massique relative d'au moins 4%. En suivant la classification des roches d'après leurs compositions en fer, nous sommes en face d'une roche sédimentaire avec comme sous composantes les grès, schistes, calcaires et marne dont les concentrations massiques en Fe_2O_3 varient de 0,5 à 8 % [12].

L'oxyde de calcium est le troisième composant du sol de notre zone d'étude en termes de concentration massique dont la teneur est évaluée à plus ou moins 1,24% de la masse totale du sol. L'oxyde de calcium n'est pas en soi un composant typique des sols; il provient de la réaction entre les carbonates brûlés à forte température suivant la réaction ci-après [13]:



Nous estimons que nos échantillons ayant été soumis au séchage strict au four à 140° C, le carbonate y contenu est passé à la forme de la chaux vive (CaO).

Les carbonates du sol sont généralement sous forme de calcite (carbonate de calcium) et de dolomite (carbonate double de calcium et magnésium). Ils sont également présents dans les roches en tant que débris de roches calcaires. S'ils sont normalement stables, ils peuvent être dissous sous certains climats, la calcite précipite alors dans l'espace entre les pores. Ils sont issus de l'altération et/ou de la précipitation des roches carbonatées. Lors de l'analyse chimique, on distingue les teneurs en calcaire total de celles en calcaire actif (partie qui peut se solubiliser rapidement en bicarbonate). A l'échelle du territoire, on trouve les sols carbonatés au-dessus des roches calcaires [13].

Dans la nature, la majorité des éléments sont des éléments traces car on ne dénombre que 12 éléments majeurs représentant plus de 99 % de la composition chimique générale de la lithosphère à savoir: l'oxygène (46,6%), la silice (27,7%), l'aluminium (8,1%), le fer (5%), le calcium (3,63%), le sodium (2,8%), le potassium (2,5%), le magnésium (2%), le titane (0,44%), l'hydrogène (0,14%), le phosphore (0,11%) et le manganèse (0,1%) [13]. Ce qui signifie que, sauf en cas de pollution très importante, les métaux toxiques sont aussi présents à faible ou très faible concentration dans le sol.

D'emblée, en considérant les différentes péripéties ci-haut examinées, en estimant que l'oxygène et l'hydrogène seraient chassés des échantillons lors du processus de leur traitement physique et/ou chimique, que le sodium n'a pas été détecté (pour motif que «dans le sol cet élément ne se trouve que dans l'état lié principalement sous forme de sels et qu'il est très facilement lessivé vers les couches profondes du sol par l'eau de pluie mais aussi que l'ion sodium se fixe moins bien à l'argile que l'ion potassium» [14], la concentration totale de neuf autres composants "majeurs" restants (Si, Al, Fe, Ca, K, Mg, Ti, Mn et P) contenues dans les sols remblayés est parallèlement évaluée en somme à 99,37%. Ce qui corrobore les résultats de [13] et atteste en conséquence que le plus grand nombre des composants de sols de notre zone d'étude ont des concentrations extrêmement petites (<<< 1) et sont donc classés dans la catégorie des éléments mineurs.

L'exploitation minière est l'une des plus importantes sources de métaux lourds dans l'environnement et en principe, un sol contient en moyenne 25 % d'air, 25 % d'eau, 45 % de composés minéraux et 5 % de composés organiques [15] et [16].

Quel lien y-a-il entre cette composition typique des sols et celle des scories et boues de la mitraille ?

3.2 CORRÉLATION ENTRE COMPOSITIONS CHIMIQUES DES BOUES ET SCORIES DE LA MITRAILLE ET DES SOLS

Cette section permet de répondre à la question ci-haut posée. Elle permet en effet, de vérifier si les composantes des boues et scories se retrouvent dans les sols et d'en évaluer leurs teneurs.

Vu les caractéristiques particulières de chaque bloc, nous faisons une comparaison composants des SBF/composants des sols bloc par bloc. Nous reprenons dans le tableau 5 les différentes compositions chimiques des SBF de la mitraille en essayant de les relier à celles des sols dans tous les blocs.

Tableau 5. Lien entre composition chimique des SBF et Sols/bloc

Composts SBF	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5	Bloc 6	Bloc 7
Na ₂ O							
CaO	*	*	*	*	*	*	*
Cr ₂ O ₃	*	*	*	*	*	*	*
MnO	*	*	*	*	*	*	*
Fe ₂ O ₃	*	*	*	*	*	*	*
NiO	*	*	*	*		*	*
CuO	*	*	*	*	*	*	*
La ₂ O ₃	*						
Eu ₂ O ₃			*	*			*
Yb ₂ O ₃			*	*		*	*
OsO ₄	*		*	*			
Br							
SiO ₂	*	*	*	*	*	*	*
K ₂ O	*	*	*	*	*	*	*
TiO ₂	*	*	*	*	*	*	*
V ₂ O ₅	*	*	*	*	*	*	*
ZnO	*	*	*	*	*	*	*
Ti ₂ O ₃							
Au	*	*	*	*	*	*	*
Sc ₂ O ₃	*					*	*
SrO	*		*	*			*
ZrO ₂	*	*	*	*	*	*	*
Nb ₂ O ₅							
RuO ₂	*	*	*	*		*	*
BaO							
Re ₂ O ₇	*	*	*	*	*	*	*
Al ₂ O ₃				*			
MgO					*		
Rb ₂ O							
HgO	*	*	*	*	*	*	*
	AsO ₃				As ₂ O ₃	As ₂ O ₃	As ₂ O ₄
	PbO		PbO	PbO	PbO	PbO	PbO
		P ₂ O ₅					

De ce tableau nous dégagons les différents liens mathématiques ci-après:

1°. Les éléments ayant un lien commun entre les scories et boues de la mitraille et les sols:

- Bloc 1: $SBF \cap SB1 = \{SiO_2, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, NiO, CuO, La_2O_3, OsO_4, K_2O, TiO_2, V_2O_5, ZnO, Sc_2O_3, SrO, ZrO_2, RuO_2, Re_2O_7, Au\}$: en première vue la présomption est que ces oxydes auraient été transmis aux sols par les SBF suite à leur contact.
- Bloc 2: $SBF \cap SB2 = \{SiO_2, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, NiO, CuO, K_2O, TiO_2, V_2O_5, ZnO, ZrO_2, RuO_2, Re_2O_7, Au\}$: l'extension de cet ensemble détermine les composants dosés dans les SBF et le sol du bloc 2.
- Bloc 3: $SBF \cap SB3 = \{SiO_2, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, NiO, CuO, OsO_4, K_2O, TiO_2, V_2O_5, ZnO, Eu_2O_3, Yb_2O_3, SrO, ZrO_2, RuO_2, Re_2O_7, Au\}$: la définition en extension de cet ensemble signifie simplement les éléments dosés aussi bien dans les sols du bloc 3 que dans les SBF.

- Bloc 4: $SBF \cap SB4 = \{Al_2O_3, SiO_2, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, NiO, CuO, OsO_4, K_2O, TiO_2, V_2O_5, ZnO, Eu_2O_3, Yb_2O_3, SrO, ZrO_2, RuO_2, Re_2O_7, Au\}$: cet ensemble est constitué des éléments qui entrent dans la composition des SBF et le sol du bloc 4. Il s'agit des oxydes dosés dans les scories et dans le sol dudit bloc.
- Bloc 5: $SBF \cap SB5 = \{MgO, SiO_2, CaO, Cr_2O_3, MnO, Fe_2O_3, CuO, K_2O, TiO_2, V_2O_5, ZnO, ZrO_2, Re_2O_7, Au\}$
- Bloc 6: $SBF \cap SB6 = \{SiO_2, K_2O, CaO, Sc_2O_3, TiO_2, V_2O_5, Cr_2O_3, MnO, CuO, Fe_2O_3, NiO, ZrO_2, RuO_2, ZnO, Yb_2O_3, Re_2O_7, Au\}$
- Bloc 7: $SBF \cap SB7 = \{SiO_2, K_2O, CaO, TiO_2, V_2O_5, Cr_2O_3, MnO, CuO, Fe_2O_3, NiO, ZnO, SrO, ZrO_2, Yb_2O_3, RuO_2, Eu_2O_3, Re_2O_7, Sc_2O_3, Au\}$

2°. Les composants des scories et boues de la mitraille non trouvés dans les sols:

- Bloc 1: $SBF \setminus SB1 = \{Na_2O, Eu_2O_3, Yb_2O_3, Br, Ti_2O_3, Nb_2O_5, BaO, Al_2O_3, MgO, Rb_2O, HgO\}$: il s'agit des oxydes contenus dans le mélange Scories-Boues mais non dosés dans le sol du bloc 1.
- Bloc 2: $SBF \setminus SB1 = \{Na_2O, Eu_2O_3, Yb_2O_3, Br, Ti_2O_3, Nb_2O_5, BaO, Al_2O_3, MgO, Rb_2O, HgO, La_2O_3, OsO_4, Sc_2O_3, SrO\}$: sont les éléments qui ont été dosés dans les SBF et qui ne l'ont pas été dans le sol du bloc 2.
- Bloc 3: $SBF \setminus SB3 = \{Na_2O, Nb_2O_5, BaO, Al_2O_3, HgO, La_2O_3, Ti_2O_3, Br, Sc_2O_3, MgO, Rb_2O\}$: est l'ensemble des composants des SBF qui n'ont pas pu être repérés dans les sols du bloc 3.
- Bloc 4: $SBF \setminus SB4 = \{Na_2O, Nb_2O_5, BaO, La_2O_3, Ti_2O_3, Br, Sc_2O_3, MgO, Rb_2O, HgO\}$;
- Bloc 5: $SBF \setminus SB5 = \{Na_2O, Nb_2O_5, NiO, Eu_2O_3, La_2O_3, Yb_2O_3, OsO_4, Br, HgO, Ti_2O_3, SrO, Sc_2O_3, Nb_2O_5, RuO_2, BaO, Al_2O_3\}$;
- Bloc 6: $SBF \setminus SB6 = \{Na_2O, La_2O_3, Eu_2O_3, Br, OsO_4, Ti_2O_3, SrO, ZrO, Nb_2O_5, BaO, Al_2O_3, MgO, Rb_2O_3, HgO\}$
- Bloc 7: $SBF \setminus SB7 = \{Na_2O, La_2O_3, OsO_4, BaO, Ti_2O_3, Nb_2O_3, Br, Al_2O_3, MgO, Rb_2O, HgO\}$

3°. Les composants dosés dans les sols et non contenus dans les scories et boues de la mitraille

- Bloc 1: $SB1 \setminus SBF = \{As_2O_3, PbO\}$: c'est l'ensemble composé par deux composants dosés dans le sol du bloc 1 qui n'ont pas été dosés dans les SBF de la mitraille.
- Bloc 2: $SB1 \setminus SBF = \{ \}$: est un ensemble vide, ce qui signifie que tous les composants de sol du bloc 2 sont des composants des SBF, en d'autres termes, la composition des sols remblayés du bloc 2 est incluse dans celle de remblais.
- Bloc 3: $SB3 \setminus SBF = \{P_2O_5, SO_3, PbO\}$: ensemble de composants dosés dans le sol du bloc 3 mais ne se retrouvant pas dans la composition typique des SBF.
- Bloc 4: $SB4 \setminus SBF = \{SO_3, PbO\}$: ensemble de composants dosés dans le sol du bloc 4 mais ne se retrouvant pas dans la composition typique des SBF.
- Bloc 5: $SB5 \setminus SBF = \{As_2O_3, PbO\}$: ensemble de composants dosés dans le sol du bloc 5 mais ne se retrouvant pas dans la composition typique des SBF.
- Bloc 6: $SB6 \setminus SBF = \{As_2O_3, PbO\}$: ensemble de composants dosés dans le sol du bloc 6 mais ne se retrouvant pas dans la composition typique des SBF.
- Bloc 7: $SB7 \setminus SBF = \{As_2O_3, SO_3, PbO\}$: ensemble de composants dosés dans le sol du bloc 7 mais ne se retrouvant pas dans la composition typique des SBF.

De la synthèse de ces différentes propriétés mathématiques, l'on peut retenir en définitif que l'analyse par XRF révèle les facteurs caractéristiques ci-après:

1°. De la composition chimique des scories et boues de la mitraille de Kinshasa [1]

- (i) non métaux: Br et Si;
- (ii) métaux simples: Na, Ca, Ti, Sr, Sc, Ba, Al, Rb et K;
- (iii) métaux lourds: Yb, Os, Cr (III), Mn, Fe, Ni, Cu, La, Eu, V, Zn, Zr, Nb, Ru, Re, Au et Hg.

2°. Les composants biodisponibles dans les scories et boues des fonderies et bioaccumulés dans les sols remblayés:

- (i) non métaux: Si;
- (ii) métaux simples: Ca, K, Ti, Sr et Al;
- (iii) métaux lourds: Cr, Mn, Fe, Cu, La, Eu, Yb, Os, V, Zn, Au, Sc, Zr, Ru, Re, Hg et Mg.

3°. Les éléments biodisponibles dans les scories et boues de la mitraille non dosés dans les sols remblayés:

- (i) non métaux: Br
- (ii) métaux simples: Na et Ti (III),
- (iii) métaux lourds: Rb, Eu et Yb

4°. Les éléments chimiques dosés dans les sols mais n'étant pas dosés subséquentment dans les scories et boues de la mitraille:

- (i) non métaux: As, P et S;
- (ii) métaux simples: aucun,
- (iii) métaux lourds: Pb

Comment comprendre ces différents comportements des éléments tel que décrit ci-haut ? Nous pensons qu'une étude de la cinétique environnementale de chaque ETM serait nécessaire pour ce faire.

COMMENTAIRE 2

Selon Geerj et al. (2004) lu dans [17], une bonne interprétation du diagramme d'illustration des concepts de biodisponibilité et bioaccessibilité peut permettre de mieux élucider le mécanisme de la cinétique environnementale des ETM.

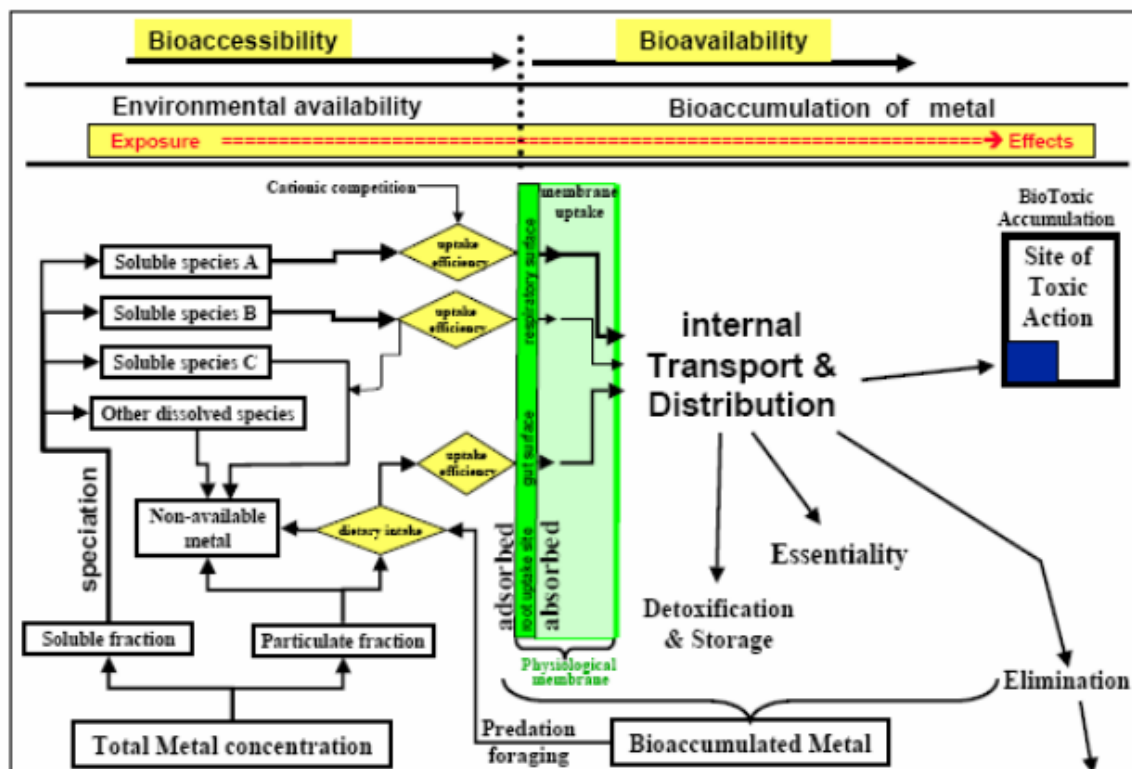


Fig. 3. Diagramme illustrant les concepts de biodisponibilité (bioavailability) et bioaccessibilité (bioaccessibility) [17]

Voici donc notre version d'interprétation de la figure 2: «les écosystèmes environnementaux sont exposés aux éléments toxiques qui sont permanentement disponibles (environmental availability). Au contact de ces derniers, les effets se produisent progressivement suite à la bioaccumulation des éléments métalliques dans le milieu (bioaccumulation of metal). Tel en est le principe général; et maintenant voici le déroulement du processus global.

La concentration totale des éléments métalliques inoculés dans un milieu donné s'y trouve en fraction soluble et fraction particulaire. La décomposition de la fraction particulaire produit d'une part du métal non utilisable et d'autre part une substance admissible (dietary intake) dont une portion passe dans la phase précédente (Non available métal) et l'autre à haute

capacité d'agrégation. Pendant ce temps, la fraction soluble pénètre dans le milieu (spéciation) et y subissent de degrés de transformation relatifs en fonction des propriétés physicochimiques de chaque élément. Certains sont classés dans la catégorie des espèces solubles de la catégorie A, d'autres B, tandis que certains sont classés dans la catégorie d'autres composés dissouts. Tous les éléments appartenant à la catégorie A disposent d'une haute capacité d'agrégation tandis qu'une petite partie de composants de la catégorie B s'associe aux éléments de la catégorie C et d'autres espèces dissoutes pour donner le métal non disponible (bioindisponibilité).

Après cette étape, tous les composés à haute capacité d'agrégation passent dans la phase solide (sol). Les éléments absorbés sont alors captés dans une membrane d'agrégation. Un transport interne des éléments agrégés est assuré suivi de leur distribution en quatre portions distinctes: une passe dans le site dit «site à action toxique» après une bioaccumulation de substances toxiques, une partie est éliminée suite à plusieurs phénomènes (ruissellement, évaporation, accumulation dans des organismes végétaux, etc.), tandis que deux fractions notamment une dite fondamentale et une composée de substances toxiques accumulées forment la partie métallique bioaccumulée dans un milieu donné (sol pour ce qui nous concerne).

Les éléments métalliques bioaccumulés dans un milieu donné peuvent revenir dans l'environnement par prédation et compétition pour passer à nouveau dans le système de transformation tel que décrit ci-haut» fin d'interprétation.

D'après [18], [19] et [20], la sorption et la désorption (dont les mobile principal se fait soit par l'adsorption, la précipitation et la fixation des éléments) sont des principaux facteurs qui contrôlent le comportement des métaux dans le sol leurs phyto-disponibilités et même leurs toxicités potentielles. Par ailleurs, [10] et [21] ont prouvé que la présence des matières organiques, argiles, oxydes de fer, oxyde de manganèse, carbonates, phosphates et sulfures dans le sol favorise la sorption des ETM. Elle est influencée par l'acidité/basicité (pH) du milieu récepteur, la température et le temps de contact.

La durée de contact entre le métal et le sorbant (ici sol) détermine forcément le taux des éléments sorbés [22]. Généralement, la longue durée du temps de contact favorise la sorption et renforce la liaison entre le métal et les surfaces. Ce processus ne doit cependant subir une quelconque perturbation (précipitation) comme expliqué précédemment. [23] constatent que la longue durée de contact avec la solution extractive favorise la désorption du métal et, par conséquent, augmente la quantité de métal désorbée dans une nouvelle matrice.

Dans les sols, les ETM peuvent exister sous forme soluble, échangeable ou combiné avec les constituants du sol. C'est à partir de ce cadre assez clair que nous pouvons comprendre que les éléments tels que Na, La, Br, Ti, Nb, Ba, Al, Mg et Rb, bien que présents dans les SBF ne se retrouvent pas ou se retrouvent très faiblement (une seule fréquence) dans le milieu les ayant accueilli (sorbant), tandis que nombreux sont les éléments qui ont rencontrés une adhésion positive mais à des teneurs relatives.

Pour les premiers, il n'est pas question de dire qu'il n'y a pas eu contact, mais que suite à certains de phénomènes ci-haut énumérés (précipitation, percolation, etc.), ils auraient été éliminés de la couche superficielle des sols pour permuter dans les zones plus profondes ou dans d'autres milieux. Quant à la seconde, malgré l'adhésion constatée, son rapport paraît déséquilibré.

Les ETM sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique [24]. La concentration naturelle de ces éléments dans les sols varie selon la nature de la roche, sa localisation, son âge et la nature de l'élément. Les retombées atmosphériques sont également une source potentielle d'ETM pour les sols [25].

Un sol est considéré pollué lorsque la dégradation de sa qualité par l'apport anthropique d'éléments toxiques peut porter atteinte à la santé humaine ou/et à l'environnement. La présence d'un polluant dans le sol n'est pas en soi un danger ni moins une pollution d'office, le risque apparaît dès que ce polluant peut être mobilisé et agit sur l'environnement (faune, flore) ou sur l'homme [26].

4 CONCLUSION

En dehors de toute intervention de l'homme, les sols ont une concentration naturelle en métaux provenant de l'altération de la roche-mère faisant automatiquement partie de la composition de ces sols (Sirven, 2006). Dans notre article précédent (sous même presse), nous avons démontré que les scories et boues de la mitraille/ferraille renfermaient les composants minéraux notamment Na_2O , CaO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CuO , La_2O_3 , Eu_2O_3 , Yb_2O_3 , OsO_4 , Br , SiO_2 , K_2O , TiO_2 , V_2O_5 , ZnO , Ti_2O_3 , Au , Sc_2O_3 , SrO , ZrO_2 , Nb_2O_5 , RuO_2 , BaO , Re_2O_7 , Al_2O_3 , MgO , Rb_2O , HgO . Au cours de ce dernier, il vient d'être prouvé que la quasi majorité de composants des scories et boues de la mitraille sont contenus dans les sols remblayés par lesdites scories et boues sauf Na_2O , Br , Ti_2O_3 , Nb_2O_5 , BaO et Rb_2O . Après analyse critique il est constaté que ces derniers composants ont une grande mobilité dans les sols, raison pour laquelle il serait possible qu'ils ne puissent pas être repérés dans le volume superficiel

des sols (60 cm). En conséquence, il y a une similarité parfaite entre les contenus des scories et boues de la mitraille et celui des sols remblayés par elles. Cette similarité n'est pas le fait d'un simple hasard géologique mais plutôt un phénomène physicochimique clairement établi. En termes clairs, le contact des scories et boues de la mitraille avec un contenant est une source de transmission des éléments minéraux dans leur hôte, tandis que le sol (comme hôte) facilite la bioaccumulation de ces éléments minéraux. La comparaison de la composition chimique des sols remblayés par les scories et boues des fonderies l'a suffisamment prouvée car il vient d'être démontré que la concentration de SiO_2 demeure plus élevée dans les sols non remblayés par les SBF tandis que la majorité de composants sont relativement moins concentrée dans ces derniers qu'ils ne les sont dans les sols enduits de remblais. De même, beaucoup d'autres composants (P_2O_5 , Al_2O_3 , MgO , OsO_4 , La_2O_3 , Yb_2O_3 et SO_3) ont été dosés dans les sols remblayés par les scories et non dans ceux sur lesquels ces remblais ne sont encore entreposés. Ce qui nous permet de conclure en définitif que les scories et boues de fonderies de la mitraille contaminent dangereusement les écosystèmes sur lesquels elles sont déposés, autrement dit, les éléments chimiques contenus dans les scories et boues des fonderies (bioaccessibility) sont transférés dans les milieux physiques qui les accueillent (bioavailability).

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent aux autorités de l'Office Congolais de Contrôle (OCC) de Lubumbashi et plus particulièrement au personnel du Laboratoire Central de Physicochimie de cette entreprise, spécialement à Madame Ndaya, Messieurs Bertin Kitwa et Mpiana respectivement chef de Division, chef de bureau et Chef de service dudit département pour leur assistance avérée lors des travaux de laboratoire. J'adresse aussi mes remerciements à la famille Emman Nzondero pour son accueil favorable dans la ville de Lubumbashi et aux prêtres de l'ordre de Saint Augustin pour le cadre idéal de travail mis à ma disposition.

REFERENCE

- [1] Kakundika et al., Caractérisation chimique des boues et scories des fonderies qui recyclent la mitraille à Kinshasa-RDC: qualité et quantité relative des polluants du substratum remblayé par ces matériaux, sous presse.
- [2] Kakundika et al, Repérage et géolocalisation des sites de rejets des scories et boues des fonderies de la mitraille de Kinshasa, sous presse.
- [3] Anne Tremel-Schaub et Isabelle Feix, 2005. Contamination des sols: transfert des sols vers les plantes, EDP Sciences/ADEME, ISBN: 2-86883-793-X, 422p.
- [4] <http://www.fao.org/3/x2570f/X2570F04.htm>.
- [5] Chassin P., Baize D., Cambier P., Sterckeman T. 1996. Les éléments traces métalliques et la qualité des sols, Impact à moyen et à long terme: Etude et Gestion des Sols, 3. 297-306.
- [6] De Matos, A.T., Fontes, M.P.F., da Costa, L.M., Martinez, M.A., 2001. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils. Environ. Poll., 111, 429-435.
- [7] Laperche V., Dictor M. C., Clozel-Leloup B. and Baranger Ph., 2004. Guide méthodologique du plomb, appliqué à la gestion des sites et sols pollués, BRGM/RP-52881-FR, Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 2003-POLA06.
- [8] Pansu M. et Gautheyrou J., 2003. L'analyse du sol, Minéralogique, organique et minérale, édition Springer, 998 p.
- [9] Nicolaus Remer, 2006, la silice: l'élément oublié en agriculture, in https://soin-de-la-terre.org/content/uploads/La_silice_ consulté le 9 janvier 2021.
- [10] Kabata-Pendias, A., 2001. Trace elements in soils and plants, Third Edition, NY: CRC, Raton, Florida, p 155-178.
- [11] Médard Thiry¹, Sabine Huet-Taillanter et Jean-Michel Schmitt, 2002. La friche industrielle de Mortagne-du-Nord (59) – I – Prospection du site, composition des scories, hydrochimie, hydrologie et estimation des flux, Bull. Soc. Géol. France, t. 173, no 4, pp. 369-381.
- [12] J.M. Marcoen, J. Naud, J.C. Brohée, I. Crélot, E. Delcarte et R. Agneesens, 2000. Le fond géopédochimique des sols: potentialité de l'analyse chimique élémentaire globale par spectrométrie de fluorescence X (XRF), Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat, 2-3 Novembre 2000.
- [13] Sirven J.B., 2006. Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS), Physique Atomique [physics.atom-ph], Thèse de doctorat, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, France, pp 250.
- [14] <http://www.ks-minerals and agriculture.com>
- [15] Lee CG, Chon HT, Jung MC, 2001. Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn mine in Korea, Applied Geochemistry 16: 1377-86.

- [16] Bliefert C. and Perraud R., 2001. Chimie de l'environnement, Air, eau, sols, déchets, Edition De Boeck Université, Paris, Bruxelles, 1re édition, 408p.
- [17] Axelle Gravelier 2007. Biodisponibilité des métaux lourds dans les sols et impact de sa prise en compte dans les évaluations de risque sanitaire, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur du génie sanitaire, Ecole de la Santé Publique, Renne/France.
- [18] Sparks, D.L. 1999. Kinetics of sorption/ release reactions at the soil mineral/water interface, in D.L. Sparks, (ed.), Soil physical chemistry (2nd ed.), CRC Press, Boca Raton, pp. 135-191.
- [19] Vega, F.A., Covelo, E.F. et Andrade, M.L, 2006. Competitive sorption and desorption of heavy metals in mine soils: Influence of mine soil characteristics, Journal of Colloid and Interface Science, 298: 582-592.
- [20] Swift, R.S. et McLaren, R.G., 1991. Micronutrient adsorption by soils and soil colloids, in Bolt, G.H. De Boodt, M.F., Hayes, M.B.H., McBride, M.B. (eds.) Interactions at the Soil Colloids-Soil Solution Interface, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- [21] Karam, A., Cote C. et Parent, L.E, 2003. Retention of copper in Cu-enriched organic soils, pp. 137-150, in L.-E. Parent et P. Ilnicki (eds.), Organic soils and peat materials for sustainable agriculture. CRC Press LLC, Boca Raton.
- [22] Bruemmer, G.W., Gerth, J., et Tiller, K.G. 1988. Reaction kinetics of the adsorption and desorption of Ni, Zn and Cd by goethite: Adsorption and diffusion of metal. Journal of Soil Science, 39: 37-52.
- [23] Filius, A., Streck, T. et Richter, J. 1998. Cadmium sorption and desorption in limed topsoils as influenced by pH: Isotherms and simulated leaching. Journal of Environmental Quality, 27: 12-18.
- [24] Bourrelrier, P.H. and Berthelin, J., 1998. Contamination des sols par les éléments traces: les risques et leur gestion. CR. Acc Sci, 42. Ed. Lavoisier, Paris.
- [25] Benahmed Mohamed, 2017. Effet des précipitations sur la distribution du Zn et du Pb issus de retombées atmosphériques dans le sol: Cas de la fonderie de Tiaret (ALFET), thèse de doctorat, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, République Algérienne Démocratique et Populaire.
- [26] Dubey, B.L. et Dwividi P., 1988. Projective value of somatic Inkb lot series II in casestammering, Journal of personality and clinical studies, 8, p. 173-176.

EFFETS DE L'INCORPORATION DE LA POUDRE DES FEUILLES DU *MORINGA OLEIFERA* SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE, DE PONTE ET LA QUALITÉ DES ŒUFS DES POULES PONDEUSES *ISA BROWN* À KARAKORO (NORD COTE D'IVOIRE)

[EFFECTS OF THE INCORPORATION OF POWDER FROM THE LEAVES OF *MORINGA OLEIFERA* ON GROWTH PERFORMANCE, LAYING AND EGG QUALITY OF *ISA BROWN* LAYING HENS IN KARAKORO (NORTH IVORY COAST)]

Gatien Konan Gboko Brou¹, Marcel Kouamé N'Dri¹, Liliane Maïmouna Kouame², Cyril Abdoulaye Fofana¹, and Dramane Diomande³

¹Laboratoire de biologie, de production et de santé animale, Institut de Gestion Agropastorale (IGA), Université Peleforo GON COULIBALY, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de biochimie, microbiologie et de valorisation des agro ressources, Institut de Gestion Agropastorale (IGA), Université Peleforo GON COULIBALY, Côte d'Ivoire

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

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

ABSTRACT: The present study was carried out in Karakoro commune to assess the effects of incorporating powder from *Moringa oleifera* leaves on growth performance, laying and egg quality of *ISA Brown* laying hens. To do this, three batches of 100 laying hens were made and fed with three diets containing different levels of incorporation of *Moringa oleifera* powder. The experiment lasted eight weeks. Lot A was fed with feed without incorporation of *Moringa oleifera*. Lots B and C were fed feed containing *Moringa oleifera* leaf powder incorporation rates of 1% and 5%, respectively. In terms of the growth performance of the laying hens, the results showed that the average weight of the subjects of batch A which was 1.64 g at the 29th week was higher than those of batches B and C with respective weights of 1, 61 g and 1.57 g without significant difference ($P>0.05$). On the other hand, in terms of spawning performance, batch C obtained better results. The average egg weight of the laying hens in batch C (58.6 g) was greater than that of batch B (50.19 g) and batch A (47.85 g). Ultimately, breeders should incorporate *Moringa oleifera* powder into the diets of laying hens to improve laying performance.

KEYWORDS: *Moringa oleifera*, laying hens, laying performance, Karakoro.

RESUME: La présente étude a été menée dans la commune de Karakoro en vue d'évaluer les effets de l'incorporation de la poudre des feuilles du *Moringa oleifera* sur les performances de croissance, de ponte et la qualité des œufs des poules pondeuses *ISA Brown*. Pour ce faire, trois lots de 100 poules pondeuses ont été constitués et nourris avec trois régimes alimentaires contenant différents taux d'incorporation de poudre de *Moringa oleifera*. L'expérimentation a duré huit semaines. Le lot A a été nourri avec un aliment sans incorporation de *Moringa oleifera*. Les lots B et C ont été nourris avec des aliments contenant des taux d'incorporation de poudre des feuilles de *Moringa oleifera* respectifs de 1% et 5%. Au niveau des performances de croissance des poules pondeuses, les résultats ont montré que le poids moyen des sujets du lot A qui était de 1,64 g à la 29^{ème} semaine était supérieur à ceux des lots B et C avec des poids respectifs de 1,61 g et 1,57 g sans différence significative ($P>0,05$). Par contre, au niveau des performances de ponte, le lot C a obtenu de meilleurs résultats. Le poids moyen des œufs des poules pondeuses du lot C (58,6 g) était supérieur à celui du lot B (50,19 g) et du lot A (47,85 g). En définitive, les éleveurs devraient incorporer la poudre du *Moringa oleifera* dans l'alimentation des poules pondeuses en vue d'améliorer la performance de ponte.

MOTS-CLEFS: *Moringa oleifera*, poules pondeuses, performance de ponte, Karakoro.

1 INTRODUCTION

En ce 21^{ème} siècle, la question de la malnutrition et celle de l'alimentation se posent encore avec acuité, en Afrique particulièrement [10]. En effet, selon [4], environ 870 millions de personnes seraient sous-alimentées pendant la période 2010-2012, soit 12,5% de la population dans le monde. L'aviculture est une activité qui intéresse de plus en plus les nations africaines. Cependant, elle connaît aujourd'hui d'énormes difficultés. Si l'aviculture ne réussit pas à prendre son envol, c'est certainement pour plusieurs raisons dont l'alimentation [9]. Ainsi, la qualité de l'élevage des poules pondeuses qui est au cœur de la production d'œufs de consommation ne déroge pas à cette difficulté. En outre, l'aviculture joue un rôle très important dans le développement de nombreuses nations, tant pour des raisons nutritionnelles qu'économiques [12]. Une poule pondeuse est élevée dans le but de produire des œufs utilisés dans l'alimentation humaine. En effet, l'œuf fait partie des denrées alimentaires d'origine animale les plus riches en protéines avec une proportion équilibrée de tous les acides aminés indispensables à l'organisme humain [13]. Les apports alimentaires des poules pondeuses sont optimisés en fonction du stade physiologique, de l'objectif de performance de ponte et des conditions environnementales extérieures [3]. La production d'œufs de consommation est l'une des plus importantes sources de protéines d'origine animale. Au-delà des besoins élevés en œuf, les consommateurs sont de plus en plus regardants sur la qualité des produits, notamment la coloration du jaune et la résistance de la coquille [5]. Par ailleurs, l'investissement requis en production d'œufs de consommation, relativement faible, génère rapidement des bénéfices compte tenu du fait que la poule commence à pondre entre 18 -20 semaines d'âge et pond entre 250-266 œufs par cycle de production en milieu tropical [6].

En production d'œufs comme toutes les autres spéculations animales quand les ressources alimentaires sont limitées, la meilleure approche est d'utiliser efficacement les résidus post-récoltes, des additifs alimentaires et les sous-produits agroalimentaires pour l'alimentation des volailles à l'instar du tourteau de coton et du tourteau d'arachide quand ils sont disponibles. Ce faisant, il est nécessaire de développer d'autres systèmes d'alimentation basés par exemple sur le *Moringa oleifera* qui est un végétal avec d'importantes vertus aussi bien alimentaires que thérapeutique [2]. La valeur nutritive des feuilles de *Moringa oleifera* est d'une richesse rarement observée. Malgré, le mérite du *Moringa oleifera*, très peu de producteurs l'incorporent dans l'alimentation des poules pondeuses ISA Brown. L'objectif général du présent travail est de contribuer à l'amélioration de la qualité des aliments en élevage des poules pondeuses à travers l'incorporation dans la ration alimentaire de la poudre de feuilles de *Moringa Oleifera*.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

La commune de Karakoro est située au nord de la Côte d'Ivoire, dans la région du Poro. Elle est localisée à 27 km de Korhogo (chef-lieu de région), avec une superficie de 270 km². Sa population est composée de 8939 hommes et de 10304 femmes soit un total de 19243 habitants [15]. Karakoro est situé à 9°25 de latitude Nord et 5°30 de longitude ouest. Cette commune est limitée au nord par le département de Sinématiali, à l'ouest par le département de Korhogo, à l'est par la sous-préfecture de Komborodougou et au sud par celle de Napié. La figure 1 présente la carte de la sous-préfecture de Karakoro.

2.2 MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel animal était constitué de 300 poules pondeuses de souche ISA Brown. L'étude a été appliquée sur des volailles âgées de 21 semaines. Le matériel végétal était composé de feuilles de *Moringa oléifera* qui ont été collectées essentiellement en plein champ sur la ferme.

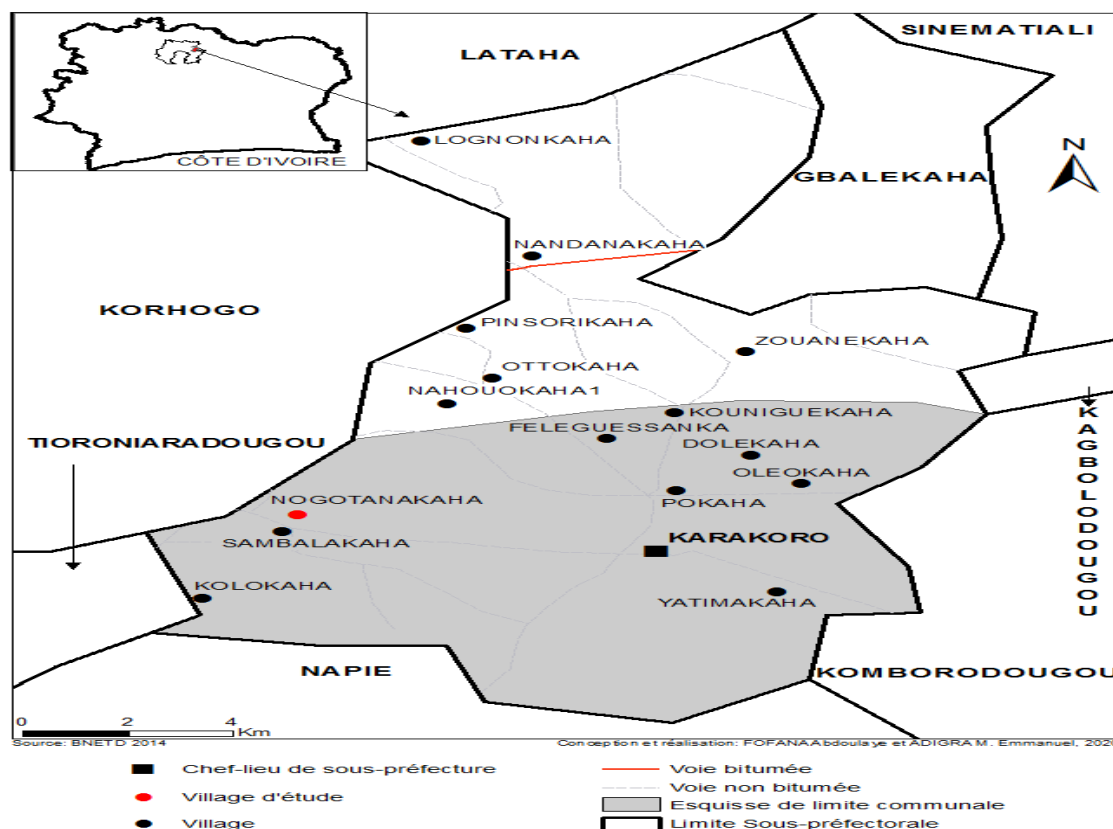


Fig. 1. Carte de la sous-préfecture de Karakoro [15]

2.3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le bâtiment utilisé pour l'expérience est un grand bâtiment subdivisé en trois compartiments (C 1, C 2, C 3) séparés par des grillages contenant cinq (5) mangeoires et cinq (5) abreuvoirs de part et d'autre, de manière à offrir aux oiseaux les mêmes conditions environnementales. Le bâtiment a une superficie de 60 m^2 et compartimenté en trois parties de 20 m^2 chacune. Sa hauteur est de 2,8 m à partir du plancher. La densité en poules pondeuses de chaque compartiment était de 5 sujets / m^2 , soit 100 poules par compartiment. Les poules pondeuses ont été réparties en trois lots homogènes et installées dans des compartiments notés: C_1 pour le lot A: ration sans Moringa (lot témoin), C_2 pour le lot B: ration plus du Moringa à la dose de 1%, C_3 pour le lot C: ration plus du Moringa à la dose de 5%. Les poules pondeuses débecquées ont reçu les traitements prophylactiques nécessaires. La litière a été changée tous les deux mois par mesure de précautions sanitaires et pour la bonne présentation du poulailler. Les œufs sont ramassés deux fois par jour à 10 h et à 16h. Ils ont été enregistrés et classés dans les alvéoles par lot. Les prélèvements d'œufs pour l'analyse ont commencé un (1) mois après l'entrée en ponte.

2.4 PREPARATION DE LA POUDRE DE FEUILLE DE MORINGA OLEIFERA

La poudre de feuilles de *Moringa oléifera* a été obtenue après un processus. La récolte, le séchage et le broyage sont les principales étapes qui ont permis la préparation de la poudre de feuilles du *Moringa oléifera*. Les feuilles fraîches de *Moringa oleifera* ont été récoltées chaque fin de semaine. Le séchage a été fait à l'ombre dans un bâtiment bien aéré et protégé pendant 2 jours. Les feuilles sont retournées pour permettre un séchage homogène et exposées au soleil le jour suivant pendant 15 min avant le broyage. Les feuilles sont collectées et mise dans un tamis de maille 4mm de diamètre. La pression avec la paume de la main sur les feuilles dans le tamis permet de collecter la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* dans un récipient (Figure 2).



a) Récolte du *Moringa Oleifera*



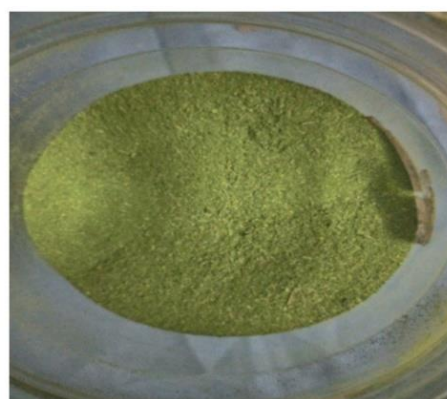
b) Séchage à l'ombre



c) Séchage au soleil



d) Tamis



e) Poudre de *Moringa Oleifera*

Fig. 2. Processus de fabrication de la poudre de *Moringa Oleifera*

2.5 CALCUL DES PARAMETRES ETUDIES

2.5.1 POIDS MOYEN DES POULES (PMP)

Le poids moyen des poules pondeuses est déterminé en faisant le rapport de la somme des poids des individus d'un même lot par leur effectif selon la formule suivante:

$$PMP (g) = \frac{\text{Somme des poids des individus Pesés}}{\text{Effectif total des sujets pesés}}$$

2.5.2 POIDS MOYEN DES ŒUFS (PMO)

La pesée a été faite chaque jour. Les œufs ont été pesés par lot de 30. Ils sont placés dans un seau accroché à un peson numérique. Le poids moyen est le poids total sur le nombre d'œufs. Il est exprimé en g.

$$PMO (g) = \frac{\text{Somme des poids des oeufs Pesés}}{\text{Nombre d'oeufs pesés}}$$

2.5.3 GAIN MOYEN QUOTIDIEN (GMQ)

Il représente le gain de poids de chaque jour. Il permet de montrer la vitesse de croissance des sujets.

$$GMQ (g/j) = (\text{poids final} - \text{poids initial}) / \text{nombre de jours}$$

2.5.4 INDICE DE CONSOMMATION (Ic)

Il a été calculé en faisant la quantité moyenne d'aliment consommée pendant une période sur le poids moyen durant la même période. La formule est la suivante:

$$\text{Indice de consommation} = \frac{\text{Quantité d'aliment consommée (g)}}{\text{poids moyen durant la même période (g)}}$$

2.5.5 TAUX DE MORTALITÉ (Tm)

Le taux de mortalité est un facteur important de rentabilité puisqu'il influence l'indice de consommation que le prix de revient. Il est calculé selon la formule suivante:

$$\text{Taux de Mortalité (\%)} = \text{nombre de poules mortes / effectif initial} \times 100$$

2.5.6 TAUX DE PONTE (Tp)

Le taux de ponte exprimé en pourcentage (%) est le nombre d'œufs multiplié par cent (100) sur le nombre de poules. Il est calculé à partir des données recueillies sur la fiche de prélèvement des données. Ce taux s'exprime par la formule suivante:

$$\text{Taux de Ponte (\%)} = \text{nombre d'œufs pondus / Nombre de poules} \times 100$$

2.6 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données recueillies sur le terrain sont élaborées manuellement ensuite traitées avec l'outil informatique. Le logiciel Word est utilisé pour la saisie du texte, le logiciel Excel pour l'élaboration des résultats et les mesures afférentes sont analysées à l'aide du logiciel XLSTAT version 2018.

3 RESULTATS

3.1 PERFORMANCES DE CROISSANCE

Le tableau 1 présente l'évolution du Poids Moyen, du Gain Moyen quotidien et de l'indice de Consommation des poules pondeuses de la 21^{ème} à la 29^{ème} semaine d'élevage. Le poids moyen des trois lots a augmenté progressivement en fonction de l'âge et du degré de substitution du *Moringa oleifera*. Les poules pondeuses du lot C (1,57 kg) ont obtenu un poids moyen inférieur à celui du lot B (1,61 kg) et à celui du lot A (1,64 kg) sans différence significative ($P > 0,05$). Le gain moyen quotidien des poules pondeuses du lot A (4,29 g /j) est largement supérieur à celui du lot C (2,86 g /j) et légèrement supérieur à celui du Lot B (4,23 g /j). Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'existe entre les GMQ des trois (3) lots. L'indice de consommation du lot A (0,8) était supérieur à celui du lot B (0,53) et du lot C (0,53) sans différence significative ($P > 0,05$). Le lot A présente le plus grand nombre de morts avec un taux de 8%, soit 8 morts (Figure 3). Les taux de mortalité des lots B et C étaient respectivement de 6% et 4%.

Tableau 1. Paramètres de croissance

Age (Semaine)	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29
Poids Moyen des poules (kg)									
Lot A	1,47	1,51	1,51	1,52	1,52	1,55	1,55	1,61	1,64
Lot B	1,47	1,5	1,5	1,51	1,52	1,55	1,55	1,59	1,61
Lot C	1,47	1,47	1,47	1,49	1,51	1,52	1,52	1,54	1,57
p-value	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gain Moyen Quotidien (g/j)									
Lot A		5,71	00	1,43	00	4,27	00	8,57	4,29
Lot B		4,28	00	1,43	1,43	4,23	00	5,71	4,23
Lot C		4,51	00	2,86	1,86	4,43	00	2,86	2,86
p-value		1	1	0,535	0,099	1	1	0,448	0,094
Indice de Consommation									
Lot A		0,23	0,35	0,46	0,51	0,58	0,61	0,71	0,8
Lot B		0,21	0,32	0,42	0,50	0,52	0,55	0,63	0,71
Lot C		0,20	0,29	0,39	0,42	0,46	0,51	0,53	0,65
p-value		1	1	1	0,586	0,547	0,72	0,889	0,845

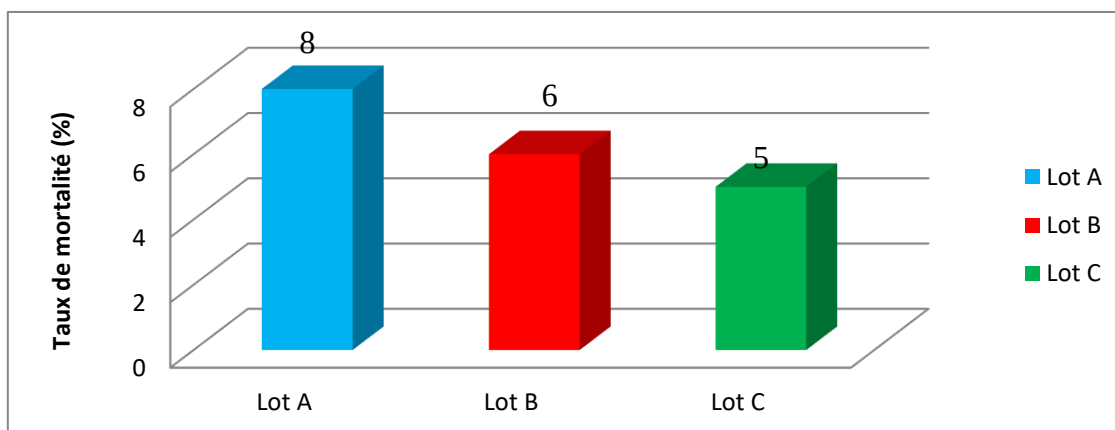


Fig. 3. Taux de mortalité des 3 lots de poules pondeuses

3.2 PERFORMANCES DE PONTE

La figure 4 présente le taux de ponte dans les différents lots. Le taux de ponte des différents lots a évolué de la 21^{ème} à la 24^{ème} semaine puis s'est stabilisé entre la 24^{ème} semaine et la 28^{ème} semaine. Le taux de ponte du lot C (24% à 80,85%) était supérieur à celui du lot B (de 22 % à 72,43 %). Par contre, celui du lot A (20,71 % à 64,71 %) est resté inférieur à ceux des deux autres lots. Il n'existe aucune différence significative ($p\text{-value} > 0,05$) entre les différents taux de ponte. Le poids moyen des œufs des poules pondeuses des différents lots a augmenté pendant les huit semaines (Figure 5). Cependant, le poids moyen des œufs des poules pondeuses du lot C (58,6g) était supérieur à ceux du lot B (50,19g) et du lot A (47,85g) avec une différence significative ($p < 0,05$). Le tableau 2 indique le nombre d'œufs produit par le lot A était de 399, soit (28 %) tandis que celui du lot B était de 475, soit (33%) et celui du lot C était de 547, soit (39%). Le nombre d'œufs cassés enregistré dans le lot A était de 172, soit (43%) tandis que celui du lot B était de 128, soit (27%) et celui du lot C était de 164, soit (30%).

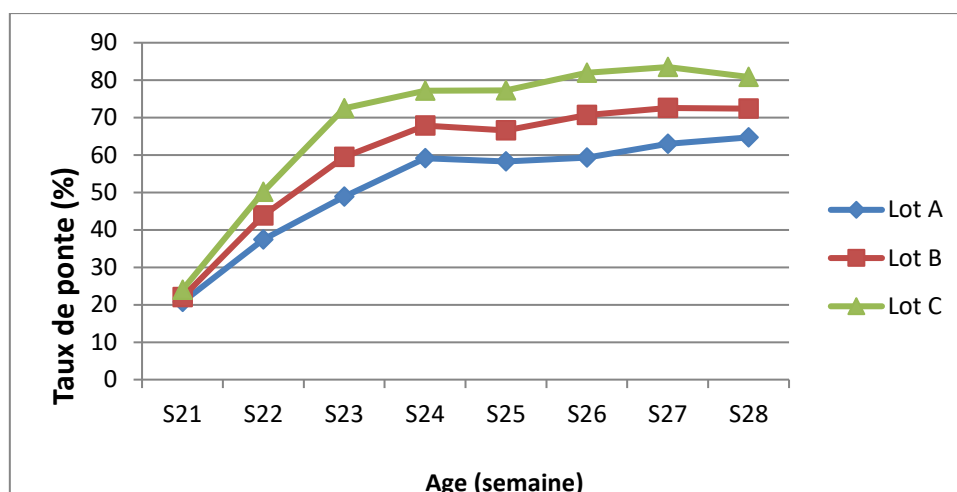


Fig. 4. Taux de ponte des 3 lots de poules pondeuses

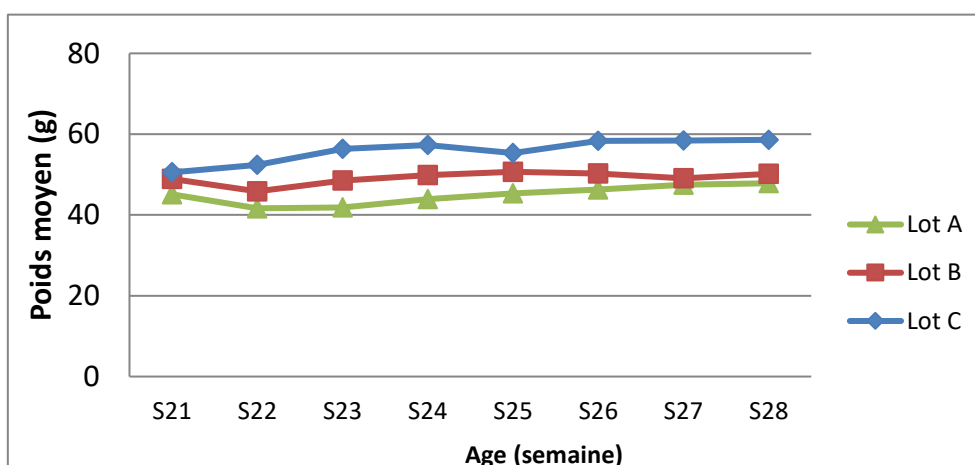


Fig. 5. Poids moyen des œufs des 3 lots de poules pondeuses

Tableau 2. Quantités d'œufs produits et cassés

	Œufs produits	Pourcentage (%)	Œufs cassés	Pourcentage (%)
Lot A	399	28	172	43
Lot B	475	33	128	27
Lot C	547	39	164	30
Total	1421	100	464	100

3.3 QUALITÉ DES ŒUFS

La figure 6 présente la coloration du jaune d'œufs des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0, 1 et 5% de farine de feuilles de *Moringa oleifera*. Ainsi, le lot A présente une coloration jaune claire, le lot B une coloration jaune orangé et le lot C une coloration jaune pur orangé. En ce qui concerne la durée de conservation des œufs, les œufs des poules pondeuses du lot A présentent le plus grand nombre de jours de conservation soit 30 jours contre 28 jours pour le lot B et 22 jours pour le lot C (Figure 7).



Fig. 6. Différentes Coloration du jaune d'œufs

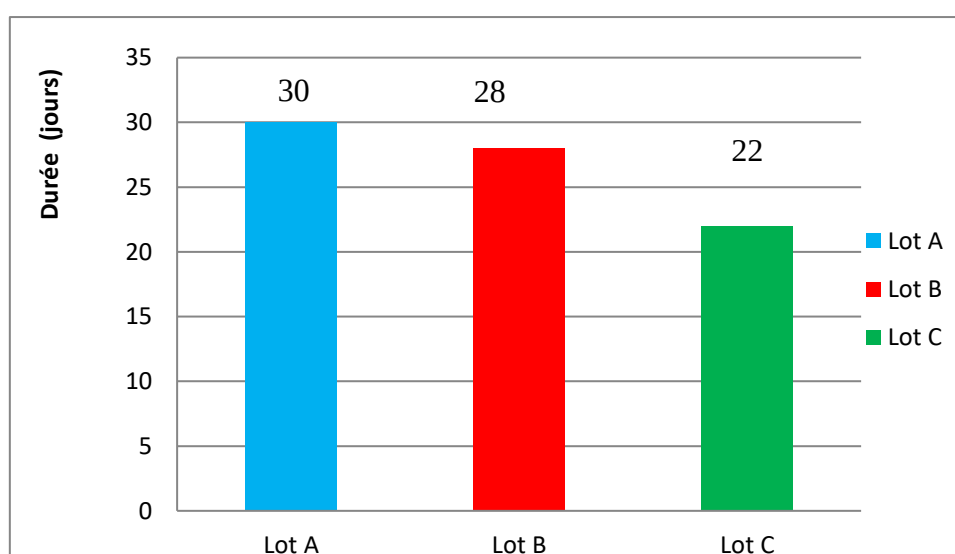


Fig. 7. Durée de conservation des œufs

4 DISCUSSION

Le poids moyen des poules pondeuses n'est pas significativement différent ($P > 0,05$) entre les différents lots. Lorsque le taux du *Moringa oleifera* augmente, il agit négativement sur le poids. En effet, à l'extrait de feuilles de *Moringa Oleifera*, le bêta- sitostérol présent en grande quantité pourrait aider à une perte significative de poids, diminuant ainsi le taux de cholestérol qui pénètre dans l'organisme [11]. De plus, le *Moringa oleifera* riche en fibre réduit l'absorption des graisses dans l'intestin et les brûle au lieu de les stocker. C'est le cas du lot C. Ces résultats sont similaires à ceux de [12] qui ont incorporé 7,5-20% de *Moringa oleifera* dans l'alimentation des poulets de chair. Le lot A a obtenu le meilleur gain de poids. Ces résultats sont conformes à ceux de [18] et de [1] qui stipulent que plus le taux de *Moringa oleifera* est élevé plus le gain de poids est bas. L'indice de consommation est également amélioré comme le soutiennent [6] qui ont obtenu des indices faibles avec le traitement à base de *Moringa oleifera*. Le fort taux de mortalité (19%) dans les trois (3) lots pourraient s'expliquer par des températures élevées ambiantes élevées (30 à 35 °C) dans le nord de la Côte d'Ivoire et particulièrement à Karakoro. Ces résultats s'alignent sur ceux obtenus par [3] qui indiquent que les fortes chaleurs entraînent des mortalités importantes chez les poules pondeuses.

Le taux de ponte et le poids moyen des œufs des poules pondeuses ont augmenté progressivement avec l'âge. Cette situation pourrait s'expliquer par l'augmentation de l'ingéré alimentaire pour couvrir les besoins d'entretien et les besoins de production croissants. Les meilleurs résultats obtenus par les sujets du lot C serait liée à la richesse des feuilles de *Moringa oleifera* en sels minéraux, en particulier le calcium, indispensable à la formation et à la solidification de la coquille de l'œuf. En effet, la coquille d'œuf est constituée de 95% de carbonate de calcium supérieur à 3g [7]. Ce résultat corrobore celui de [8] et [19], qui ont montré que les feuilles sèches de *Moringa oleifera* renferment entre 1192,5 et 1957,5 mg de calcium pour 100 g

de matière sèche améliore le taux de calcium dans la ration alimentaire des poules pondeuses. De même, [14] ont montré que l'incorporation de la poudre de *Moringa oleifera* à 10% dans l'aliment des poules pondeuses de souche Kabir entraîne une légère augmentation du poids moyen des œufs.

La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* a conduit à l'amélioration de la coloration du jaune d'œuf chez les poules ISA Brown. Ces résultats sont similaires à ceux de [17] qui a noté une amélioration significative de la coloration du jaune d'œuf des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0, 5, 10 et 20% de poudre de *Moringa oleifera*. En effet, lorsque l'animal a accès à de l'herbe verte ou à un aliment contenant des pigments xanthophylles, la couleur du jaune passera du jaune clair au jaune foncé [8]. Cette coloration du jaune d'œuf serait due à l'existence des pigments (β – carotènes) dans les feuilles de *Moringa oleifera*. En effet le β – carotène représente un large groupe de pigments naturels de couleurs jaune, orange et rouge [16]. Au niveau de la durée de conservation des œufs, elle diminue avec l'augmentation de la dose de *Moringa oleifera* dans l'alimentation des poules pondeuses. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que ce végétal contient une forte concentration de la flore mésophile dont l'évolution n'est pas attribuable aux conditions de conservation mais plutôt à des contaminations post production. Cela est en accord avec les travaux de [9] qui ont rapporté qu'après 20 jours de conservation, une flore bactérienne de 3,6 log (cfu/g) indique que le processus d'altération des aliments est fortement engagé. Ces résultats corroborent ceux de [13] sur l'impact de la durée de conservation sur la qualité nutritionnelle et microbiologique des biscuits enrichis à 10% de Moringa Oleifera et à 4 % de la spiruline.

5 CONCLUSION

Au terme de l'étude, il convient de retenir que l'incorporation de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* dans l'alimentation des poules pondeuses a permis d'obtenir un bon poids moyen des œufs, un meilleur taux de ponte et une réduction du nombre d'œufs cassés sans oublier une coloration vive du jaune d'œuf. Le meilleur taux d'incorporation est de 5%. Toutefois, l'incorporation de la poudre de *Moringa oleifera* dans l'alimentation a entraîné une baisse du poids moyen des poules pondeuses avec ses corollaires en comparaison avec le régime témoin sans *Moringa oleifera*. En outre, la durée de conservation des œufs avec les régimes *Moringa oleifera* est faible. En définitive, des études complémentaires pourraient être menées afin d'améliorer la durée de conservation des œufs.

REFERENCES

- [1] Bello H., Essai d'incorporation de la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans l'alimentation chez les poules indigènes du Sénégal: Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Université Cheick Anta Diop. Doctorat de médecine vétérinaire. 119p, 2010.
- [2] Broin M., Composition nutritionnelles des feuilles de *Moringa oleifera*. <http://www.moringanews.5p>, 2005.
- [3] G. K. G. Brou, M. F. Houndonougbo, A. B. Aboh, G. A. Mensah, A. Fantodji, "Effet de la variation temporelle de la température ambiante journalière sur le poids des oeufs de poules pondeuses ISA Brown en Côte-d'Ivoire". International Journal of Biological and Chemical Sciences. pp 2158-2169, 2012.
- [4] FAO, Revue du secteur avicole (Côte d'Ivoire). Rapport technique. - Rome 77p, 2012.
- [5] B. M. Hasin, A. J. M. Ferdaus, M. A. Islam, and M. J. Uddin, "Moringa and orange skin as egg yolkcolour promoting agents". International journal of poultry science, pp 979 – 987, 2006.
- [6] M. F. Houndonougbo, C. A. A. M. Chrysostome, V. P. Houndonougbo, "Performances de ponte et qualité des œufs des poules pondeuses ISA Brown alimentées avec des rations à base de feuilles séchées de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) ". International Journal of Biological and Chemical Sciences, 10p, 2012.
- [7] ISA, Guide de l'élevage des pondeuses, Filière avicole, 53p, 2000.
- [8] A. M. V. Kakengi, J. T. Kaijage, S. V. Sarwatt, S. K. Mutayoba, M. N. Shem, T. Fujihara, "Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania". Livestock Research for Rural Development, pp 8 – 19p, 2007.
- [9] M. L. Manzo, D. M. Halidou, M. Hallarou, A. Illo, A. Rabani, P. Donnen, M. Dramaix, "Composition de la poudre des feuilles sèches de *Moringa oleifera* dans trois régions du Niger". African Journal of Food Agriculture, Nutrition and Development, 16p, 2016.
- [10] Mpupu B., Guide pratique et scientifique pour l'élevage des poules pondeuses et des poulets de chair. Editions Harmattan, RDC, 11p, 2012.
- [11] Ndong M., Wade S., Dossou N., Guiro A. T., Gning R. D., Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, Dakar, pp 3 – 7, 2007.
- [12] T. S. Olugbemi, S. Mutayoba, F. P. Lekule, "Evaluation of *Moringa oleifera* leaf meal inclusion in cassava chip based diets fed to laying birds", Livestock Research for Rural Development, 101p, 2010.

- [13] L. T. Ouattara, K. Gorga, F. Bationo, A. Savadogo, B. Diawara, "Utilisation du moringa, de la spiruline, de la patate douce à chair orange et d'un complexe minéral et vitaminique dans la fabrication de biscuits de sorgho enrichis destinés aux jeunes enfants". International Journal of Biological and Chemical Sciences, 10p, 2016.
- [14] K. J. Raphaël, K. T. Christian, R. S. Juliano, F. Lisita, M. Y. Sultana, M. K. Hervé, T. Alexis, "Effects of Substituting Soybean with Moringa oleifera Meal in Diets on Laying and Eggs Quality Characteristics of KABIR Chickens". Journal of Animal Research and Nutrition, pp 1- 4, 2015.
- [15] RGPH, Répertoire des localités: Région du PORO, 14 p, 2014.
- [16] N. Richter, P. Siddhuraju, K. Becker, "Evaluation of nutritional quality of Moringa oleifera. Leaves as an alternative protein source for Oreochromis niloticus": Aquaculture pp 599 -611, 2003.
- [17] Sauveur A., Produire et transformer les feuilles de Moringa oleifera, Horizon 69p, 2010.
- [18] Yang R. Y., Chang L. C., Hsu J.C., Weng B. C., Palada Manuel C., Chadha M. L., Levasseur V., Propriété nutritionnelle et fonctionnelles des feuilles de Moringa. Accra 9p, 2006.
- [19] Yaro D., Effet de la poudre de feuille de Moringa oleifera et de la pulpe de fruit de Parkia biglobosa sur les performances de ponte des poules pondeuses. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, ingénieur de conception en vulgarisation agricole. 50 p, 2011.

Operation and management of the livestock market of the Tchaourou township, Benin

Hervé A. Kombieni

Urban and Regional Dynamics Studies Laboratory (LEDUR), Department of Geography and Regional Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi, Benin

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

ABSTRACT: Fulani breeders in Tchaourou have created the cattle market to facilitate commercial transactions. Thus, the creation of the Local Association of Management of the Livestock Market of Tchaourou (ALGMBT) constitutes a legal framework for the market making. This research aims to analyze Tchaourou cattle market functioning and management mechanisms.

The methodological approach adopted for this research is based on documentary research, field data collection by 83 actors, users of the market, processing and analysis of the results obtained by the SWOT model.

In view of the results obtained, it appears that the MBCT exchanges with several municipalities in Benin or neighboring countries. The MBCT contributes to the municipality development through the various taxes, either 500f for large ruminants or 100f for small ruminants). Thus, the MBCT pays at least 80,000f to the town hall every market day. Nevertheless, the actors in the performance of their role face certain difficulties which constitute a limit to the MBCT development. Faced with these difficulties, solutions approaches have been proposed.

KEYWORDS: Tchaourou, cattle, market, cattle market.

1 INTRODUCTION

The rural sector is at the heart of the development of most African countries south of the Sahara. It supports 70 to 80% of the working population and contributes 30 to 50% of the GDP of these countries. The situation of rural populations is still very precarious there and is characterized by a particularly low standard of living (B. Diallo, 2004, p. 6).

The livestock sector in Sub-Saharan Africa actively contributes to the economies of different countries. In addition to the contribution in food resources, livestock ensures multifunctional activities whose monetary valuation is often difficult to apprehend, given their diffuse state in the daily life of pastoral populations. This is the social role, the character of which for some families is a cultural foundation, the economic role due to its sometimes exclusive contribution to the support of family budgets, the technical role for its contribution to the work force and to the economy. maintenance of soil fertility and the strategic role in monetary capitalization ensuring family security (B. Diallo, 2004, p. 5).

The countries of West and Central Africa are still marked by multiple fragmentation in terms of trade policy in general and transactions in animal products in particular (Philip, 2005 cited by K. Abdoulaye, 2014, p. 15).

Livestock is an important part of the national economy. Thus, it is one of the predominant activities of Benin and contributes not only to the development of the country's economy but also and above all to the improvement of its food security (M. Ouédraogo, 2004, p.17). With around 36% of GDP (MAEP, 2008), livestock occupy a prominent place. It provides animal proteins with great nutritional value in the diet, but above all it contributes to the creation of inner wealth. In 2008, according to APRM statistics, the herd numbered 1,905,400 head of cattle, 2,292,300 head of sheep / goats, 340,500 head of pigs and 14,914,500 poultry. Two thirds of the national herd (1.5 million cattle, and 2 million sheep / goats) are concentrated in the North, which benefits from 900 mm of rain per year. In this region, the Borgou and Alibori alone account for almost half of the cattle herd. It is in this area that the cattle markets were created. In these markets, the sale takes place mainly in the Fulani camps. Also, there are so-called traditional cattle markets governed by local authorities and organized by intermediaries. Livestock is an important part of the national economy. Thus, it is one of the predominant activities of Benin and contributes not only to the development of the country's economy but also and above all to the improvement of its food security (M. Ouédraogo, 2004, p.17). With around 36% of GDP (MAEP, 2008), livestock occupy a prominent place. It provides animal proteins with great nutritional value in the diet, but above all it contributes to the creation of inner wealth. In 2008, according to APRM statistics, the herd numbered 1,905,400 head of cattle, 2,292,300 head of sheep / goats, 340,500 head of pigs and 14,914,500 poultry. Two thirds of the national herd (1.5 million cattle, and 2 million sheep / goats) are concentrated in the North, which benefits from 900 mm of rain per

year. In this region, the Borgou and Alibori alone account for almost half of the cattle herd. It is in this area that the cattle markets were created. In these markets, the sale takes place mainly in the Fulani camps. Also, there are so-called traditional cattle markets governed by local authorities and organized by intermediaries.

From this reflection began the process towards transparent management of transactions and the adoption of the principle of the cattle market. Thus, with the help of the chamber of agriculture through the PPAB project and local communities, self-managed livestock markets have emerged in northern Benin. In this type of market, that of Tchaourou, which is a market in transition between a traditional market and a self-managed market, is the subject of this research. The choice of this market is justified by the fact that Tchaourou is a transit zone for transhumants (especially from Nigeria and Togo). It is essential to analyze the management of this place of transaction in order to measure the strengths and weaknesses related to its mode of operation in order to finally find solutions to any problems. Faced with these findings, a main question arises: What are the functioning and management mechanisms of the cattle market in the township of Tchaourou? The overall objective of this research is to analyze the functioning and management mechanisms of the cattle market in the township of Tchaourou.

2 PRESENTATION OF THE RESEARCH FRAMEWORK

The present research is carried out in the township of Tchaourou. Located in the department of Borgou between 8° 40'04 " and 9° 25 '25 " North latitude and between 2° 00'28 " and 3° 12'43 " East longitude (IGN-BENIN 1992), the town de Tchaourou covers an area of 7,256 km² or 28% of the total area of this department and about 6.5% of the national territory (largest municipality in Benin in terms of area). It is bounded to the north by the townships of Parakou, N'Dali and Pèrèrè to the south by the township of Ouèssè, to the east by the Federal Republic of Nigeria and to the west by the townships of Bassila and Djougou. It is subdivided into seven districts (Tchaourou, Tchatchou, Sanson, Goro, Bétèrou, Alafiarou and Kika). The district of Tchaourou being the capital of the commune, it houses the cattle market of the commune of Tchaourou located in the heart of the city about 2 km from the national inter - state road and between 2° 35'11 " East longitude and 8° 53'11 " North latitude. Of these seven districts, four supply the market (Tchaourou, Goro; Alafiarou and Tchatchou). The three remaining, by the fact that they are close to the township of Parakou, supply the market of Tourou (Parakou). Figure 1 shows the geographic location of the study setting.

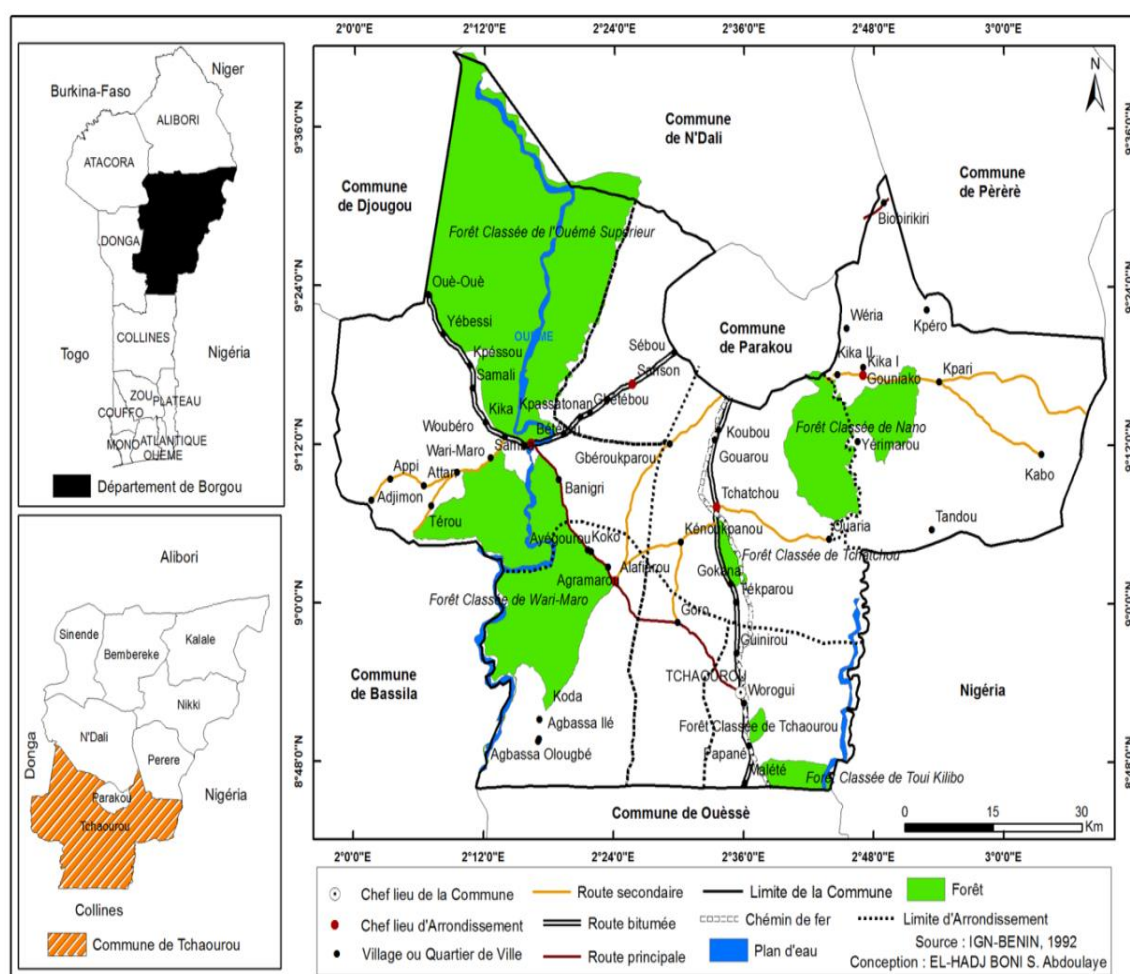


Fig. 1. Geographical location of the study framework

From the observation of Figure 1, it appears that the township of Tchaourou and the Federal Republic of Nigeria share the same border. In addition, the township of Tchaourou is the largest of the communes in Benin in terms of surface area and at the same time the departmental limit south of Borgou.

Physically, the town of Tchaourou enjoys a South Sudanese climate marked by a rainy season from April to the end of October, alternated with a dry season. This is a uni-modal climate. Rainfall totals vary between 100 and 1,200 mm and account for 6 to 7 wet months during the year. The number of rainy days is around 100, except in dry years (Afrique Conseil, 2006, p.10). This distribution of the climate makes the breeding and marketing of animals favorable.

The hydrographic network is essentially dominated by the tributaries of the Ouémé and Okpara rivers. These tributaries water most of the districts and promote the development of activities linked to livestock (S. Zachari, 2015, p.12). The availability of this hydrographic network favors the watering of animals.

In addition, the relief of the township of Tchaourou consists of a plain and a plateau surmounted in places by mounds / hills sometimes reaching an altitude of more than 300 m (case of the Wari-marou massif). This relief facilitates transhumance.

Regarding socioeconomic data, it should be said that the township of Tchaourou has 7 districts, 36 villages and city districts comprising several localities. These villages and city districts are home to a population of 223,138 in 2012. The population density is 30.75 inhabitants / km² and the annual growth rate is 6.73%. (INSAE / RGPH 4, 2013). All these potentialities favor the development and evolution of livestock farming in the town. Figure 2 shows the evolution of the herd in the township of Tchaourou

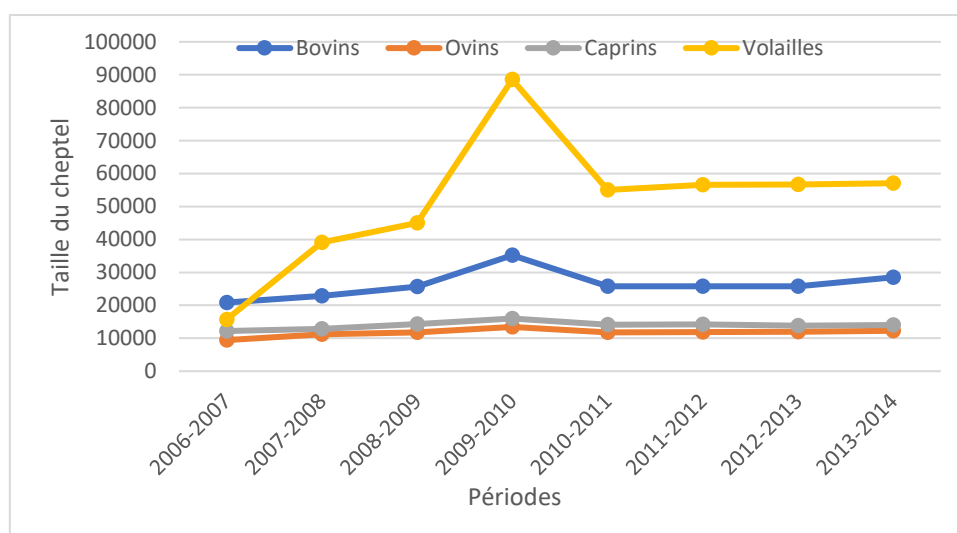


Fig. 2. Evolution of the herd in the municipality of Tchaourou from 2006 to 2014

Source: CeRPA / Tchaourou, 2017

The figure 2 shows that from 2006 to 2014 the overall herd number experienced a substantial increase of 771,223 head.

Poultry come first with 50% then cattle come in second with 25% before goats which make 14% and finally 11% for sheep.

3 DATA AND METHODS

This is the process used to collect data, process it and analyze the results. One approach involves determining the sample and the study population.

3.1 SAMPLING

The target groups selected for the study are sellers, buyers, collection agents, transporters and market managers and local authorities. Four (4) out of the seven (7) districts supply the market (Tchaourou, Goro; Alafiarou and Tchatchou). These districts were selected for the study because of their role in the supply of cattle to the commune of Tchaourou. The sampling was carried out according to the reasoned choice. A total of 83 actors were interviewed. As the market does not have a list of players, the choice of these respondents was made in a reasoned manner, taking into account their regularity on the site. Thus, only regular actors were targeted by the investigation. The table 1 presents the socio-professional distribution of the respondents.

Table 1. Socio-professional distribution of the respondents

Actors	Buyers		Sellers		Agents of collection		Responsible of management		Carriers		Restorers		Total	
Efficient	23		22		10		7		12		9		83	
Sex	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Number	21	2	22	0	10	0	5	2	12	0	0	9	70	13

Source: Survey results, August 2019

M: Male; F: Femelle

The table I shows that men are the main players in this market (70 men against 13 women surveyed on the site). In addition, they are present in all socio-professional categories of respondents with the exception of catering, which is mainly owned by women. Finally, buyers and sellers are the most predominant among those surveyed: 43 out of 83, either. a rate of 51.8%, while management managers remain the least numerous: 7 out of 83, either. a rate of 6.02%. To better collect data, certain tools and techniques have been implemented.

3.2 DATA COLLECTED AND METHODS OF ANALYSIS

Individual interview with populations using interview guides and questionnaires is the method used to collect the data. It allowed the actors to explain the mode of operation and management of the livestock market, to expose the difficulties encountered in the exercise of their activities as well as the strategies they think to define in the future for its better promotion. The data collected mainly concerns the areas of influence of the cattle market in the township of Tchaourou, the operation and management of the cattle market in the township of Tchaourou, and strategies for better management of the cattle market. The processing method comes down to coding the files from the field. The questionnaires, interview guides and observation grids were subjected to manual analysis. Both quantitative and qualitative data are grouped by focus. The quantitative data were used to produce the various tables. As for the qualitative data, they made it possible to make analyzes and comments. The information processing was carried out using the computer tool. A thematic analysis of the large groups formed was made in relation to the objectives of the study. Word 2016 software was used for data entry and Excel 2007 for the production of tables and figures. The results are analyzed by the SWOT model.

4 RESULTS

The main results obtained are organized around the areas of influence of the cattle market in the township of Tchaourou, the operation and management of the cattle market in the township of Tchaourou, strategies for better management of the cattle market.

4.1 AREAS OF INFLUENCE OF THE CATTLE MARKET IN THE TOWNSHIP OF TCHAUROU

Figure 3 below shows the map of the situational flows of animals in the cattle market in the township of Tchaourou.

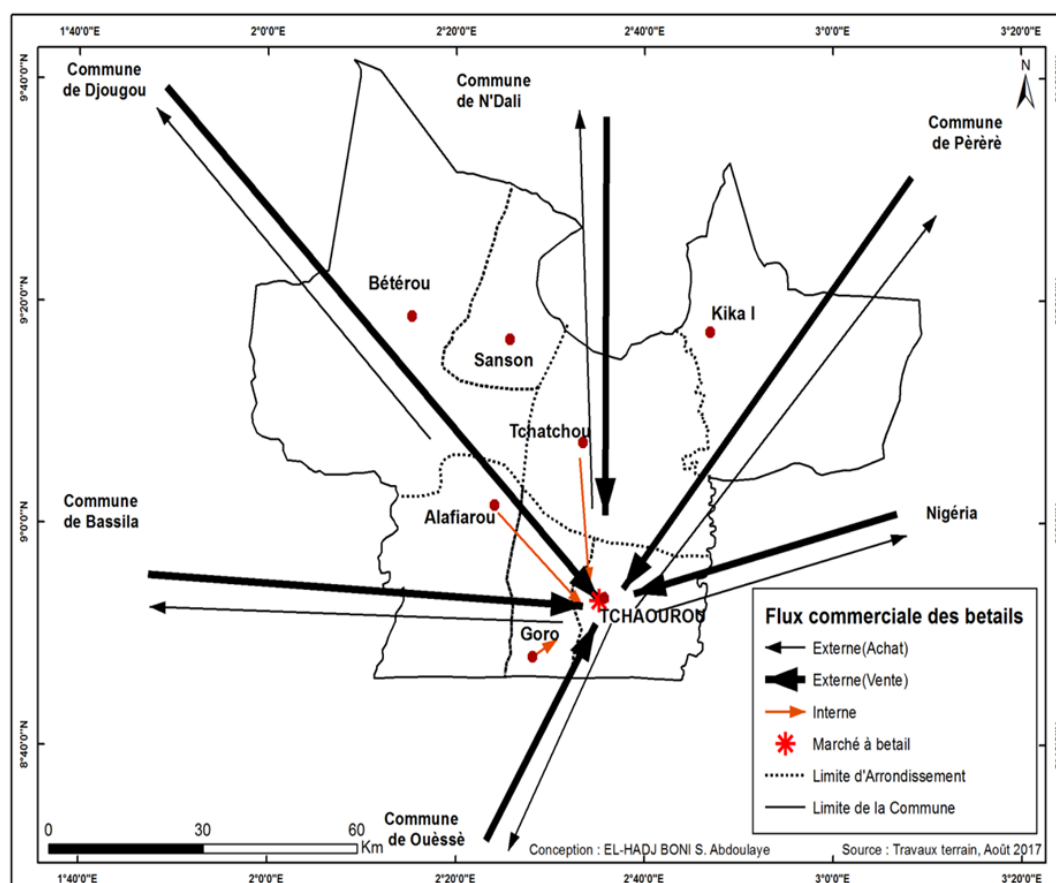


Fig. 3. *Situational flows of animals in the cattle market in the township of Tchaourou*

Figure 3 shows the districts of the township of Tchaourou which animate the cattle market and also the neighboring municipalities or even countries which come there either to sell and / or to buy animals. Indeed, the cattle trade is experiencing a particular boom in the cattle market of the township of Tchaourou because of the crossroads position of the commune. Thus, this market is supplied by the countries of the sub-region (Niger; Burkina Faso and Nigeria) and the surrounding municipalities (Bassila, Ouèssè, Pèrèrè, N'Dali and Djougou) who come to sell and / or buy animals. In addition, it is mainly the districts of Goro, Alafiarou and Tchatchou which come to animate the cattle market of Tchaourou.

4.1.1 AT THE LOCAL LEVEL

The cattle market in the township of Tchaourou comes alive every Monday and is supplied locally by animals which come from all the constituent districts of the township except the districts of Kika, Sanson and Bétérrou which, because of their proximity to the township of Parakou and to reduce the costs of transporting animals, these districts prefer to serve the market of Tourou (Parakou) with cattle.

4.1.2 AT THE MUNICIPAL, REGIONAL AND INTERNATIONAL LEVEL

At the municipal and regional level, several municipalities animate the cattle market in the township of Tchaourou. These include, among others, the municipalities of Parakou, Bassila, N'Dali, Djougou, Pèrèrè and Ouèssè. As much as these traders come to sell their animals, so many others come to buy them.

As for the international level, the proximity of the township of Tchaourou with the great neighbor to the east, the Federal Republic of Nigeria, favors the massive arrival of animals from this country in the cattle market of the municipality. from Tchaourou. The Race of these animals differs from that of Beninese's animals. The Tchaourou township's Cattle Market (MBCT) mainly receives two categories of animals: large ruminants and small ruminants. Large ruminants are made up of three breeds namely: the Borgou breed (Benin), the M'Bororo breed (Niger, Burkina) and the white Fulani breed (Zebus). Regarding small ruminants, we have the Djallonké breed for sheep and the Guinean dwarf breed for goats. During the dry season, most of these animals are transported to Togo via the communes of Bassila and Djougou. As for the animals that are conveyed outside Benin, they leave on Tuesdays around 6 a.m. after the Monday market.

4.1.3 ANIMAL SPECIES TRADED

Plates 1 and 2 below show respectively the cattle and sheep parks in the cattle market in the township of Tchaourou and the goat and poultry parks in the same market.



Plate 1: Cattle and sheep park in the cattle market in the township of Tchaourou

Source: El hadj Boni Soumanou, August 2019

The plate 1 shows the large ruminant park, the area where oxen are bought and sold in the cattle market in the township of Tchaourou and the sheep marketing area.

4.2 OPERATION AND MANAGEMENT OF THE CATTLE MARKET IN THE TOWNSHIP OF TCHAUROU

4.2.1 MAIN ACTORS IN THE LIVESTOCK MARKETING CIRCUIT

BREEDERS

They are the first players in the market. Only their presence allows the arrival of other users. These are the main providers of livestock. They are made up of owner-breeders, transhumant breeders and agro-pastoralists who lead their animals to the cattle market. In addition, women are responsible for small livestock farming at the family level. The latter entrust their animals to their husbands who bring them to the MBCT. This explains their absence in the category of sellers in the cattle market.

CATTLE SELLERS / TRADERS

We are talking about professionals in buy and sell operations. They are the most numerous on the MBCT. They have knowledge of all the places likely to have animals and a relative mastery of the actions necessary for the acquisition.

ANIMAL TRANSPORT ACTORS

Truck drivers, direct sellers, loaders of animals on trucks and inspectors are responsible for monitoring the number of animals loaded on trucks.

SECURITY ACTORS

These are the bike racks. The transaction system managed by the collectors and the prepared receipts make it easy to detect cattle thieves. Likewise, the security system used and the closing of the market reassure market users. Along with security measures, thefts have been reduced considerably due to the measures put in place by the management committee to detect animal thieves and find animals purchased but lost. Cattle thieves can therefore be easily identified thanks to the mechanisms put in place.

TAX COLLECTORS

These are the secretaries or ticketters and witnesses. In the MBCT, these two actors work together to collect all livestock taxes in the market.

WITNESSES

In the MBCT, brokers (dilani) of the traditional system are converted into witnesses in direct transactions between sellers and buyers of animals. They facilitate and bear witness to direct transactions, especially in the event of loss of animals sold on the market. Their role helps prevent theft, conflict and loss of animals.

TAX SECRETARIES

They are also called tickettiers in the market. These follow the witnesses in their actions of testimony and transactions. They fill in and issue tickets to sellers and buyers and report the theoretical amount of taxes collected and actually paid by these witnesses to the permanent secretary of the market.



Photo 1: Issue of tickets to the seller and buyer in the presence of a witness

Source: El hadj Boni Soumanou, August 2019

Photo 1 shows the tickettier who is delivering the ticket to buyers and sellers of large ruminants in front of the witness.

PERMANENT SECRETARY OF THE MARKET

The Permanent Secretary is responsible for the animation of the market. It is he who maintains the management tools of the market. He is also responsible for the coordination of all the agents employed in the animation of the market: collectors, loaders, controllers, night watchmen. It reports on its activities to the market management committee. Thus, in the MBCT, his work has become permanent or daily (non-weekly, depending on market days, as in small markets). Each day after market day, especially Tuesday, the permanent secretary takes care of writing the minutes of the Monday market animation.

CONSUMERS

This group of actors is the last link in the livestock marketing circuit. At this level, two categories are to be considered: consumption which takes place through butchery activities and consumption through cultural activities (marriage, mourning, customary ceremony, etc.).

The taxes collected are transferred to an account opened at the Local case of Mutual Agricultural Credit (CLCAM). In order to always better manage, the MBCT has adopted a more formal legal and organizational framework by transforming the Management Grouping of the Livestock Market of Tchaourou (GGMBT) into a Local Association for the Management of the Market in Tchaourou (ALGMBT) in June 2017. This association, with its statutes and internal regulations, has well-defined objectives. Only the problem of converting "dilani" into witnesses means that the MBCT has until now been described as a market in transition from a traditional market to a self-managed market. Table I shows the distribution of taxes on cattle in the cattle market in the township of Tchaourou.

Table 2. Distribution of taxes on cattle in the municipality's cattle market

Taxes Cattle	Sellers	Buyers	Total
Thick ruminants	1000f CFA	1000f CFA	2000f CFA
Small ruminants	100f CFA	100f CFA	200f CFA

Source: August 2017 survey results

In total, 2000F are collected per head of cattle sold and 200F per unit of small ruminants. Of these 2000f of large ruminants, 500f go to the town hall; 500f to the witnesses and 1000f to the management committee. Concerning small ruminants, 100f are paid to the town hall and 100f to the committee. It should also be noted that the town hall charges 500f as the right of access to the market for any loaded vehicle that wants to access the market. Likewise, any vehicle loaded inside the market and wanting to exit the market will have to pay 300f which goes to the management committee.

AT THE LEVEL OF TRADERS AND CARRIERS

The creation of the MBCT systematically put an end to purchases in the camps at the merchant level. Market access limits wasted time spent in herds to buy livestock. Buying on credit in the market is reduced compared to the traditional market where it is still practiced. The prices charged in the market are higher than those charged in the camps. Thus, these cattle traders have a financial satisfaction which contributes more and more to the improvement of their living conditions.

Transporters, especially large carriers, also gain by transporting animals acquired by buyers from their respective localities rather than leaving with their empty truck, after unloading merchandise on the market. They thus contribute to increasing the economic and social effects linked to the operation and management of the cattle market in the township of Tchaourou.

4.2.2 SOCIOECONOMIC EFFECTS LINKED TO THE OPERATION AND MANAGEMENT OF THE CATTLE MARKET IN THE TOWNSHIP OF TCHAUROU

SOCIOECONOMIC EFFECTS AT THE LEVEL OF PASTORALISTS

Pastoralists have real control over and improved selling prices for their live cattle. Payment is made in cash unlike the traditional management system where the animal is often sold to butchers and traders on credit. The dynamics of self-managed livestock markets have also enabled pastoralists to increase their income margin when selling an animal. In fact, the selling price of an animal in the cattle market is about 25% higher than the selling price of the same animal when it is sold at the camp. The herders collect the animals that are already old and bring them to the market to sell them in order to buy younger ones. They can sell one animal for 500,000f to buy two for 250,000f. In doing so, not only do they replace the old beasts with young ones but also and above all they increase the number of animals in the herd since at a certain age, when the beast is old, it no longer reproduces.

This situation had a direct impact on the economic income of the breeder. The ease of pastoralists is justified by improving their living conditions. Most of these pastoralists, who once came to the market by bicycle, now come by motorbike.

SOCIOECONOMIC EFFECTS AT THE ANIMAL LEVEL

The installation of the veterinary pharmacy by UCOPER allows breeders to stock up on basic and quality veterinary products to treat their animals before withdrawing them from the market. Likewise, the existence of a collegial climate of opinion-sharing and participatory exchanges between the different actors has enabled the improvement of animal health through the training of the sons of breeders in technical notions on veterinary care of based. The ALGMBT has taken steps to demarcate transhumance corridors to avoid conflicts linked to animal wandering.

SOCIOECONOMIC EFFECTS IN TERMS OF JOB CREATION AND THE FIGHT AGAINST POVERTY

The cattle market in the township of Tchaourou has created employment for young people and is in the process of enhancing the role of the "Dilani" as witnesses. Today this market has, for example, 09 secretaries or tickettiers, 08 witnesses (provisional), 01 guard, 02 bicycle keepers, 02 controllers, 06 chargers, 01 cabinet agent. The significant income they derive from it enables them to meet the needs of their respective households. According to the information collected, tickettiers are paid according to the number of tickets issued and this to fight against laziness. Thus, the strategy adopted by the management committee of the cattle market is proving to be a tool for local development.

Thanks to the MBCT, the UCOPER women's groups have set up milk collection centers in the Peulh camps. It should be noted that the income and living conditions of women pastoralists improved through the sale of cheese and milk.

It should also be noted that thanks to the MBCT, a good number of Fulani, Baatonu and Nagot women from the township of Tchaourou have devoted themselves to catering activities. They sell different kinds of food which allows them to generate a substantial turnover. This also allows them to contribute to the education of children and other needs of their households. Today, it can be seen that the creation of the cattle market has enabled the development of other commercial activities such as the trade in agricultural products and especially the trade in salt.

For the Town Hall, the MBCT contributes to the municipal budget. Thus, from 2013 to 2018, the contribution of the MBCT to the municipal budget amounted to 22,198,300 CFA francs. Figure 4 shows the contribution of the MBCT to the municipal budget from 2013 to 2018 through taxes.

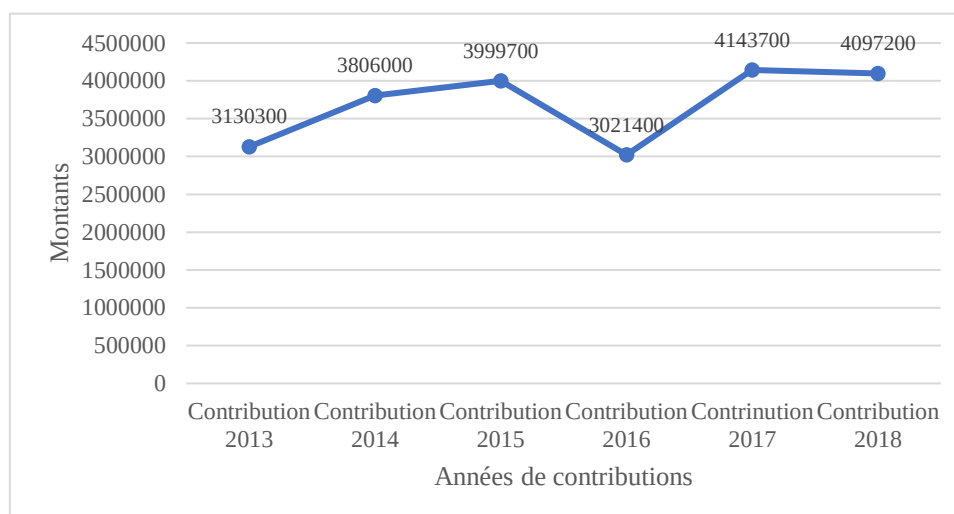


Fig. 4. MBCT's annual contribution to the municipal budget from 2013 to 2018

Source: Tchaourou Town Hall, August 2019

Figure 4 shows that in 2013, the MBCT contributed to the municipal budget of 3,130,300 francs, 3,806 / 700 francs in 2014 and 3,899,700 francs in 2015. From 2013 to 2016, this contribution was 10,836. 700 CFA francs and therefore experienced a growth of 769,400 CFA francs. However, due to the cattle crisis in 2016, there was a drop in income of nearly one million CFA francs, or exactly 978,300 CFA francs. This decrease is associated with the many problems associated with the management and operation of the MBCT.

4.3 PROBLEMS RELATED TO THE OPERATION AND MANAGEMENT OF THE MBCT

On the material level, we note as problem: the defective state of the stores, the insufficiency of the hangars. As a result, some actors, especially women food vendors and others, sit under trees. This situation does not allow the products to be adequately protected during the rainy season, let alone the sellers and buyers of livestock. The lack of boarding places is also one of the material problems that makes boarding and disembarking of animals difficult.

On the socio-economic level, the problems identified concern the actors of the MBCT. Among these problems we have:

- Insufficient financial means for livestock traders which limits their purchasing power;
- Difficulties linked to the transport of animals such as, among other things, conflicts between breeders and farmers for transport on foot;
- The defective condition of the tracks connecting the production areas to the assembly centers, consumption and national roads;
- The problem of the representativeness of women in the market management committee;
- Insufficient partners in supporting the market towards its development;
- Growing insecurity: robberies are frequent on Mondays (market days) and Tuesdays on the roads leading to the market;
- The market management committee is also faced with difficulties linked to the maintenance of the market, the unavailability of drinking water in the market, the non-payment of taxes by certain traders who sit down at the market. Entry to the market to buy animals, especially small ruminants. As a result, collectors are unable to collect all the taxes. The problem of converting the "dilani" into witnesses because of their large number has the consequence: the delay in the transition of the mbct into a self-managed market. From all of the above, it emerges that there are many issues that hamper the dynamism of the mbct. To these problems, it is essential to find strategies for better management of the livestock market.

4.4 STRATEGIES FOR BETTER MANAGEMENT OF THE LIVESTOCK MARKET

4.4.1 ON THE MATERIAL LEVEL

Always in order to better manage the cattle market, certain suggestions are made on the material level. These include the construction of accommodation rooms and the increase in hangars to increase the capacity of the market, the increase in the loading and unloading docks of animals and the repair of stores.

4.4.2 SOCIOECONOMIC PLAN

It is right to:

- Facilitate access to low-rate micro credits for traders to engage in lucrative activities in order to enable them to carry out their marketing activities;
- Involve women in market decision-making by increasing their number in the management committee;
- Strengthen the control of traders at the exit in order to avoid cases of theft and prevent traders from waiting at the entrance of the market;
- Maintain good collaboration between market players;
- Build a new large-diameter well and make drinking water available;
- Secure the axes that lead to the market and the interior of the market on Mondays and Tuesdays with the contribution of hunters and law enforcement agencies in order to fight against robberies on these axes;
- Define transhumance corridors in order to limit conflicts between farmers and herders;
- Make the free movement of animals effective by creating transhumance corridors.
- Provide a drinking trough and a feeder within the market;
- Create fodder reserve parks specifically for the actors (breeders and traders of the MBCT) and install, if possible, an automatic teller machine in the market for the safety of traders and the facilitation of transactions.

In addition, UCOPER and the town hall must seek technical and financial partners for the development of the market and settle once and for good the situation of the conversion of intermediaries into witnesses in order to completely transform the MBCT into a self-managed market.

5 DISCUSSION

In the study area, the situation in terms of the operation and management of the livestock market involves several players in the livestock marketing circuit. This generates socioeconomic effects linked to the operation and management of the cattle market in the township of Tchaourou. According to K. Abdoulaye (2014, p.27), the marketing of livestock is an activity that arouses a lot of interest in view of the world it mobilizes and the financial transactions it induces. For him, the cattle trade takes place mainly in related markets. They are also places for the exchange of information and communication. M. Ouédraogo (2004, p. 11) came to the same conclusion by considering that being an activity of valorization of animal products, the marketing of livestock plays a very important role in the economy of the Sahel region and the markets livestock remain places where most of the actors involved in this activity meet.

The results of B. Bio. and K. Sero (1991, p. 47), D. Koumagnon (2004, p. 71), and C. Edoun (2013, p.32) remain in the same logic of the marketing of livestock and these social effects -economic and reveal that the animals raised are intended for useful purposes. For them, the sale of animals sometimes experiences a downward trend in certain markets. This is a situation that involves the question of supply and demand. For these authors, this is linked to a decrease in the inflow of cattle from neighboring countries, in particular Burkina Faso, and that of demand for Nigeria, especially during the Tabaski festival (a festival of great importance for Muslims). Thus, the variation in prices and the number of livestock differs from one region to another depending on climatic conditions and the geographical location of the market, which remains a place where human relations are formed through transactions or trading transactions concluded between buyers and sellers.

Regarding the problems related to the functioning and management of livestock, Z. Tassou (2004, p. 118) remains in line with the results obtained in this research on Tchaourou and affirms in his analysis on the functioning of the market in Benin that there are inadequacies which are at the root of certain difficulties such as the capacity to ensure the recurrent costs linked to infrastructures and the sustainability of these. Likewise, Y. B Cissé, (2009) thinks that the problems of breeding are made up on the one hand by the low level of education of the breeders, the lack of technical training for them, the poor management of the activity. not allowing its insertion in a market economy and on the other hand the ignorance of the breeders and agro-breeders of the notion of the partnership which should exist between actors of the same profession.

In order to allow this activity to run smoothly, urgent solutions must be found. This work is part of the goal of improving the functioning mechanisms and management of the livestock market so that future interventions are better.

6 CONCLUSION

This research enabled us to better understand the functioning mechanisms of the cattle market in the township of Tchaourou while analyzing its management.

The results showed that the township of Tchaourou, by virtue of its geographical location (a common crossroads for Nigerian and Togolese transhumants), abounds in enormous assets favorable to the trade in livestock. It also showed that the cattle market is not only a meeting place for various populations but also and above all for discussion. In addition, she revealed that the transparent management of the livestock market improves the living conditions of families and promotes the creation of community infrastructure. This verifies the hypotheses stated at the start of this research. Nevertheless, the problems facing the players remain and remain an obstacle for the proper functioning of the market.

Of all these problems, that of the insufficiency of dams for watering animals is glaring because in the dry season, herders migrate to Togo for the satisfaction of their animals in water. Faced with these problems, it is essential that each actor play his role in the development of this common place of transaction, as state institutions and technical and financial partners are already doing.

REFERENCES

- [1] ABDOULAYE Kémal, 2014, Management Manual for Livestock Markets in the North and Far-North Regions of Cameroon. Support project for the equitable and sustainable management of agro-pastoral areas (PAGEPA-NEN), pp. 3-11.
- [2] Afrique Conseil, 2006, Monograph of the municipality of Tchaourou, Support program for the start-up of municipalities, Decentralization mission, Republic of Benin, 45 p.
- [3] BIO Boni and SERO Katorou, 1991, Farmer-Breeder Association in South Borgou: Current state and future prospects. UAC: Master's thesis in geography, 112 p.
- [4] CISSE, Y. B., 2009, The importance of livestock market receipts in the municipal economy. SNV Zinder, 3 p.
- [5] DIALLO Boubacar, 2004, Historical analysis of the professional organization and the dynamics of the development of livestock systems in France: Lessons and proposals for the professionalization of the Sub-Saharan livestock sector (West and Central Africa), thesis by end of studies to obtain the Master's degree " Acteurs du Développement Rural", Option: Organization of Producers and Innovation in Local Development, National Center for Agronomic Studies of Hot Regions (CNEARC), CIRAD, Institut de France, 97 p.
- [6] DIRECTION DE L'ELEVAGE, 2008, Annual Report 2007. Republic of Benin, 57 p.
- [7] EDOUN Cyrille, 2013, Breeding and marketing of pastoral livestock in the commune of Kétou. Master's thesis in human and economic geography, UAC, 85 p.
- [8] HOUNTO Gyslain, AFOUDA Alix Servais and YABI Ibouaïma, 2019, Dynamics of human activities and environmental sustainability of wetlands in the western complex of southern Benin (West Africa), VIIth Symposium on Sciences, Cultures and Technologies, University of Abomey-Calavi, pp. 188-202.
- [9] KOUMAGNON Didier, 2004, The Porto-Novo market in trade. Master's thesis in Geography, FLASH, UAC, 110 p.
- [10] MAEP, 2008, Statistics on livestock 2007. Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Cotonou, 58 p.
- [11] OUEDRAOGO Maxime, 2004, Diagnostic study of the functioning of secure livestock markets in the Sahel, 35 p.
- [12] TASSOU Zacharie, 2004, Liberalization of agricultural markets, coordination of trade in food products: the role of associations of traders in Benin, Doctoral thesis, National School of Agronomy of Montpellier, 359 p.
- [13] ZACHARI Seidou, 2015, Market network in the municipality of Tchaourou. Master's thesis in geography. FLASH / UAC, Abomey-Calavi, 76 p.

État de lieu de connaissances des producteurs de mil et de niébé sur *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* dans cinq (5) communes rurales au Niger

[State of knowledge of millet and cowpea producers on *Striga hermonthica* and *Striga gesnerioides* in five (5) rural communes in Niger]

Amadou Mounkaila Hamissou¹, Zangui Hamissou¹, Amoukou Adamou Ibrahim¹, and Alhassoumi Hadizatou²

¹Department de Productions Végétales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP: 10960 Niamey, Niger

²Department de Sociologie et d'Economie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP: 10960 Niamey, Niger

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

ABSTRACT: Parasitic plants such as *Striga hermonthica* and *Striga gesnerioides* represent a real plague of parasitism on cultivated host plants. The main objective of this study is to assess the knowledge levels of growers on *Striga hermonthica* and *Striga gesnerioides*. A participatory approach was used, including the Communal Directors of Agriculture of five (5) communes, as well as producers in each target village. This study shows that 95% of producers confirm the presence of *Striga hermonthica* in millet fields and 89% of producers also mention the presence of *Striga gesnerioides* in cowpea fields. Among the wild host plants, eleven (11) are identified for *Striga hermonthica* and four (4) for *Striga gesnerioides*. According to producers, the symptoms of the attack of these parasitic plants that reduce millet and cowpea yields remain yellowing, stunting, reduced tillering / branching, poor development of ears/pods and the presence of millet stem borers. However, producers use control techniques such as hand-pulling, use of manure and use of host plant association techniques with sesame. These results can contribute to the development of effective control methods against *Striga hermonthica* and *Striga gesnerioides*.

KEYWORDS: Parasitic plants, cultivated host plants, wild host plants, *Striga hermonthica*, *Striga gesnerioides*, Niger.

RESUME: Les plantes parasites comme *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* représentent un véritable fléau de parasitisme sur les plantes hôtes cultivées. Le principal objectif de la présente étude est de faire un état de lieu des niveaux de connaissances des producteurs sur *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides*. Pour cela une approche participative a été utilisée, incluant les Directeurs Communaux de l'Agriculture de cinq (5) communes, ainsi que les producteurs dans chaque village cible. Cette étude montre que 95 % des producteurs confirment la présence de *Striga hermonthica* dans les champs de mil et 89 % des producteurs parlent aussi de la présence de *Striga gesnerioides* dans les champs de niébé. Parmi les plantes hôtes sauvages, onze (11) sont identifiées pour *Striga hermonthica* et quatre (4) pour *Striga gesnerioides*. Selon les producteurs, les symptômes de l'attaque de ces plantes parasites qui réduisent les rendements de mil et de niébé restent le jaunissement, le rabougrissement, la réduction de tallage / ramification, le mauvais développement des épis / gousse et la présence de foreur de tige de mil. Cependant, les producteurs utilisent des techniques de lutte telles que l'arrachage avec la main, utilisation de fumier et utilisation de techniques d'association des plantes hôtes avec le sésame. Ces résultats peuvent contribuer à l'élaboration de méthode de lutte efficace contre *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides*.

MOTS-CLEFS: Plantes parasites, plantes hôtes cultivées, plantes hôtes sauvages, *Striga hermonthica*, *Striga gesnerioides*, Niger.

1 INTRODUCTION

Les plantes parasites, qu'elles soient hémiparasites ou holoparasites attaquent aussi bien les plantes cultivées que les plantes sauvages [13], [14]. Cependant, au Niger, les plantes parasites telles que *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* constituent un des fléaux qui entravent la production de mil et de niébé [7]. Elles peuvent occasionner des pertes de rendement de 60 % à l'échelle nationale et de 100 % au niveau d'une parcelle [12], [13].

Outre les plantes hôtes cultivées (mil et niébé), *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* attaquent aussi bien des graminées sauvages que des légumineuses sauvages [15], [18] et [9]. Les plantes hôtes sauvages ne sont pas généralement bien connues. Cependant, elles sont parfois localisées sur les bordures des champs, dans les aires de pâturage et dans les champs laissés en jachère [9]. En conséquence, les foyers des infestations des hôtes sauvages par les plantes parasites favorisent la dissémination des semences de *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* vers les champs de culture des plantes hôtes. Néanmoins, la connaissance de ces espèces hôtes sauvages pourrait aider à contrôler ces plantes parasites.

Les méthodes de lutttes testées contre ces plantes parasites concernent la lutte physique, la lutte chimique en passant par la lutte mécanique [13], [10]. Cependant, le coût élevé de ces méthodes de lutte a très vite entraîné l'abandon de ces dernières au profit d'autres techniques de lutte peu coûteuses et qui sont à la portée des producteurs (Arrachage avec la main, utilisation de fumier, utilisation des techniques d'association des plantes hôtes avec les plantes pièges des *Striga*). C'est dans cette optique que la présente étude intitulée « **état de lieu des connaissances sur *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* dans Cinq (5) communes rurales au Niger** » est réalisée. L'objectif est de faire la situation des niveaux de connaissances (présence, plantes hôtes et les techniques de lutttes) de *Striga hermonthica* et de *Striga gesnerioides* chez les producteurs de mil et de niébé à savoir dans deux régions du Niger.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La présente étude est réalisée dans deux (2) régions du Niger à savoir Tillabéri et Dosso, deux (2) zones de productions importantes de mil et de niébé au Niger. L'étude a concerné cinq (5) communes rurales, dont deux (2) (Tessa et Kargui Bangou) localisées dans la partie centrale de la région de Dosso et trois (3) (Zidagamat, Tondikandia et Imanan) situées dans la bande Est de la région de Tillabéri. Au total, 17 villages sont enquêtés pendant cette étude et sont repartis de manière plus ou moins homogènes dans l'ensemble des communes (figure 1).

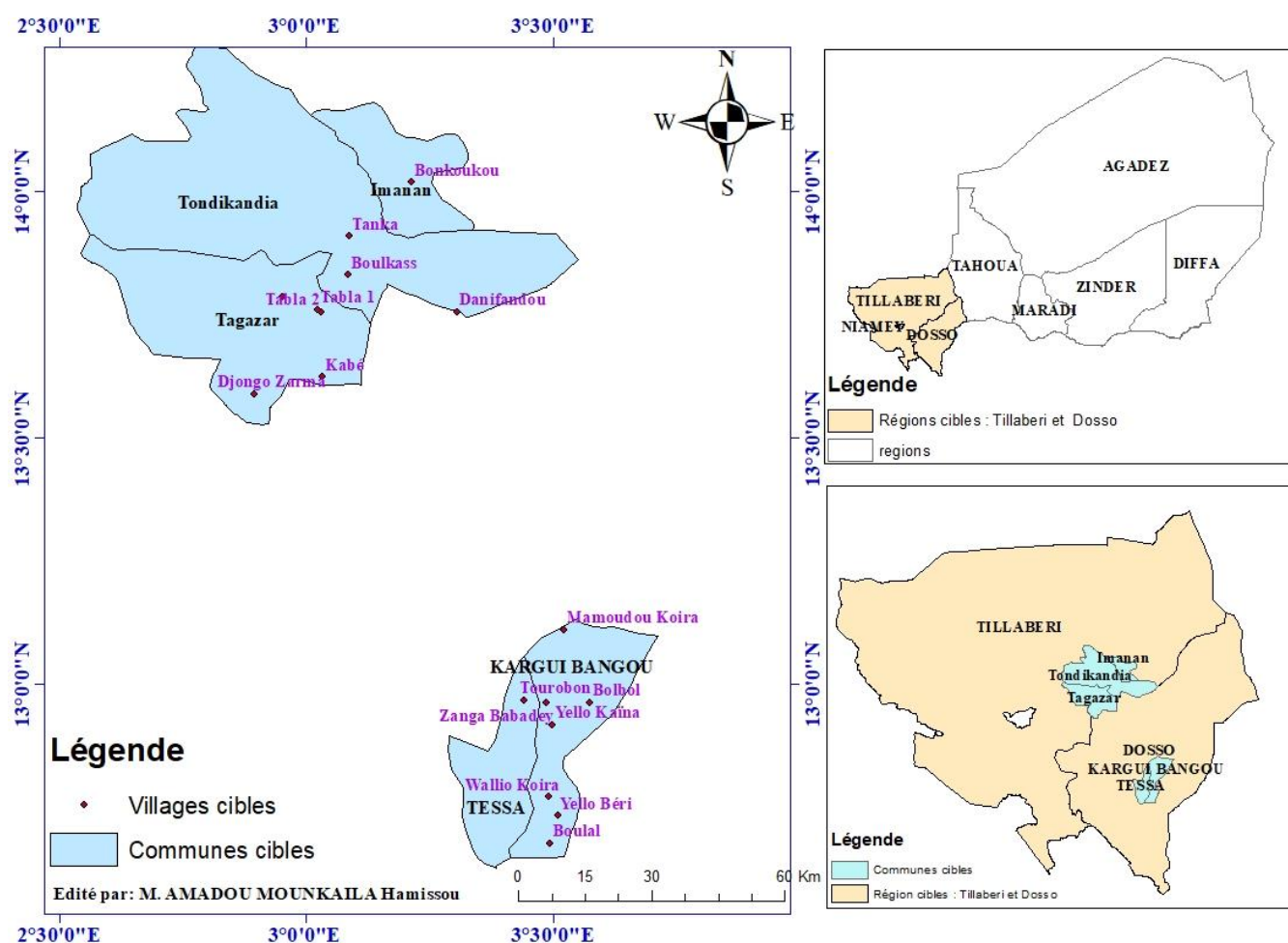


Fig. 1. Localisation géographique des villages enquêtés des communes cibles

2.2 MATÉRIEL TECHNIQUE

Le matériel technique qui a servi à la réalisation de cette étude est composé de:

- Une application GPS (Compass Pro, version 2.6) installée sur un téléphone android, pour la collecte des coordonnées GPS. Ces dernières ont servi à élaborer la carte de la répartition des villages enquêtés (figure 1);
- Des fiches d'enquête pour la collecte des données qualitatives.

2.3 MÉTHODES DE COLLECTE DES DONNÉES

Une approche participative est conduite à travers une fiche d'idée directrice, un entretien en focus groupe et un questionnaire individuel respectivement pour le niveau communal, le niveau village et le niveau individuel et à chaque niveau, des entretiens ont eu lieu.

Au niveau communal, un questionnaire individuel est administré pour le Directeur Communal de l'Agriculture (CDA) de chaque commune. Les informations tirées des CDA permettent d'identifier les villages qui sont infestés par ces plantes parasites au niveau de chaque commune.

Pour le niveau village, un entretien en focus groupe est réalisé avec un groupe constitué du Chef de village et des producteurs des plantes hôtes des *Striga* pour chaque village. Au total, dix-sept (17) villages sont enquêtés. Les informations recueillies sur ces plantes parasites sont d'ordre générale et ont portées sur la présence des espèces de *striga*, leurs plantes hôtes, ainsi que les symptômes du parasitisme lié au *striga*; les techniques de lutte employées par les producteurs contre ces plantes parasites.

Un questionnaire individuel est administré à cinq (5) producteurs potentiels identifiés pendant le focus groupe village. Au total, quatre-vingt-cinq (85) producteurs sont enquêtés. Les informations collectées au niveau individuel ont porté essentiellement sur: la présence de striga sur les espèces cultivées et sauvages, les symptômes et les techniques de lutte pratiquées contre ces plantes parasites. Les plantes hôtes sauvages des striga sont citées en langue locale « Zarma ». Les noms scientifiques des espèces sauvages sont obtenus à l'aide du lexique des plantes du Niger.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Les données collectées pour cette étude sont qualitatives. Le logiciel SPSS (version 24) est utilisé pour faire des tableaux dynamiques croisés sur les paramètres qualitatifs. Le logiciel Excel (version 2019) est utilisé pour les autres paramètres afin de réaliser des graphiques descriptifs en forme d'histogrammes.

3 RÉSULTATS

3.1 RÉSULTATS SUR STRIGA HERMONTICA

Striga hermonthica est surtout présent sur le mil cultivé dans tous les villages enquêtés. En effet, 95 % des producteurs confirment la présence de cette plante parasite sur le mil. Seulement 10 % et 6 % des enquêtés évoquent la présence de *Striga hermonthica* sur le sorgho et autres (Figure 2).

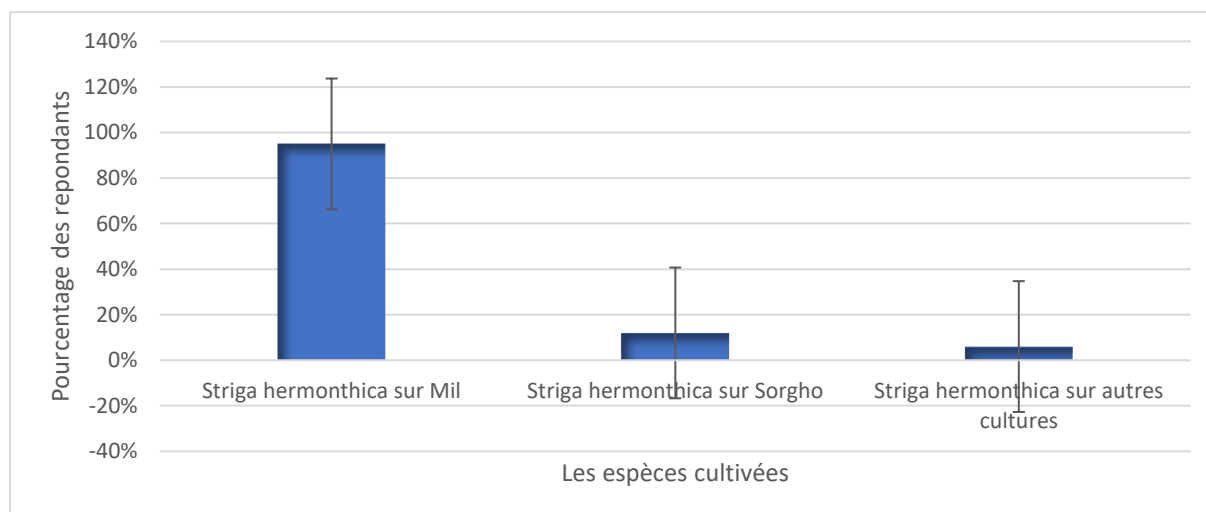


Fig. 2. Présence de *Striga hermonthica* sur des espèces cultivées

Généralement les champs du mil infestés par *Striga hermonthica* sont sollicités pour des techniques d'association de cultures mil-sésame (Tableau 1). 30,6 % des producteurs possédant les champs infestés par cette plante parasite fond l'association mil-sésame, parmi lesquels 21,2 % la pratiquent dans le même poquet, 5,9 % en alternance de poquet et 3,5 % en alternance de ligne. Par contre, 64,7 % des producteurs qui ont des champs infestés par *Striga hermonthica* ne pratiquent pas les techniques d'association sésame-mil.

Tableau 1. Présence de *Striga hermonthica* sur le mil et techniques d'association mil-sésame

		Techniques d'association sésame mil				Total
		Non	Poquet	Alternance poquet	Alternance ligne	
<i>Striga hermonthica</i>	Oui	64,7 %	21,2 %	5,9 %	3,5 %	95,3 %
	Non	3,5 %	0,0 %	1,2 %	0,0 %	4,7 %

La pratique d'association mil-sésame est de plus en plus courante dans les champs des producteurs du mil. Plusieurs raisons expliquent l'utilisation de cette pratique par les producteurs (tableau 2). Parmi ces raisons, les producteurs pratiquent l'association mil-sésame dans le même poquet pour lutter contre *Striga hermonthica* dans la majorité des cas, pour marquer l'emplacement des nouveaux poquets de mil de la campagne, pour optimiser la production dans le même champ et pour fertiliser le sol. Pour les producteurs qui pratiquent l'alternance de poquets de mil et de sésame sur la même ligne, aucune raison valable n'explique cette pratique, à part pour certains, l'optimisation de la production des deux espèces dans le même champ. Concernant les producteurs qui pratiquent l'alternance de lignes de mil et de sésame, la seule raison valable reste aussi l'optimisation de la production dans le même champ.

Tableau 2. Techniques des associations sésame-mil et les raisons de faire ces techniques

		Raisons de faire l'association sésame-mil					Total
		Lutter contre <i>Striga hermonthica</i>	Identifier Poquets	Produire 2 espèces	Fertiliser le sol	Pas de raison	
Association mil-sésame	Non	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	68,2 %	68,2 %
	Dans le même poquet	12,9 %	4,7 %	2,4 %	1,2 %	0,0 %	21,2 %
	Alternance de poquet	0,0 %	0,0 %	1,2 %	0,0 %	5,9 %	7,1 %
	Alternance de ligne	0,0 %	0,0 %	3,5 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %

Striga hermonthica est une plante parasite qui attaque aussi bien les graminées cultivées (mil et sorgho) que des espèces sauvages. Certains des producteurs enquêtés révèlent la présence de striga sur onze (11) espèces sauvages (Figure 3). En relation avec le pourcentage de réponses des producteurs enquêtés, *Striga hermonthica* parasite plus les espèces sauvages *Mitacarpus scaber*, *Eragrotis tremula*, *Cenchrus biflorus* et *Aristida sieberiana* que les espèces sauvages *Andropogon gayanus*, *Pancratium trianthium*, *Blepharis linariifolia*, *Pennisetum pedicellatum*, *Bulbostylis barbata*, *Aeschynomene indica* et *Corchorus fascicularis*.

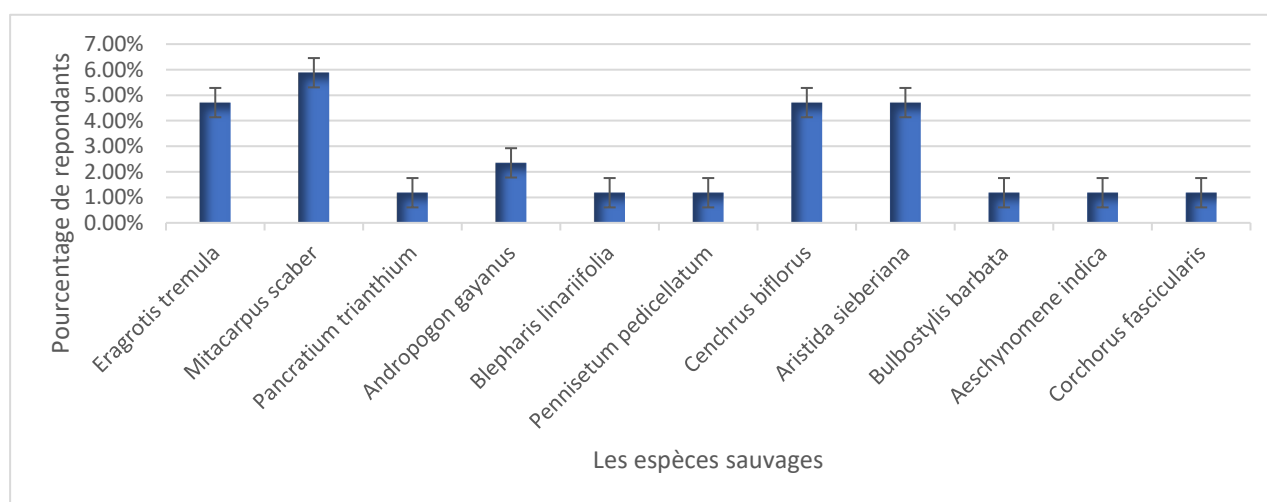


Fig. 3. Présence de *Striga hermonthica* sur des espèces sauvages

3.2 RÉSULTATS SUR STRIGA GESNERIOÏDES

Tout comme *Striga hermonthica*, *Striga gesnerioides* est une plante parasite présent dans pratiquement tous les villages enquêtés des régions de Dosso et de Tillabéri. En effet, 89 % des producteurs enquêtés confirment aussi la présence de cette plante parasite sur le niébé. Sur la patate douce, seulement 4 % des enquêtés évoquent la présence de *Striga gesnerioides*. Et 6 % des producteurs notent la présence de *Striga gesnerioides* sur d'autres cultures (Figure 4).

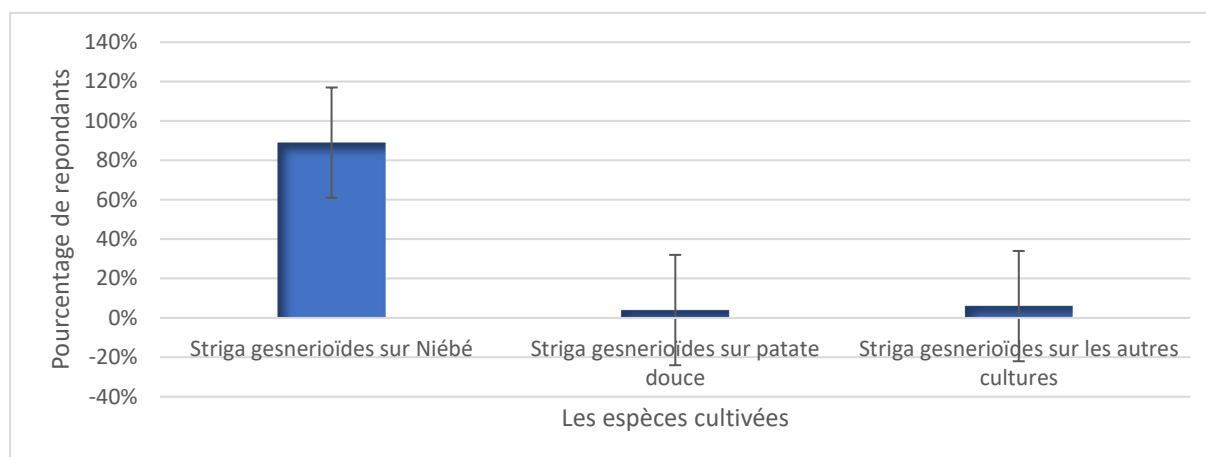


Fig. 4. Présence de *Striga gesnerioides* sur des espèces cultivées

Les champs de niébé qui sont généralement infestés par *Striga gesnerioides* bénéficient aussi des techniques d'association de cultures niébé-sésame (tableau 3). Au total, seulement 4,8 % des producteurs possédant les champs infestés par *Striga gesnerioides* fond l'association niébé-sésame, parmi lesquels 2,4 % la pratiquent en alternance de poquet et 2,4 % en alternance de ligne. Par contre, 84,7 % des producteurs qui possèdent des champs infestés par *Striga gesnerioides* ne pratiquent pas les techniques d'associations niébé-sésame.

Tableau 3. Présence de *Striga gesnerioides* sur le niébé et Techniques des associations sésame-niébé

		Techniques d'association sésame niébé			Total
		Non	Alternance poquet	Alternance ligne	
<i>Striga gesnerioides</i>	Oui	84,7 %	2,4 %	2,4 %	89,5 %
	Non	10,6 %	0,0 %	0,0 %	10,6 %

L'association niébé-sésame est pratiquée aussi dans les champs des producteurs du niébé des deux régions (Dosso et Tillabéri). Cependant, la seule association niébé-sésame qui se trouve dans les deux (2) régions est l'alternance des lignes niébé-sésame chez seulement 3 % des producteurs.

Cinq (5) espèces sauvages sont identifiées comme plantes hôtes de *Striga gesnerioides* par les producteurs enquêtés (Figure 5). En effet, cette plante parasite attaque plus l'espèce sauvage *Alysicarpus spp* que les autres espèces sauvages telles que *Borreria stachydea*, *Boerhavia erecta*, *Cassia minosoides* et *Commelina forskalae*. Des observations en période de végétations permettent de confirmer ses déclarations.

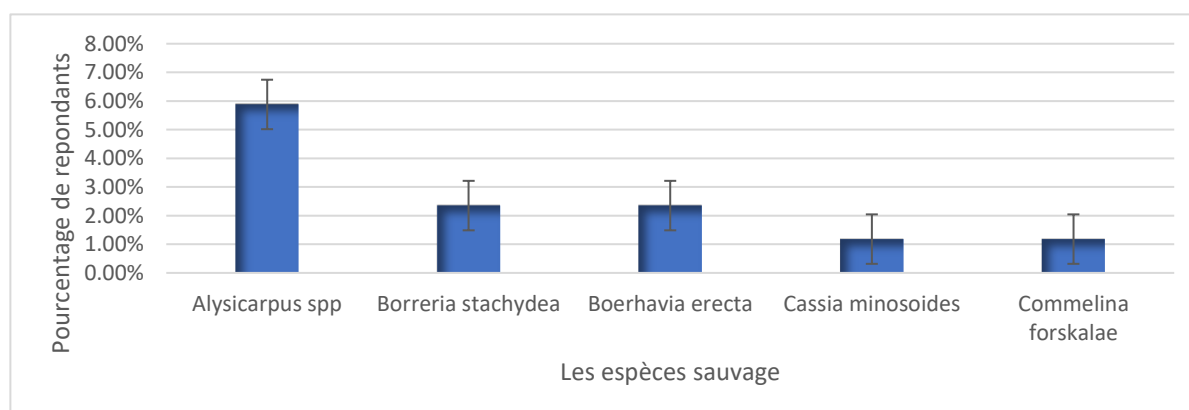


Fig. 5. Présence de *Striga gesnerioides* sur des espèces sauvages

3.3 RÉSULTATS SUR LES SIGNES D'ATTAQUE DES STRIGA ET LES TECHNIQUES DE LUTTES

Les plantes hôtes (mil et niébé) infestées respectivement par *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* manifestent les mêmes symptômes selon les expériences des producteurs enquêtés. 73 % des producteurs enquêtés confirment la présence des symptômes en cas d'attaque de mil et de niébé respectivement par *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* (Figure 6). C'est ainsi que, le jaunissement constitue le principal symptôme et qui, d'après 61 % des enquêtés, réduit considérablement les rendements du mil et du niébé.

Le deuxième symptôme est le rabougrissement des plantes infestées selon 72 % des producteurs enquêtés, parmi lesquels 77 % le classe comme seconde cause de la réduction de rendement chez le mil et le niébé.

Le mauvais développement des épis / gousse, représente le troisième symptôme selon 57 % des producteurs enquêtés parmi lesquels 88 % l'indiquent comme la troisième cause de réduction des rendements chez le mil et le niébé.

L'apparition du foreur de tige de mil (*Coniesta ignefusalis*) et la réduction de talles / rameaux sont classées respectivement quatrième par 12 % des producteurs enquêtés (dont 60 % l'indiquent comme quatrième réducteur de rendement de mil) et cinquième d'après 6 % des producteurs enquêtés (dont 40 % le décrit comme le cinquième réducteur de rendement du mil et niébé).

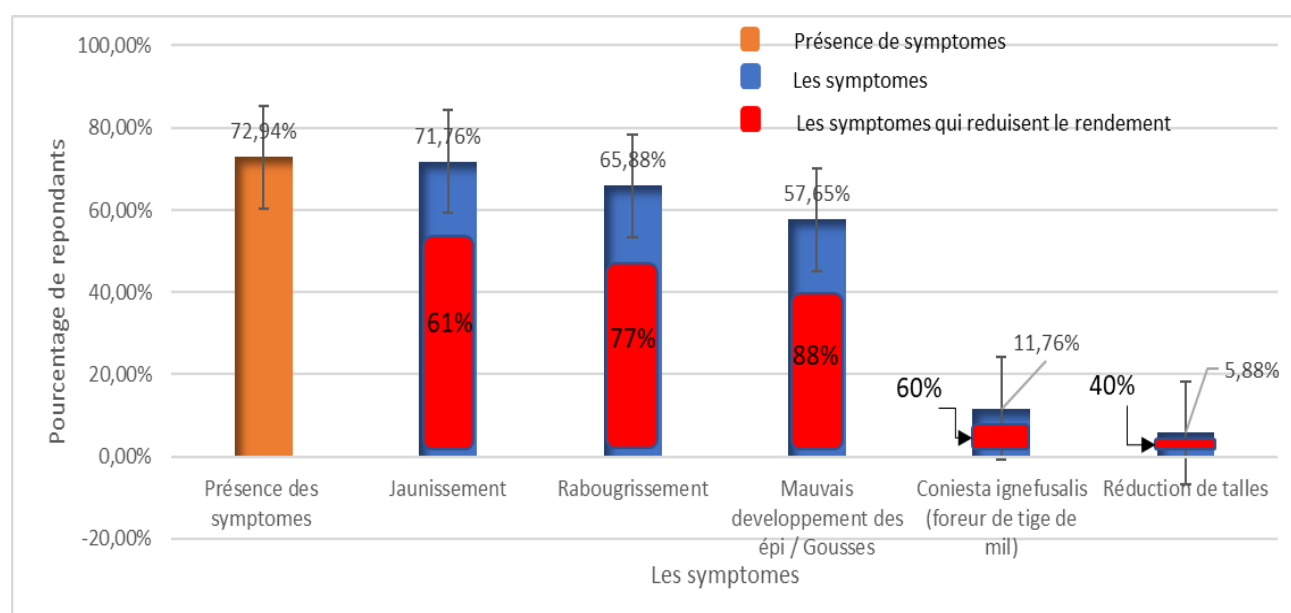


Fig. 6. Symptômes des striga

L'envahissement énorme des champs de cultures de mil et de niébé respectivement par *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides* a conduit les producteurs à employer les techniques de lutte suivantes (figure 7).

Les techniques de lutte les plus employées par les producteurs restent l'arrachage à la main des plants de striga, pratiquée par 77 % des producteurs enquêtés, suivi de l'utilisation de fumier appliquée par 28 % des producteurs et enfin, l'utilisation de sésame en association pratiquée par 16 % des producteurs.

Les techniques de lutte les moins employées sont entre autres: l'utilisation de cendre, la jachère, l'utilisation du natron, de la poudre des fruits de *Parkia biglobosa* et la rotation culturale.

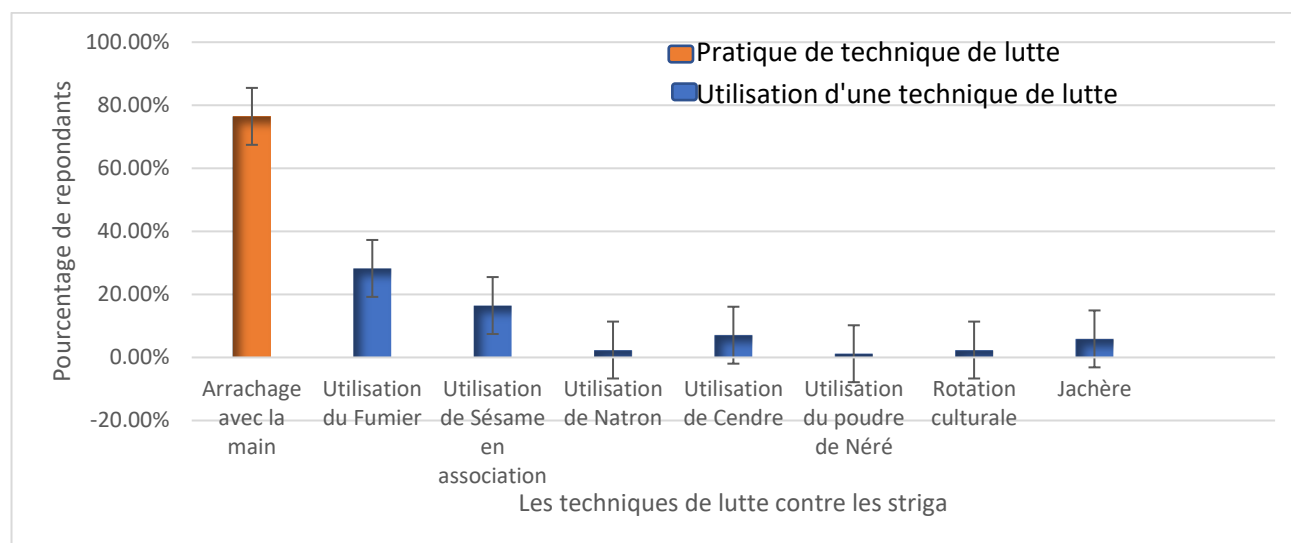


Fig. 7. Les techniques de lutte utilisées contre les striga

4 DISCUSSION

Striga hermonthica et *Striga gesnerioides* sont deux (2) plantes parasites redoutables des principales cultures qui sont respectivement, le mil et le niébé au Niger. Cette étude montre que *Striga hermonthica* est présent dans les champs de 95 % des producteurs enquêtés contre 89 % des producteurs enquêtés qui affirment la présence de *Striga gesnerioides* dans leurs champs. Un constat similaire a été fait par [5], [9] et [16] qui ont montré que *Striga hermonthica* est beaucoup plus présent dans les champs par rapport au *Striga gesnerioides* en Afrique de l'Ouest. En plus du mil, *Striga hermonthica* parasite aussi le sorgho, le riz, le maïs et la canne à sucre en Afrique subsaharienne [1], [6], [18] et [21] alors que, *Striga gesnerioides* parasite le niébé, le tabac et la patate douce [2], [3], [4], [11], [17] et [19].

Par ailleurs, d'autres espèces sauvages sont identifiées comme plantes hôtes des striga au cours de cette étude. Au total, seize (16) plantes hôtes sauvages sont identifiées pour *Striga hermonthica* et *Striga gesnerioides*. Onze (11) de ces espèces sauvages sont des plantes hôtes de *Striga hermonthica*. Ce dernier est connu pour parasiter des espèces de la famille des *Poaceae* (graminées, genre *Panicum*) [13]. Et cinq (5) de ces espèces sont parasitées par *Striga gesnerioides*. Ce dernier, parasite en générale, les dicotylédones à feuilles larges de plusieurs familles, dont les *Leguminosae*, les *Convolvulaceae*, les *Euphorbiaceae* et les *Solanaceae* [4], [16]. Les adventices sont aussi parasitées par cette plante, par exemple l'indigotier (*Indigofera hirsuta* (L.)) en Amérique [20].

Striga hermonthica et *Striga gesnerioides* présentent les mêmes symptômes au niveau de leurs plantes hôtes respectives (mil et niébé). Les symptômes de ces plantes parasites peuvent engendrer une réduction plus importante des rendements des espèces hôtes cultivées (mil et niébé). Les symptômes, les plus sévères dans la diminution des rendements des cultures hôtes (mil et niébé) sont: le jaunissement et le rabougrissement des plantes, le mauvais développement des épis / gousse, la présence de foreurs de tige de mil et la réduction de tallage / ramification. Selon Olivier [12], [13] les striga peuvent causer des pertes de rendements des cultures hôtes (mil et niébé) de 60 % au niveau national à 100 % au niveau d'une parcelle.

Cependant, les producteurs de mil et de niébé utilisent des techniques de lutte variées contre les striga. Parmi celles-ci, les plus utilisées restent l'arrachage à la main des plants de striga et l'association des plantes hôtes avec le sésame [7], [8] ont montré que l'association de sésame et de mil dans le même poquet réduit de plus de moitié l'émergence des plants de striga, bien que cet effet dépende de la variété de sésame utilisée.

5 CONCLUSION

Striga hermonthica et *Striga gesnerioides* sont des plantes parasites qui entravent respectivement la production de mil et de niébé dans les champs des producteurs. Cette étude montre l'existence de onze (11) plantes hôtes de *Striga hermonthica* et de cinq (5) pour *Striga gesnerioides*. Cinq (5) symptômes importants de ces plantes parasites qui pourraient réduire les rendements des cultures de mil et de niébé sont connus par les producteurs enquêtés. Ces symptômes sont: le jaunissement, le rabougrissement, le mauvais développement des épis / gousse, la présence de foreurs de tige de mil et la réduction de

tallage / ramification. Les producteurs utilisent des techniques de lutte telles que l'arrachage des plants de striga avec la main, l'utilisation de fumier et l'association de sésame avec les plantes hôtes (soit dans le même poquet soit en alternance de poquet ou de ligne). L'état de lieu sur la connaissance des producteurs de mil et de niébé sur les striga pourraient aider à développer une méthode de lutte efficace contre ces plantes parasites en se basant sur les techniques de lutte plus utilisées par ces producteurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les producteurs (de mil et de niébé) enquêtés des deux régions (Tillabéri et Dosso) du Niger et la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, pour leurs collaborations.

REFERENCES

- [1] Abbasher, A. A., Hess, D. E., & Sauerborn, J. (1998). Fungal pathogens for biological control of *Striga hermonthica* on sorghum and pearl millet in West Africa. *African Crop Science Journal*, 6 (2), 179-188.
- [2] Berner, D. K., et Williams, O. A. (1998). Stimulation de germination des graines de *Striga gesnerioides* de par des hôtes et des non-hôtes. *Maladie végétale*, 82 (11), 1242-1247.
- [3] Dembélé, B. 1985. Contribution à l'étude de la biologie de deux scrophulariacées tropicales: *Striga hermonthica* (Del.) Benth. et *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke. Diplôme d'agronomie approfondie, École nationale supérieure agronomique de Montpellier, Montpellier.
- [4] Dembélé, B. (1988). Aspects biologiques et agronomiques de deux Scrophulariacées parasites tropicales: *Striga hermonthica* (Del.) Benth. et *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke. Ecole Normale Supérieure Agronomique de Montpellier, Doctor Thesis, 1, 100.
- [5] Djilé, B., Miafo, A. P. T., Djodda, J., Boukar, O., et Sobda, G. (2015). Evaluation de la résistance à l'adventice parasite, *Striga gesnerioides* des variétés exotiques de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) walp.] cultivées au cameroun / [évaluation de la résistance à un parasite des mauvaises herbes, *Striga gesnerioides* de variétés exotiques de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) walp.] cultivé au cameroun]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, p. 12 (4), p. 982.
- [6] Gressel, J. (1992). Répondre aux besoins réels en matière de science des sessions avec des innovations. *Technologie dessessons*, 6 (3), 509-525.
- [7] Hamissou, A. M., Ibrahim, A. A., & Hamissou, Z. (2020). Effet du sésame (*Sesamum indicum* L.) sur le développement de *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Journal of Applied Biosciences*, 152, 15720-15726.
- [8] Kouakou, C. K. Zoro Bi IA, Akanvou R, N'da HA, (2015). Distribution des espèces de *Striga* et infestation des cultures céréalières dans le nord de la Côte d'Ivoire. *Cah Agric*, 24, 37-46.
- [9] Kountché, B. A., Jamil, M., Yonli, D., Nikiema, M. P., Blanco-Ania, D., Asami, T.,... & Al-Babili, S. (2019). Suicidal germination as a control strategy for *Striga hermonthica* (Benth.) in smallholder farms of sub-Saharan Africa. *Plants, People, Planet*, 1 (2), 107-118.
- [10] Lado, A., Sani, F. U., Yahaya, S. U., & Karaye, A. K. (2018). Efficacy of *Parkia biglobosa* fruit powder on the control of *Striga* in cowpea cropping systems in the Sudan-Savanna, Nigeria. *Heliyon*, 4 (8), 00733.
- [11] Musselman, L. J., & Ayensu, E. S. (1984). Taxonomy and biosystematics of *Striga*. *Striga: Biology and Control*. Eds. ES Ayensu, H Dogget, RD Keynes, J Marton-Lefevre, LJ Musselman, C Parker and A Pickering, 37-45.
- [12] Olivier, A. (1995). Le striga, mauvaise herbe parasite des céréales africaines: biologie et méthodes de lutte. *Agronomie*, 15 (9-10), 517-525.
- [13] Olivier, A. (1996). La relation entre *Striga hermonthica* et ses hôtes: une synthèse. *Canadian journal of botany*, 74 (7), 1119-1137.
- [14] Ouédraogo, O., Kaboré, T. D., Noba, D. R., & Traoré, S. (2018). *Polygala rarifolia* DC., plante faux hôte du *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Journal of Applied Biosciences*, 123, 12346-12353.
- [15] Parker, C. (2012). Les mauvaises maladies parasitaires: un défi mondial. *Science dessesé*, 60 (2), 269-276.
- [16] Sadda, A. S., Diouf, A., Salifou Jangorzo, N., Issoufou Hassane, B. A., Saidou, A. A., Karim, S., & Malam-Issa, O. (2018). Modélisation prédictive d'un parasite des variétés de niébé au Niger: cas du *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke. INRA.
- [17] Sallé, G., Raynal-Roques, A., & Tuquet, C. (1995). Un fléau en Afrique, les *Striga*. *La vie des Sciences*, 12 (1), 27-45.
- [18] Sene, B., Sarr, F., Diouf, D., Sow, M. S., Traore, D., Kane, A., & Niang, M. (2018). Synthèse des connaissances et quelques acquis de recherche sur le sésame (*Sesamum Indicum* L.) au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (3), 1469-1483.
- [19] Vasudeva Rao, M.J., et Musselman, L.J. 1987. Host specificity in *Striga* spp. and physiological "strains." Dans *Parasitic weeds in agriculture*. Vol. 1. *Striga*. Éditeur: L.J. Musselman. CRC Press Inc., Boca Raton, Fla. pp. 13-25.
- [20] Wunderlin, R. P., et RP, W. (1979). Considération de *Barklya* et des sous-tribes des *Cercideae* (*Caesalpinioideae*: *Fabaceae*).
- [21] Yoshida, S., Maruyama, S., Nozaki, H., & Shirasu, K. (2010). Horizontal gene transfer by the parasitic plant *Striga hermonthica*. *Science*, 328 (5982), 1128-1128.

Effet de l'application des endomycorhizes en replantation annuelle de bananiers sur deux nématodes endomigrateurs: *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* et les rendements des bananiers plantain en Côte d'Ivoire

[Effect of the application of endomycorrhizae in annual replanting of bananas on two nematodes *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* and the yields of plantains in Côte d'Ivoire]

Vawa Otro Serge Théodore¹, Seri Serge Pacome², Gnonhoui Goly Philippe³, Adiko Amoncho¹, and Otchoumou Atcho⁴

¹Station de Recherche de Bimbresso, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Côte d'Ivoire

²UFR Bioscience, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Station de Recherche de Bimbresso, Programme Plantain Banane Ananas, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴UFR Science de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The study was carried out as part of the sustainable increase in plantain production and as part of the strategy to contribute to achieving food security. In banana growing, the use of successive suckers for the next growing cycles without any measure of sanitation of the planting material contributes to the increase of nematodes in plantation. this study objective is to manage nematode populations through cultural practices. The CORNE 1 variety was planted at high density (2,500 plants / ha) in a device involving four treatments: two cycles without endomycorrhizae application, two cycles with endomycorrhizae application, annual replanting with endomycorrhizae application, annual replanting without endomycorrhizae application. Replanting took place 0.8 m from the fruiting stand of the previous growing season. The trial lasted three growing seasons. Nematode infestations are concentrated (80 %) within a radius of 50 cm around the fruiting foot. In addition, the lowest infestations of nematodes were observed with annual replanting with or without endomycorrhizae. This resulted in yields which remained high ($P < 0.05$; Fisher test) in the second (35 t/ha) and third growing season (33 t/ha) and which were statistically comparable to that obtained at the first season (35 t/ha). In continuous cultivation, on the contrary, reductions in yields of 41.4 % and 63.5 % were recorded respectively in the second and third growing seasons. The use of vivoplants in annual replanting with endomycorhizes offers the possibility of cultivating organic plantain without using nematicides.

KEYWORDS: *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, Endomycorrhizae, Organic control, continuous cultivation, annual replanting.

RESUME: L'étude a été menée dans le cadre de l'accroissement durable de la production de bananier plantain. En culture continue du bananier, le recours aux rejets successeurs pour les cycles prochains de culture, sans aucune mesure d'assainissement du matériel de plantation contribue à l'accroissement des nématodes. L'objectif de cette étude est de gérer les populations des nématodes par les pratiques culturales. La variété CORNE 1 a été plantée à 2 500 plants/ha, dans un dispositif impliquant quatre traitements: Culture continue sans endomycorhizes, culture continue avec endomycorhizes, culture replantée avec endomycorhizes, culture replantée sans endomycorhizes. La replantation a eu lieu à 0,8 m du pied

fructifère de la saison de culture précédente. L'essai a duré trois saisons de culture. Les infestations de nématodes sont concentrées à plus de 80 % dans un rayon de 50 cm autour du pied mère. Les plus faibles infestations de nématodes ont été observées avec la replantation annuelle avec ou sans endomycorhizes. Il en a résulté des rendements qui sont restés élevés ($P < 0,05$; test de Fisher) à la première et deuxième saisons de culture (35 t/ha) et troisième saison de culture (33 t/ha). En culture continue au contraire, des baisses de rendements de 41,4 % et de 63,5 % ont été enregistrées respectivement à la deuxième et troisième saison de culture. L'usage de vivopants en replantation annuelle avec les endomycorhizes offrent une possibilité de faire la culture biologique du bananier plantain sans usage de nématicide.

MOTS-CLEFS: *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, Endomycorhizes, Gestion biologique, Culture continue, Replantation annuelle.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la production de plantain est évaluée à 1,9 millions de t/an et sa consommation est estimée entre 80 et 120 kg/habitant/an. Elle occupe en volume le 3^{ème} rang des cultures vivrières après l'igname (5,5 millions de t/an) et le manioc (2,3 millions de t/an) [1]. Cependant, sa production demeure inférieure à la demande nationale. Cette situation est due en partie aux pratiques culturales inappropriées et aux matériels de plantation utilisés. En effet, les bananiers sont cultivés en association avec d'autres cultures vivrières ou industrielles [2] et les plantations sont créées à partir des rejets aux faibles potentiels de production et demeurent en place pendant plusieurs cycles de culture sans aucunes mesures phytosanitaires [3]. Cette pratique culturale conduit à un déclin de la production d'un cycle de production à un autre et favorise un accroissement de la pression parasitaire [4]. Outre les insuffisances des pratiques culturales, les bananiers sont menacés par des nématodes. Les dégâts causés par ceux-ci sont estimés à plus 75 % de pertes de rendement [5]. La lutte contre ces nématodes est essentiellement chimique, par l'emploi des nématicides systémiques, de types carbamates ou organophosphorés. Ces produits chimiques sont des biocides généraux [6] et entraînent des risques importants de pollution des milieux naturels et des dangers potentiels pour la santé humaine et animale. L'intégration de ces inconvénients nécessite donc de trouver des méthodes alternatives de lutte, non toxiques pour la plante, respectueuses de l'environnement et moins onéreuses. Avec la pression démographique, la rareté des terres arables et la pullulation des nématodes, la culture du plantain requiert des techniques de production novatrices et optimisées qui doivent allier la gestion des nématodes, la production accrue et durable des bananeraies et la protection de l'environnement. Dans cette perspective, la replantation annuelle des bananiers à base de vivopants en association avec des endomycorhizes semble être une alternative à la production durable sans usage de pesticides.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDES

L'étude a été réalisée dans le département de Tiassalé, Côte d'Ivoire. Cette localité est située au Sud de la Côte d'Ivoire, à environ 120 km au Nord d'Abidjan, entre les Latitudes Nord 5°56'53; 5°56'51 et les Longitudes Ouest 4°51'06; 4°51'06 et à 50,5 ± 0,5 m d'altitude (Figure1).

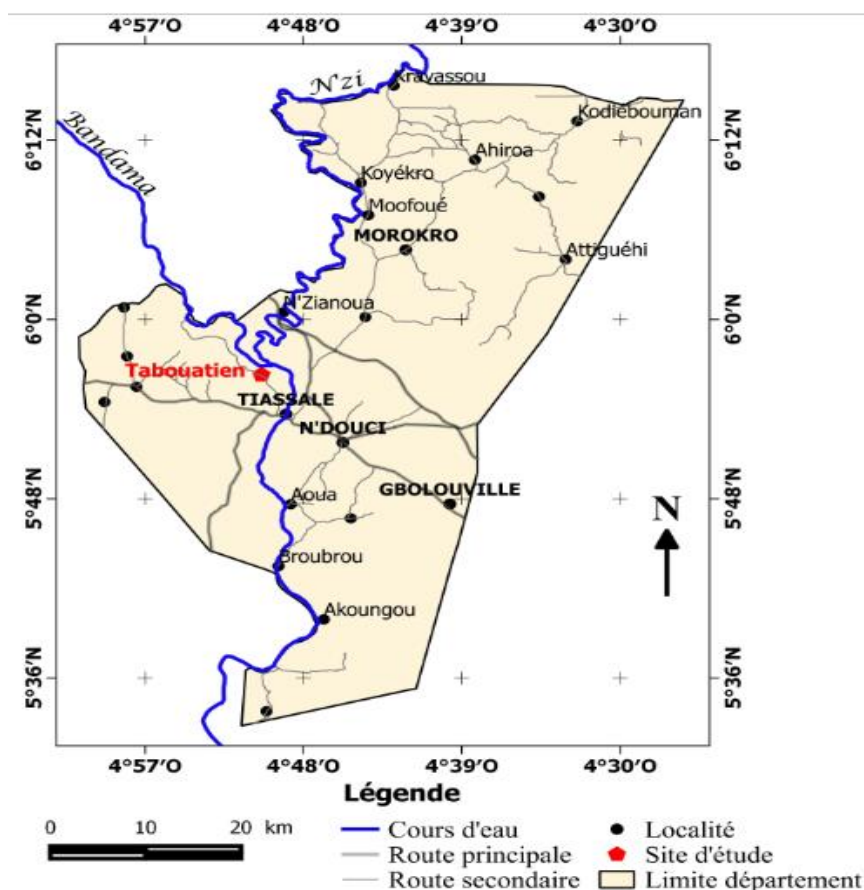


Fig. 1. Localisation du site d'étude (Vawa, 2015)

La parcelle expérimentale se situe dans la forêt humide semi décidue du domaine Guinéen caractérisée par un climat de type Sub-équatorial. La température annuelle moyenne a été de $26,99 \pm 1,28$ °C. Les hauteurs de pluie moyennes mensuelles ont été de $128,83 \pm 104,01$ mm. L'humidité relative moyenne de l'air ambiante a été de $85 \pm 1,5$ %. L'insolation moyenne a varié entre $1900 \pm 101,98$ à $2000 \pm 101,98$ heures/an. Le sol est ferrallitique, remanié faiblement induré et appauvri. La composition physico chimique des 20 premiers centimètres de l'horizon du sol est de 70,21 g d'argile/kg de sol, de 8,29 g de limon fin/kg de sol, de K^+ (cmol kg^{-1}). Le relief est plat et peu accidenté. La faune du sol est caractérisée par une richesse et une diversité biologique importantes. Avant la mise en place de l'essai, l'analyse de la nématofaune a révélé $15 \pm 6,24$ *Radopholus similis* et $13 \pm 2,64$ *Pratylenchus coffeae* par kg de sol. Cette localité dispose d'un réseau hydrographique constitué d'un grand fleuve, le Bandama.

2.2 MATERIEL

2.2.1 MATÉRIEL DE PLANTATION

Le cultivar Corne 1 a servi de matériel de plantation. Il est originaire de la Côte d'Ivoire, et appartient au groupe génomique AAB. Il est issue d'un croisement de *Musa accuminata* et de *Musa balbisiana* [7]. C'est une variété locale, majoritairement cultivée en zone humide et consommée en Côte d'Ivoire [8].

2.2.2 MATÉRIEL PARASITAIRE

Radopholus similis et *Pratylenchus coffeae* constituent les parasites. Ce sont deux nématodes endoparasites migrants, de la famille des Pratylenchidae. Ils font tout leur cycle de vie à l'intérieur de la cellule parasitée. Ces deux nématodes représentent à eux seuls plus de 60 % de la nématofaune rencontrée dans les plantations de bananier Ivoiriennes et causent plus de 90 % des pertes de production liées aux parasites telluriques en Côte d'Ivoire [9]. *R. similis* est un nématode foreur des pieds de bananier. Les mâles sont assez rares. La vulve est médiane, à 50 ou 60 % de la longueur du corps. Les tubes génitaux chez les

femelles sont deux et développés. La queue chez les femelles est un peu conoïde et allongée, avec une terminaison arrondie ou indentée. La queue chez les mâles est allongée, conoïde, arquée ventralement. Les bourses s'étendent sur les deux tiers de la longueur de la queue. Quant à *P. coffeae*, les mâles sont assez rares. La queue est convexe et conoïde. Les bourses s'étendent jusqu'à l'extrémité de la queue. La vulve est nettement postérieure, à 70 ou 80 % de la longueur du corps. Seul le tube antérieur est développé chez les femelles. La queue chez les femelles est conoïde, ventralement concave. Les terminaisons sont grossièrement arrondies, tronquées ou irrégulièrement crénelées.

2.2.3 MATÉRIEL FONGIQUE

Le champignon endomycorhizien est une formulation conditionnée sous forme de poudre. Il est constitué d'un complexe de champignons biostimulants (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, *Glomus etanicatum*, *Glomus spurka* et de *Scutellospora dipurpurens*) et de champignons produisant des toxines nématocides (*Trichoderma longibrachium*).

2.3 METHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Les bananiers ont été plantés dans un dispositif de plantation en lignes jumelées à raison de 1,6 m sur la ligne et 2 m entre une double ligne. Les lignes jumelées ont été séparées entre elles par des couloirs de 3 m, donnant une densité de plantation de 2500 pieds/ha. Le dispositif est constitué de quatre blocs de culture, avec quatre parcelles élémentaires par bloc. Une parcelle élémentaire est constituée de 56 plants dont 26 plants de bordure et 30 d'observations. Quatre traitements ont été distribués dans un bloc de Fisher complètement randomisé. Les traitements appliqués sont: culture continue sans application d'endomycorhizes (Témoin), culture continue avec application d'endomycorhizes, culture replantée avec application d'endomycorhizes et culture replantée sans application d'endomycorhizes.

2.3.2 CONDUITE CULTURALE

Les vivoplants de bananiers ont été plantés dans des trous de 30 x 30 x 40 cm de profondeur. A la plantation, 166,6 g de dolomie et 133 g de phosphate tricalcique ont été apportés dans chaque trou de bananier plantain comme engrais de fond. A partir de deux mois de végétation, 22 g d'urée et 55 g de chlorure de potasse ont été appliqués en large couronne de 30 cm autour de chaque pied de bananier chaque mois jusqu'à la floraison. Le champignon endomycorhizien a été appliqué en couronne large de 30 cm autour des pieds de bananier à raison de 200 g/pied. Le fongicide Chlorothalonil (720 g/l) a été appliqué sur les feuilles des bananiers pour 2 l/ha tous les 30 jours à partir du 4^{ème} mois, après plantation jusqu'à la fructification. Les parcelles ont été irriguées 5 fois par semaine à raison de 5 mm d'eau par jour. L'effeuillage a été réalisé au besoin lorsque les bananiers ont atteint un mètre de hauteur. L'œilletonnage a été réalisé mensuellement sur les pieds de bananier. Pour les parcelles en culture continue, un rejet successeur a été choisi à partir de la récolte. Un désherbage manuel a été réalisé chaque deux mois. Chaque bananier a été tuteuré à la floraison.

2.3.3 SUIVI D'UN GRADIENT D'INFESTATION LE LONG DU PROFILE RACINAIRE

Le gradient d'infestation a servi d'indicateur à l'établissement des nouvelles lignes de culture par rapport à celle de la culture précédente dans une zone où le niveau d'infestation serait potentiellement le plus faible possible. Au 2^{ème} et 3^{ème} cycle de culture, un suivi régulier des populations de nématodes à deux distances à partir du pied fructifère entre 0 et 0,5 m et entre 0,5 m et 1 m à 40 cm de profondeur a été réalisé.

2.3.4 MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les prélèvements de racines ont été faits au cours de trois stades végétatifs de développement des bananiers plantain: en fin de la phase de croissance (à 182, 186 et 192 jours après plantation respectivement au premier, second et troisième cycle de culture), à 50 % de floraison (à 243, 249 et 255 jours après plantation respectivement au premier, second et troisième cycle de culture) et à 95 % de récolte (à 324 jours après plantation). A chaque stade végétatif, les échantillons ont été collectés en creusant une excavation de diamètre [0 m; 0,5 m [et] 0,5 m; 1 m [à 40 cm de profondeur tangentielle à la souche du bananier plantain.

2.3.5 EXTRACTION DES NÉMATODES ENDOMIGRATEURS

Les nématodes ont été extraits des racines par la technique de double centrifugation [11]. Le dénombrement de chacune des espèces de nématodes a été réalisé sous une loupe binoculaire [12]. Les résultats obtenus ont été exprimés en nombre d'individus pour 1 g de racines fraîches.

2.3.6 EVALUATION DES PARAMÈTRES DE PRODUCTION DES BANANIER

2.3.6.1 DÉTERMINATION DE LA PÉRIODE DE PLANTATION RÉCOLTE (IPR) DES BANANIER

Le régime de bananier plantain atteint la maturité physiologique à 80 jours après la floraison. Sur cette base, la date de floraison de chaque bananier plantain est suivie et consignée sur une fiche parcellaire. La floraison est considérée effective lorsque le bout de la fleur apparaît à l'extrémité du pseudotrunc. Ainsi, l'intervalle plantation récolte (IPR) est la période qui s'écoule entre la date de mise en terre des rejets et la date de coupe. Elle a été exprimée en jour (J).

$$IPR (J) = \sum (dF - dP) + 80 / N$$

IPR: intervalle plantation-récolte en jours, *dF*: Date de floraison de chaque bananier, *dP*: Date de plantation des bananiers, *N*: Nombre total de plants récoltés

2.3.6.2 EVALUATION DES RENDEMENTS DES BANANIER

Lorsqu'un régime de bananier atteint 80 jours après floraison, il est récolté. Il est pesé à l'aide d'une balance de Marque SALTER et rangé en fonction du traitement appliqué à la parcelle. Le rendement potentiel par traitement et par cycle de production (kg) a été déterminé par la somme des masses du nombre de pieds de bananiers collectée par traitements. Le rendement potentiel par traitement et par cycle de production (kg) a été converti par pied récolté.

$$Rdmt/pied (Kg) = \sum M_n / n$$

M: masse (Kg) du régime de bananier récolté; *n*: Nombre total de régimes de bananier récolté; *Rdmt*: Rendement potentiel des bananiers obtenu par traitement; *Rdmt/pied*: Rendement potentiel des bananiers obtenu par pied.

2.3.7 MÉTHODES D'ANALYSES DES DONNÉES

Les densités de nématodes ont été transformées en log (x+1) et les proportions en arc sinus (x) avant les analyses statistiques. Les analyses de variances et les moyennes ont été discriminées à l'aide du test de la Plus Petite Différence Significative au seuil de 5 % de Fisher, P valeur seuil 5 %. Le logiciel Statistica 9.0 a été utilisé pour les analyses.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE DES POPULATIONS DES NÉMATODES EN FONCTION DES STADES VÉGÉTATIFS

Les populations cumulées de nématodes *Radopholus similis* collectées ont été estimées à 19,40 % avant floraison, 59,20 % à la floraison et 21,40 à la récolte. Celles de *Pratylenchus coffeae* sont respectivement de 28,95 % avant floraison, 53,43 % à la floraison et 17,61 % à la récolte. Aux trois stades de développement végétatif, les populations de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* ont été statistiquement différentes entre elle (Tableau 1).

Tableau 1. Niveaux d'infestation de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* (%) à trois stades végétatifs

	Avant floraison	Floraison	Récolte	F	P
<i>R. similis</i> (%)	19,4 ± 106,62 b	59,2 ± 224,60 a	21,4 ± 116,89 b	11,05	0,000036
<i>P. coffeae</i> (%)	28,95 ± 186,30 b	53,43 ± 401,80 a	17,61 ± 280,38 b	5,32	0,005981

*Pour les analyses statistiques, les proportions de nématode ont été transformées en arc sin ($x/100$). Les moyennes sur une même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P \leq 0,05$) selon le test PPDS de Fischer. P: Seuil de probabilité, F: Valeur statistique de l'ANOVA 1.

3.2 DISTRIBUTION DES NÉMATODES LE LONG DU PROFIL RACINAIRE

Quelque soit le stade végétatif des bananiers, plus de 80 % des infestations racinaires des deux espèces de nématodes *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* ont été concentrées dans un rayon de 50 cm autour du pied fructifère; la seconde moitié des racines (de 0,5 à 1 m du pied fructifère) n'a abrité que des populations résiduelles, estimée autour de 19 %.

Tableau 2. Evolution du gradient d'infestation du profil racinaire

Périodes d'observation	Distance d'échantillonnage par rapport au pied fructifère (m)	% de nématodes / 100 g de racines fraîches	
		<i>R. similis</i>	<i>P. coffeae</i>
Avant floraison	[0 ; 0,5]	89,31 ± 23,57 a	90,40 ± 26,45 a
	]0,5 ; 1]	10,68 ± 31,23 b	9,59 ± 7,60 b
Floraison	[0 ; 0,5]	80,79 ± 9,44 a	85,65 ± 2,9 a
	]0,5 ; 1]	19,20 ± 7,78 b	14,34 ± 6,08 b
Récolte	[0 ; 0,5]	86,82 ± 3,94 a	93,03 ± 13,45 a
	]0,5 ; 1]	13,17 ± 1,2 b	6,96 ± 4,32 b

*Pour les analyses statistiques, le nombre de nématode a été transformé en arc sin (x). Les moyennes dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha = 0,05$ selon le test PPDS de Fischer.

3.3 EFFETS DES PRATIQUES CULTURALES SUR LES INFESTATIONS DE RADOPHOLUS SIMILIS ET PRATYLENCHUS COFFAE DANS LES RACINES DE PLANTAIN AU 2^{ème} ET 3^{ème} CYCLES

Les pratiques culturales réalisées au 2^{ème} et 3^{ème} cycles de culture ont variablement influencé les niveaux de populations des deux espèces de nématodes. La replantation annuelle de bananier plantain avec application d'endomycorhizes (CRE) a donné les plus faibles densités de nématodes *R. similis* et *P. coffeae* à tous les stades de développement végétatifs: avant floraison respectivement au second et troisième cycles (729 ± 3,02; 894 ± 1,2 nématodes /100 g de racines fraîches), à la floraison respectivement au second et troisième cycle (905 ± 1,80; 983 ± 29,43 nématodes /100 g de racines fraîches) et à la récolte respectivement au second et troisième cycles (751 ± 22,16; 523 ± 38,67 nématodes /100 g de racines fraîches), avec une population maximale, observée à la floraison sur les deux cycles. Quant aux infestations des bananiers plantains replantés sans application d'endomycorhizes (CRSE), au cours du second cycle respectivement avant floraison, à la floraison et à la récolte 2479 ± 4,10; 3577 ± 6,5 et 2106 ± 2,5 nématodes /100 g de racines fraîches et au troisième cycle de culture respectivement avant floraison, à la floraison et à la récolte 2610 ± 52,52; 3672 ± 5,74 et 2472 ± 4,91 nématodes /100 g de racines fraîches, elles étaient statistiquement comparables à celles des parcelles restées en culture continue respectivement aux trois stades végétatifs d'observations, avant floraison, à la floraison et à la récolte, avec application d'endomycorhizes (CCE), 2577 ± 1,90; 3246 ± 2,6 et 1926 ± 1,90 nématodes /100 g de racines fraîches, au 2^{ème} cycle et 2709 ± 410,34; 2228 ± 317,57 et 2071 ± 248,47 nématodes /100 g de racines fraîches, au 3^{ème} cycle. Les infestations résultant de ces deux traitements (CRE et CRSE), au 2^{ème} et 3^{ème} sont statistiquement inférieures à celles des parcelles en culture continue sans application d'endomycorhizes (CCSE) ($P < 0,05$; Tableau 3)

Tableau 3. Effet des pratiques culturales sur les infestations de nématodes au second et troisième cycle de culture de bananier plantain

Pratiques culturales	Populations de nématodes/100g de racines fraîches à trois stades végétatifs de développement des bananiers					
	Avant floraison		Floraison		Récolte	
	Saison 2	Saison 3	Saison 2	Saison 3	Saison 2	Saison 3
CCSE	8832 ± 5,35 a	10317 ± 787,99 a	10325 ± 46,58 a	13758 ± 637,26 a	3831 ± 6,50 a	7199 ± 146,91 a
CCE	2577 ± 1,90 b	2709 ± 410,34 ab	3246 ± 2,60 b	2228 ± 317,57 ab	1926 ± 1,90 b	2071 ± 248,47 ab
CRSE	2479 ± 4,10 b	2610 ± 52,52 ab	3577 ± 6,50 b	3672 ± 5,74 ab	2106 ± 2,50 b	2472 ± 4,91 ab
CRE	729 ± 3,02 c	983 ± 29,43 b	905 ± 1,20 c	995 ± 22,16 b	751 ± 1,80 c	823 ± 38,67 b

*Pour les analyses statistiques, le nombre de nématode a été transformé en $\log(x+1)$. Les moyennes dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P \leq 0,05$) selon le test PPDS de Fischer.

*CCSE: Culture continue non traitée; CCE: Culture continue traitée; CSE: Culture replantée non traitée; CRE: Culture replantée traitée.

3.4 INFLUENCE DES 2^{ÈME} ET 3^{ÈME} SAISONS DE CULTURE ET DE L'APPLICATION DES NÉMATOCIDES SUR L'INTERVALLE PLANTATION RÉCOLTE (IPR) DES BANANIER REPLANTÉS

Les bananiers replantés qui n'ont reçu aucun endomycorhize (CRSE) au 3^{ème} cycle de culture ont enregistré un intervalle plantation récolte (IPR) de $359 \pm 0,82$ jours. Les bananiers replantés traités (CRE) à la 3^{ème} saison de culture ont enregistré un IPR de $336 \pm 0,50$ jours. Les bananiers replantés non traités (CRSE) à la 2^{ème} saison de culture ont enregistré un IPR de $348 \pm 0,59$ jours et les bananiers replantés traités (CRE) à la 2^{ème} saison de culture ont enregistré un IPR de $332 \pm 0,69$ jours (**Tableau 4**).

Il résulte des ANOVA, une différence très hautement significative ($P < 0,00005$) entre les bananiers replantés au 2^{ème} et 3^{ème} cycle.

Tableau 4. Intervalle plantation récolte (IPR) des bananiers replantés aux 2^{ème} et 3^{ème} saison de culture

Saison de culture	Pratiques culturales	Intervalle Plantation Récolte (jours)
Saison 2	CRE	$332 \pm 0,69$ d
Saison 2	CRSE	$348 \pm 0,59$ b
Saison 3	CRE	$336 \pm 0,50$ c
Saison 3	CRSE	$359 \pm 0,82$ a
F		2344,6
P		0,00005

*Les moyennes dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P \leq 0,05$) selon le test LSD de Fischer.

*CRSE: Culture replantée non traitée; CRE: Culture replantée traitée.

P: Seuil de probabilité, F: Valeur statistique de l'ANOVA 1

3.5 EFFETS DES PRATIQUES CULTURALES SUR LE RENDEMENT

A la seconde saison de production, la replantation annuelle avec application d'endomycorhize (CRE) (36,25 t/ha) ou sans traitement d'endomycorhize (CRSE) (35,08 t/ha) améliore le rendement par rapport à la culture continue avec (30,75 t/ha) ou sans traitement d'endomycorhize (20,51 t/ha). Ces différences de rendements sont statistiquement significatives ($P < 0,05$; Tableau 5). Comparativement au rendement obtenu au cours de la première année de culture (35 t/ha), la replantation

annuelle avec et sans application de d'endomycorhize a permis de maintenir le niveau de productivité [+ 3,58 et + 0,08 % respectivement en culture replantée avec application d'endomycorhize (CRE) et en culture replantée sans application d'endomycorhize (CRSE)]. En culture continue en revanche, des baisses de rendements ont été enregistrées; des baisses de 12,14 % avec application (CCE) et 41,40 % sans application d'endomycorhize (CCSE). Au troisième cycle de culture, une baisse des rendements a été observée sur toutes les pratiques culturales. Une baisse de rendement de 0,40 % a été notée avec la culture replantée avec application d'endomycorhize (CRE), 13,54 % en culture replantée sans application d'endomycorhize (CRSE), 26,80 % en culture continue avec application d'endomycorhize (CCE) et de 63,46 % en culture continue sans application d'endomycorhize (CCSE) (Tableau 5). Les rendements sont tous statistiquement différents ($P < 0,05$). Concernant les rendements au 2^{ème} et 3^{ème} cycle, la culture continue non traitée (CCSE), la culture continue traitée (CCE), la culture replantée non traitée (CRSE) ont présenté une différence hautement significative ($P \leq 0,05$); contrairement à la culture replantée traitée où les rendements au, 2^{ème} et 3^{ème} cycle sont statistiquement comparables.

Tableau 5. Rendements de bananier plantain CORNE 1 au 2^{ème} et 3^{ème} saison de culture

Saison de production	Rendements des bananiers (t/ha) en fonction des pratiques culturales			
	CCSE	CCE	CRSE	CRE
Saison 2	20,51 ± 0,30 d ^a	30,75 ± 0,55 c ^a	35,03 ± 0,30 b ^a	36,25 ± 0,22 a ^a
Saison 3	12,79 ± 0,28 d ^b	25,62 ± 0,26 c ^b	30,26 ± 0,39 b ^b	34,86 ± 0,35 a ^a

*Les moyennes suivies d'une même lettre minuscule sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatives au seuil de probabilité 5 % (Test PPDS de Fisher).

**Les moyennes suivies d'une même lettre majuscule en exposant sur la même colonne ne sont pas statistiquement significatives au seuil de probabilité 5 % (Test PPDS de Fisher).

***CCSE: Culture continue non traitée; CCE: Culture continue traitée; CRSE: Culture replantée non traitée; CRE: Culture replantée traitée

4 DISCUSSION

4.1 EFFET DE LA DISPONIBILITÉ DES RACINES SUR LA DISTRIBUTION DES NÉMATODES

La dynamique des populations de nématodes endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* dans les racines a été observée marquée par un niveau maximum à la floraison suivi d'une baisse à la récolte pourrait être due à la disponibilité spatiale et temporelle des ressources que constituent les racines de bananiers pour les besoins trophiques des parasites [13]. En effet, le développement racinaire du bananier plantain est caractérisé de vagues successives d'émissions racinaires au cours de la saison de culture [14]. Les racines primaires sont produites en continu tout au long de la phase végétative et vont atteindre leurs croissances et émissions maximales à la floraison [15]. Au-delà de cette période, les émissions racinaires sont réduites. Au cours de cette phase d'émission racinaire réduite, couplée aux dégâts causés par les nématodes lors des périodes végétatives précédentes, l'environnement devient moins pourvu en ressources pour les parasites. Il va s'en suivre une baisse des populations de nématodes [16]. Ces résultats corroborent ceux de Sundararaju [17] qui a montré que les populations de nématodes sur certains cultivars de bananiers fluctuaient en fonction des stades de développement végétatif de la plante hôte et des saisons climatiques. Les observations sur le développement du système racinaire du bananier ont, en outre, mis en évidence que la distribution des racines est maximale sur un rayon de 60 centimètres autour du pied fructifère. Cette répartition spatiale des racines justifie la concentration (plus de 80 %) des populations de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* dans les 50 premiers centimètres autour du pied mère. Ces résultats sont en concordance avec ceux d'Araya et al [18], qui ont également mis en évidence que *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* sont présents essentiellement dans un rayon de 30 centimètres autour du rhizome du bananier. Dans le cadre de la cohabitation des deux endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*, l'on pouvait envisager une distribution préférentielle desdits parasites le long du profil racinaire. Cependant, les résultats ici rapportés montrent, une concentration des deux espèces endoparasites dans les 50 premiers centimètres de racines autour du pied fructifère. Cela pourrait être probablement dû à l'état physiologique des cellules de la partie proximale des racines qui répondraient mieux aux besoins trophiques des nématodes et à l'architecture agrégée des racines de bananier autour du rhizome. Quant à la différence de densité des populations de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*, elle pourrait s'expliquer par leurs capacités différentielles de reproduction *Pratylenchus coffeae* avec un cycle biologique de 21 jours, comparé à celui de *Radopholus similis* de 28 jours à 28 °C, serait plus prolifique que *Radopholus similis* qui a un cycle de 28 jours [19].

4.2 EFFETS DE LA REPLANTATION ANNUELLE DES BANANIER PLANTAINS SUR LES POPULATIONS DE NÉMATODES ET LE RENDEMENT DES BANANIER

Les faibles niveaux d'infestation de nématodes observés sous les bananeraies de plantain en replantation annuelle sont basés sur le principe de l'interruption du cycle de développement des nématodes parasites à la fin d'une saison de culture. Outre cette interruption, la replantation des vivopants ou de rejets préalablement parés et pralinés, contribuent en partie à une réduction supplémentaire de l'inoculum de nématodes [20]. De surcroît, la concentration des populations de nématodes endoparasites dans un rayon de 50 cm autour des pieds fructifères offre la possibilité de replanter en dehors de cette zone de pullulation. La replantation annuelle de la culture du bananier correspond à un "vide trophique" pour lutter contre les nématodes des cultures. Ainsi, la nouvelle culture se développe dans un environnement relativement assaini. Les faibles infestations de nématodes enregistrées sur les cultures replantées annuellement, et leur corrélation avec les meilleurs rendements, traduisent l'efficacité de cette stratégie de gestion culturale des deux espèces de nématodes les plus nuisibles en culture de bananier plantain.

5 CONCLUSION

La gestion des incidences des nématodes endoparasites migrants se fait généralement par la lutte par avertissement, mais elle demeure très onéreuse et pose des problèmes environnementaux et de santé humaine et animale. D'autres alternatives ont été recherchées; la technique de replantation annuelle des bananiers avec des endomycorhizes. Cette méthode de gestion culturale montre une meilleure compréhension de la distribution spatiale des nématodes. *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* sont en effet très abondants (plus de 80 %) dans les 50 premiers centimètres autour du pied fructifère; ce qui exacerbe leur incidence dans le cas de la production pluriannuelle de la banane. Les présents travaux ont montré l'efficacité de la replantation annuelle de bananier au-delà de 50 cm du précédent pied fructifère. En somme, cette technique culturale novatrice basée sur la replantation annuelle des bananiers plantain est triplement avantageux. Elle est économiquement rentable comparée à la culture pluriannuelle; écologiquement intéressante car elle n'est pas inféodée à l'usage des nématicides et elle permet surtout de sédentariser les parcelles de bananier.

REFERENCES

- [1] Anonyme, 2014. Bulletin d'informations du PPAO/WAAPP N°20, Avril 2015, 13 p.
- [2] Araya M., Vargas A., Cheves A., 1999. Nematode distribution in roots of banana (Musa AAA cv. Valery) in relation to plant height, distance from the pseudostem and soil depth. *Nematology*, 1: 711-716.
- [3] Blake C. D., 1966. The histopathological changes in banana roots caused by *R. similis* and *H. multicinctus*. *Nematologica*, 12: 129-137.
- [4] Dzomeku B., Banful B., Akoma A., Yeboah D., Darkey S., 2000. Évaluation multilocale d'hybrides de FHIA au Ghana. *InfoMusa*, 9 (1): 20-22.
- [5] Gnonhouiri P., Adiko A., 2008. Distribution géographique de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*. Risque potentiel sur la pérennisation des plantations de bananiers dessert en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (2): 213- 220.
- [6] Gowen S. R., Quénéhervé P., Fogain R., 2005. Nematode Parasites of Bananas and Plantains. In: Luc M., Sikora, R., A., Bridge, J., (Eds.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, Pp. 611-643.
- [7] Kouassi S., 2007. La banane plantain en Côte d'Ivoire: Choix et Distribution des hybrides aux paysans pilotes. Rapport final du projet FIS/CORAF: « Amélioration durable de la filière Plantain en Afrique de l'Ouest, 75p.
- [8] Lassoudière A., 2009. Le bananier et sa culture. Connaissance de la plante. Interaction avec le milieu écologique. Ed Quae, Versailles, France, 376 p.
- [9] Lavigne C., 1987. Contribution à l'étude du système racinaire du bananier. Mise au point du rhizotron et premiers résultats. *Fruits*, 42: 264-271.
- [10] N'da A. A., 1993. La culture du bananier plantain au Cameroun et en Côte d'Ivoire. *Fruit*, 4 (2) 125-132.
- [11] Pudasaini M. P., Schomaker C. H., Been T. H., Moens M., 2006. Vertical distribution of the plant- parasitic nematode, *Pratylenchus penetrans*, under four field crops. *Phytopathology*, 96: 226-233.
- [12] Quénéhervé P., 1990. Spatial arrangement of nematodes around the banana plant in the Ivory Coast: related comments on the interaction among concomitant phytophagous nematodes. *Acta Oecologica*, 11: 775-786.
- [13] Sarah J. L., 1989. Bananas nematodes and their control in Africa. *Nematropica*, 19 (2): 199-216.
- [14] Sarah J. L., 2000. In: *Diseases of banana, abaca and ensete*. C.A.B International, Wallingford, Pp 295-303.

- [15] Siddiqi M. R., 2000. Tylenchida: parasites of plants and insects. CABI, Wallingford, UK, 833 p.
- [16] Sundararaju P., 2002. Variations saisonnières de *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* chez certains cultivars de bananier. *InfoMusa*, 11 (1) 16-18.
- [17] Tabarant P., 2013. Effets d'apport de matières organiques sur le contrôle biologique des nématodes parasites du bananier en Guadeloupe. Thèse de Doctorat Paris Technique. Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, 176p.
- [18] Thiemele D. E. F., Issali A. E., Traore S., Kouassi K. M., Aby N., Gnonhouri G. P., Kobenan K., Yao N. T., Adiko A., Zakra N. A., 2015. Macropropagation of plantain (*Musa spp*) cultivars PITA 3, FHIA 21, ORISHELE and CORNE 1: effect of benzylaminopurine (BAP) concentration. *Journal Plant Development*, 22: 31-39.
- [19] Traoré S., Kobenan K., Kouassi S., Gnonhouri G. P., 2009. Systèmes de culture du bananier plantain et méthodes de lutte contre les parasites et ravageurs en milieu paysan en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 19: 1094 - 1101.
- [20] Vawa O. S. T., Gnonhouri G. P., Adiko A., Zakra N., Otchoumou A., 2015. La replantation annuelle des bananiers plantains: Une stratégie de gestion des nématodes endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 92: 8659 – 866.

Spigelian hernia: Concerning a particular case

Abdelkrim Laalou¹, Anwar Rahali¹, Mohammed Elfahssi¹, Mbarek Yaka¹, Abderrahman Elhjouji¹, Aziz Zentar², and Abdelmounaim Ait Ali¹

¹Department of Visceral Surgery II, Mohammed V Military Teaching Hospital, Rabat, Morocco

²Visceral Surgery Center, Proctology, Obstetric-gynecology, Sterilization, Mohammed V Military Teaching Hospital, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Spigelian hernia is rare. It accounts for less than 0.1% of all abdominal wall hernias. It is often diagnosed at the complication stage. We report a case of a 52-year-old female patient with a clinical and morphological examination in favor of a spigelian hernia. Per-operative discovery showed a hernial sac with intestinal contents. She underwent a cure of hernia by the placement of polypropylene mesh in the abdominal wall at the weak spot.

KEYWORDS: Spigelian hernia, Ultrasonography, Surgery, Polypropylene mesh, Case report.

1 INTRODUCTION

Spigelian hernias are rare; they represent 1 to 2% of all abdominal wall hernias. This hernia is generally localized in the semilunar line in para and subumbilical [1]. Its cure is recommended given the high risk of strangulation of up to 30% [2]. The aim of our work is to highlight the interest of clinical and radiological diagnosis, as well as surgical management based on a case report and literature review.

2 CASE REPORT

Patient, 52 years old female, obese, multiparous with hypertension placed under treatment, with a current 4 years history of incipient swelling in left flank, gradually increasing in size, without transit disorder or deterioration of her general condition. On physical examination, patient was in good condition with a mass measuring 10 cm in diameter, tender, soft, painless and reducible, located on the left flank; without local inflammatory signs. Ultrasonography was in favor of spigelian hernia with digestive content. The patient was admitted to the operation block with per operative discovery of spigelian hernia which contains sigmoid colon. She underwent a cure for hernia by the placement of a retromuscular polypropylene mesh after an organ reduction. The postoperative surveillance was without anomalies. Six months after the surgery, the patient presented no signs of recurrence.

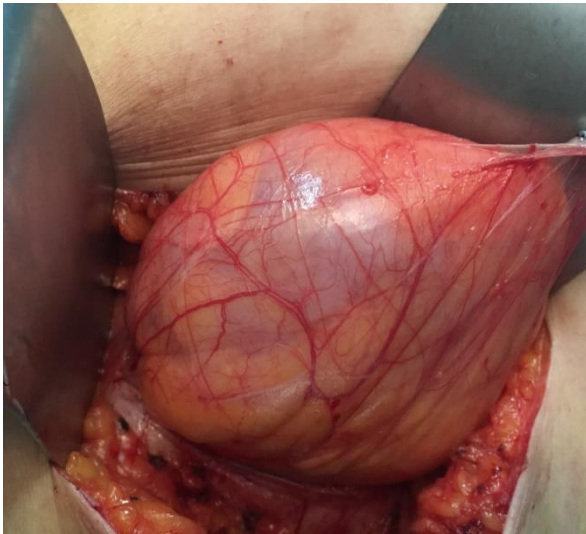


Fig. 1. Intraoperative image showing hernial sac with digestive content

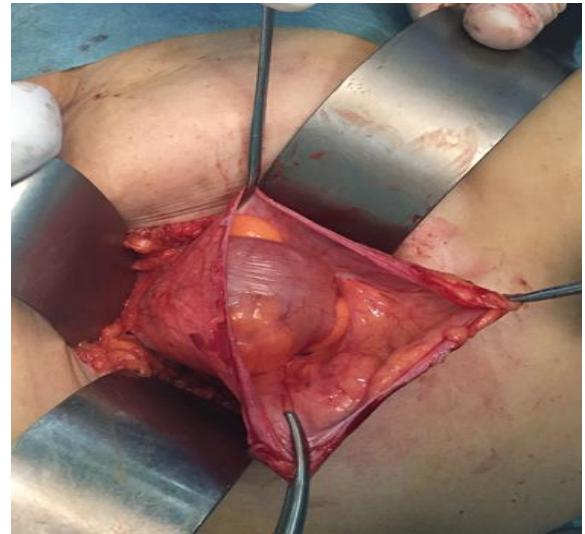


Fig. 2. Intraoperative image of hernial sac opening and sigmoid colon



Fig. 3. Intraoperative image showing the placement of polypropylene mesh at the weak spot

3 DISCUSSION

Spigelian hernia is one of the eponymous hernias which are little known by young doctors. It was first described by Adriaan van der Spiegel in 1645 [1]. It corresponds to the protrusion of a peritoneal sac through an anatomical acquired or congenital orifice of the spiegel line; this particular site represents a diagnostic challenge [2]. It usually occurs after the age of 40 and affects both women and men. spigelian hernia is favored by undernutrition, obesity, pregnancy, parietal infection or ischemia, as well as chronic abdominal hyperpressure which occurs during coughing, vomiting and meteorism. Our patient was obese, multiparous with no other associated risk factor [3].

The clinical diagnosis of spigelian hernia is often difficult due to obesity, it can be confused with a lipoma or an intra-abdominal tumor [4]. Hernia complicated by strangulation manifests as acute bowel obstruction. It represents more than half of the circumstances of discovery [5].

CT scan and ultrasonography are useful for diagnosis, with a sensitivity of 100% [1-6]. CT allows to see the muscle dehiscence and the contents of the hernial sac which can be omentum, small intestine, cecum, appendix or sigmoid as in our case [3-7]. Some atypical contents are described such as stomach, gallbladder, Meckel's diverticulum, uterine myoma or endometriosis nodule [8].

The risk of digestive necrosis justifies the surgical treatment once the diagnosis is confirmed [9]. The cure by the placement of polypropylene mesh in the abdominal wall at the weak spot by direct surgical approach is the most used and easiest therapeutic option as the case of our patient [5-10]. The laparoscopic approach is useful both for the diagnosis and the treatment of this type of hernia. This minimally invasive technique is simple and low risky with rapid postoperative recovery [10].

4 CONCLUSION

Spigelian hernia is a rare location of abdominal defect, the clinical diagnosis is often difficult, but ultrasonography and CT scan are primordial for the diagnosis confirmation. The risk of Intestinal obstruction requires surgical treatment once the diagnosis is confirmed.

AUTHORS CONTRIBUTIONS

All the authors have read and agreed to the final manuscript.

GUARANTOR OF SUBMISSION

The corresponding author is the guarantor of submission.

SOURCE OF SUPPORT

None.

CONSENT STATEMENT

Written informed consent was obtained from the patient for publication of this article.

COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interests.

DATA AVAILABILITY

All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

REFERENCES

- [1] Light D, Chattopadhyay D, Bawa S. Radiological and clinical examination in the diagnosis of Spigelian hernias. *Ann R Coll Surg Engl*. 2013; 95 (2): 98-100.
- [2] Majdoub Hassani KI, Zahid F, Anoune H, Toughrai I, Laalim SA, Mazaz K. Hernie de Spiegel: à propos d'un cas. *Pan Afr Med J*. 2010; 4: 5.
- [3] Akpo G, Deme H, Badji N, Niang F, Toure M, Niang I, Diouf M, Niang EH. Diagnostic tomodensitométrie d'une hernie de Spiegel étranglée: à propos d'une observation. *The Pan African Medical Journal*. 2016; 25.
- [4] SLAIKI Saad, HAMDANE Amine, EL BOUHADDOUTI Hicham, et al. Spigelian hernia case report and review of literature. *International Surgery Journal*, 2020, vol7, no 3, p. 880-882.
- [5] Tran H, Tran K, Zajkowska M, Lam V, Hawthorne WJ. Single-incision laparoscopic repair of Spigelian hernia. *JSLs*. 2015 Jan-Mar; 19 (1): e2015.001644. doi: 10.4293/JSLs.2015.001644. PMID: 25722629; PMCID: PMC4325554.
- [6] Henriksen NA, Kaufmann R, Simons MP, Berrevoet F, East B, Fischer J, Hope W, Klassen D, Lorenz R, Renard Y, Garcia Urena MA, Montgomery A; on behalf of the European Hernia Society and the Americas Hernia Society. EHS and AHS guidelines for treatment of primary ventral hernias in rare locations or special circumstances. *BJS Open*. 2020 Apr; 4 (2): 342-353. doi: 10.1002/bjs5.50252. Epub 2020 Jan 9. PMID: 32207571; PMCID: PMC7093793.
- [7] Picasso R, Pistoia F, Zaottini F, Airaldi S, Perez MM, Pansecchi M, Tovt L, Sanguinetti S, Möller I, Bruns A, Martinoli C. High-resolution ultrasound of spigelian and groin hernias: a closer look at fascial architecture and aponeurotic passageways. *J Ultrason*. 2021; 21 (84): 53-62. doi: 10.15557/JoU.2021.0008. Epub 2021 Mar 8. PMID: 33791116; PMCID: PMC8008201.
- [8] Moris D, Michalinos A, Vernadakis S. Endometriosis in a spigelian hernia sac: an unexpected finding. *Int Surg*. 2015 Jan; 100 (1): 109-11. doi: 10.9738/INTSURG-D-13-00245.1. PMID: 25594648; PMCID: PMC4301273.
- [9] Ye Z, Wang MJ, Bai LF, Zhuang HX, Zhuang W. Spigelian hernia in the right upper abdominal wall: a case report. *BMC Surg*. 2018 Nov 27; 18 (1): 109. doi: 10.1186/s12893-018-0449-5. PMID: 30482184; PMCID: PMC6260715.
- [10] Halyk L, Pillay Y. Laparoscopic herniorrhaphy of bilateral inguinal herniae and an incidental Spigelian hernia with intra corporeal suturing of the Spigelian hernia neck: A case report. *Int J Surg Case Rep*. 2018; 49: 58-63. doi: 10.1016/j.ijscr.2018.06.026. Epub 2018 Jun 28. PMID: 29966949; PMCID: PMC6039962.

Analyse de l'argilosité d'un réservoir pétrolier par approche géostatistique: Cas du Cénomanien du champ Makelekese (Onshore de la RD Congo)

[Analysis of the argilosity of an oil reservoir by geostatistical approach: Case of the Cenomanian of the Makelekese field (Onshore of the RD Congo)]

Shams Mbudi Diambu^{1,2}, Emmanuel Balu Phoba^{1,2}, David Ndumbi Katende^{1,4}, Raïs Seki Lenzo^{1,2}, Gautier Kumbu Ngoma¹, Yanick Mananga Thamba^{1,2}, Constant Kunambu Mbolikidolani¹, Clement N'zau Umba-di-Mbudi³

¹Département d'Exploration et Production, Faculté de Pétrole, Gaz et Energies Nouvelles, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

²Département de Géophysique Interne, Centre de Recherche en Géophysique (CRG), Kinshasa, RD Congo

³Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

⁴Centre Interdisciplinaire pour le Développement et l'Éducation Permanente (CIDEP), Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: Optimal and sustainable oil extraction is made possible by an excellent understanding of the reservoir in which it is trapped. The Cenomanian reservoir of the Makelekese field is subdivided into eleven distinct sequences (ranging from A to K) consisting essentially of carbonates (calcite and dolomite), silts and clays (smectite, illite, kaolinite, chlorite, mica). This lithological heterogeneity, characterized by significant clayey, is the basis of the degradation of the permeability of the reservoir and influences the flow of fluids, and therefore the productivity of the wells. An oil reservoir is an invisible and complex physical system that we want to know as well as possible from the information obtained by geologists and geophysicists. Some data provide direct knowledge of the subsoil, localized to areas where drilling has been carried out, for example lithological parameters taken from logs. In addition, given the unsuitability of the Cenomanian reservoir (due to its high argillosity), a study of the three-dimensional distribution of the clay facies with quantification of the estimation uncertainties by geostatistical methods allowed us to subdivide the Cenomanian reservoir into four zones, including the most clayey would be located in the southwest of the reservoir, with a clay content exceeding 57.4206% and the least clayey in the southeast, with a clay content below 41.867%. The approach used in the context of this study therefore showed the influence of clays on the daily production (in barrels) of four wells in the Makelekese field and made it possible to identify the target areas for a planned intervention technique such as Hydraulic fracturing.

KEYWORDS: Reservoir, argilosity, geostatistics, Kriging, simulation, variance.

RESUME: L'extraction optimale et durable du pétrole est rendue possible grâce à une excellente compréhension du réservoir dans lequel celui-ci se trouve piégé. Le réservoir Cénomanien du champ Makelekese est subdivisé en onze séquences distinctes (allant de A à K) constituées essentiellement des carbonates (calcite et dolomite), silts et argiles (smectite, illite, kaolinite, chlorite, mica). Cette hétérogénéité lithologique, caractérisée par une argilosité importante, est à la base de la dégradation de la perméabilité du réservoir et influe sur l'écoulement des fluides, donc sur la productivité des puits. Un réservoir pétrolier est un système physique invisible et complexe que l'on souhaite connaître au mieux à partir des informations obtenues par les géologues et les géophysiciens. Certaines données fournissent une connaissance directe du sous-sol, localisée aux zones où des forages ont été effectués, c'est le cas par exemple des paramètres lithologiques tirés des diagraphies. De plus, vu le

caractère impropre du réservoir cénomanien (suite à son argilosité élevée), une étude de la distribution tridimensionnelle du faciès argileux avec quantification des incertitudes d'estimation par des méthodes géostatistiques nous a permis de subdiviser le réservoir Cénomani en quatre zones dont la plus argileuse se situerait au Sud-Ouest du réservoir, avec un taux d'argile dépassant 57,4206 % et la moins argileuse au Sud-Est, avec un taux d'argile inférieur à 41,867 %. L'approche utilisée dans le cadre de cette étude a donc montré l'influence des argiles sur la production journalière (en baril) de quatre puits du champ Makelekese et a permis de déceler les zones cibles pour une technique d'intervention envisagée telle que la fracturation hydraulique.

MOTS-CLEFS: Réservoir, argilosité, géostatistique, Krigeage, simulation, variance.

1 INTRODUCTION

Une fois un gisement pétrolier découvert et développé, il est impérieux de résoudre les problèmes liés à la production de ses réserves, lesquels dépendent des caractéristiques lithologiques du gisement. L'un des paramètres importants pour un producteur d'hydrocarbures est la perméabilité du réservoir. Elle est une caractéristique d'une grande importance, étant donné qu'elle exprime l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide (gaz, huile ou eau) à travers ses espaces poreux. Toutefois, l'ordre de grandeur de ce paramètre n'a jamais été le même sur l'échelle d'un réservoir à cause de l'influence des certains éléments tel que l'argilosité.

Les argilites sont des roches radioactives les plus courantes (si l'on ignore les sels de potassium), le rayonnement provenant principalement de la fraction argileuse (Serra O., 1984[1]). Pour une approximation raisonnable, nous pouvons considérer que le niveau de Gamma Ray (GR) est lié à l'argilosité par:

$$V_{sh} = \frac{(GR_{lue} - GR_{min})}{(GR_{max} - GR_{min})}$$

Avec GR_{lue} : Valeur de Gamma Ray du banc considéré lue sur le log ; GR_{min} : Valeur de Gamma Ray minimale du banc considéré ; GR_{max} : Valeur de Gamma Ray maximale du banc considéré.

L'argilosité d'un réservoir peut donc être déterminée à l'aide des réponses diagraphiques de la courbe de rayon-gamma (Asma G., 2012[2]). Elle peut être également déterminée à l'aide des réponses de la courbe du Potentiel Spontané (PS ou SP), en utilisant la relation ci-après (Chapellier D., 2010[3]):

$$V_{sh} = \frac{(PSS - PS_x)}{(PSS)}$$

Avec **PSS**: Valeur maximale de la déflexion PS dans l'intervalle considéré, valeur jusqu'à la ligne de base des sables; **PS_x**: Valeur de la déflexion PS à la profondeur choisie.

Dans ce présent travail, nous allons étudier la pertinence des méthodes géostatistiques telles que le Krigeage et les simulations stochastiques afin d'obtenir une image tridimensionnelle de la distribution spatiale de l'argilosité au sein du réservoir Cénomani du champ Makelekese, avec prédiction de la variance d'estimation et subdiviser ce dernier en zones à faible, moyenne et forte argilosité.

2 ZONE D'ETUDE, MATERIELS ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Le champ Makelekese (fig. 1) est l'un de sept champs pétroliers exploités en Onshore du bassin côtier de la R.D. Congo par la société Perenco-Rep. Il se situe entre 12°22'13" Est -5°53'12" Sud et 12°25'16" Est -5°55'35" Sud.

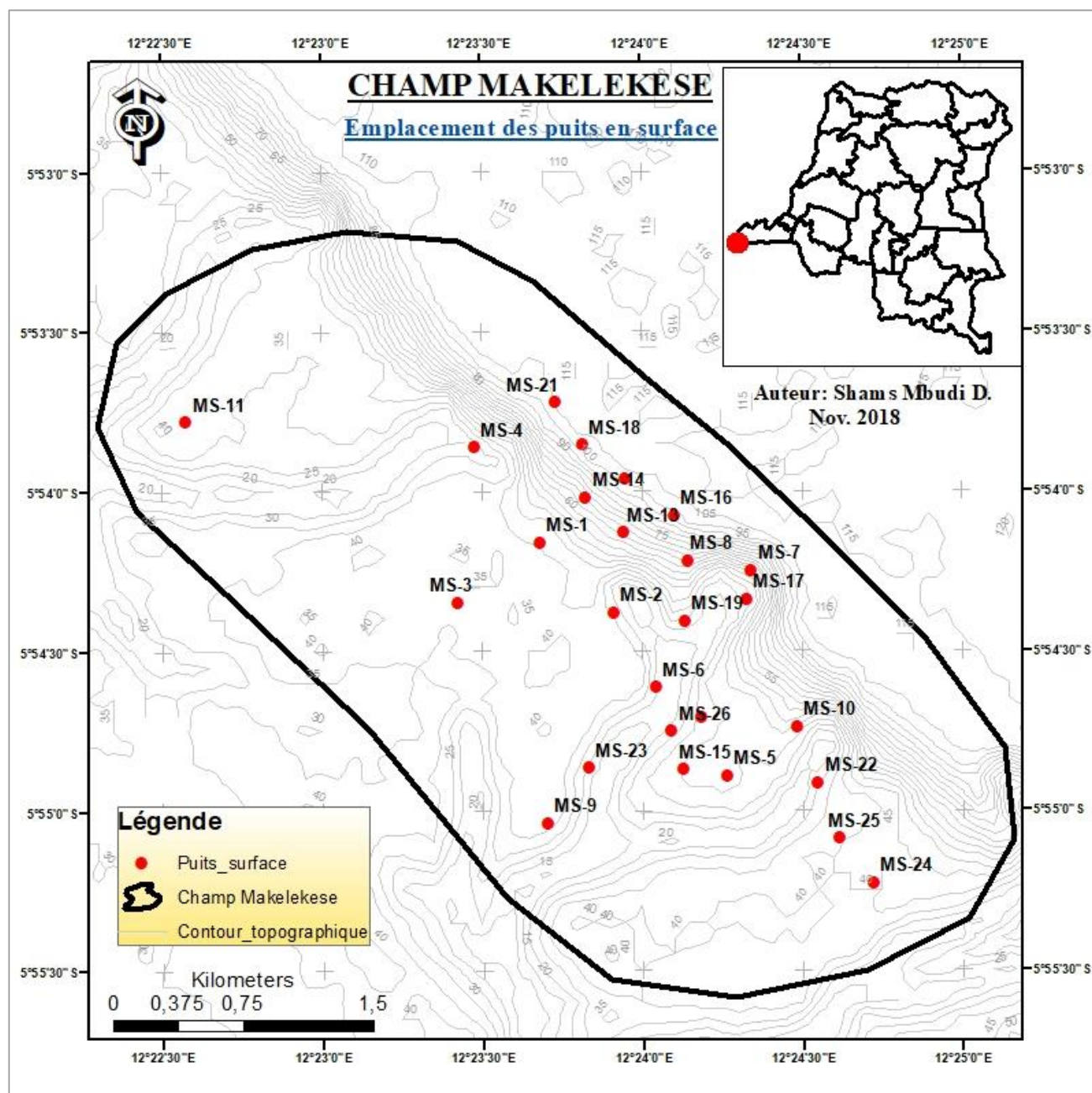


Fig. 1. Localisation du champ Makelekese

Le champ Makelekese est un petit champ à lithologie complexe, il est à multi réservoirs:

- Le réservoir Turonien ;
- Le réservoir Cénomanién.

Dans le cadre de ce travail, nous allons nous focaliser sur le réservoir Cénomanién (fig. 2), lequel est subdivisé en onze séquences distinctes (allant de A à K), composées des carbonates, silts et argiles, avec un Net to Gross de 50%, une porosité moyenne de 15%, une saturation en eau de 65% et dont l'épaisseur du réservoir à huile est en moyenne de 100 m (Perenco-Rep, 2009).

AGE		FORMATION	OIL & GAS RESERVOIRS AND SOURCE
TERTIARY	MIOCENE OLIGOCENE	MALEMBO	
	EOCENE PALEOCENE	D.W.S	
UPPER CRETACEOUS	SENONIAN	IABE TERTIAIRY (LANDANA)	
	TURONIAN	IABE CRETACEOUS	(Immature)
	CENOMANIAN	(LIAWENDA) (KINKASI)	
	ALBIAN	PINDA VERMELHA	
LOWER CRETACEOUS	APTIAN	MAVUMA	
		LOEME	
		CHELA	
	BARREMIAN TO NEOCOMIAN	TCHIBOTA (TOCA) BUCOMAZI (LK-5)	(Mature)
POORLY DATED		LUCULA	
		BASEMENT ZENZE	

Fig. 2. Localisation du réservoir Cénomaniien (Gaffney, Cline & Associés, 1988[4])

2.2 MATERIELS ET METHODES

2.2.1 MATERIELS

Pour réaliser ce travail, nous avons utilisé une panoplie de logiciels tels que ArcGIS 10.2 (pour cartographier les puits du champ Makelekese en surface et au toit de la couche K du réservoir Cénomaniien) et SGeMS (pour modéliser en 3D l'argilosité du réservoir Cénomaniien et prédire la variance d'estimation).

2.2.2 METHODES

Pour atteindre les objectifs assignés à ce travail, nous avons procédé comme suit :

- Collecte des données : les données à la base de la réalisation de ce travail sont issues des travaux de complétion réalisés par la société Perenco-Rep au cours de la période allant de 2007 à 2010 dans le champ Makelekese. Il s'agit des coordonnées géographiques des puits tant à la surface du champ qu'au toit du réservoir cénomaniien ainsi que des logs composites, parmi lesquels nous nous sommes intéressés aux diagraphies Gamma Ray (GR) tel qu'illustré par la figure 3 ;

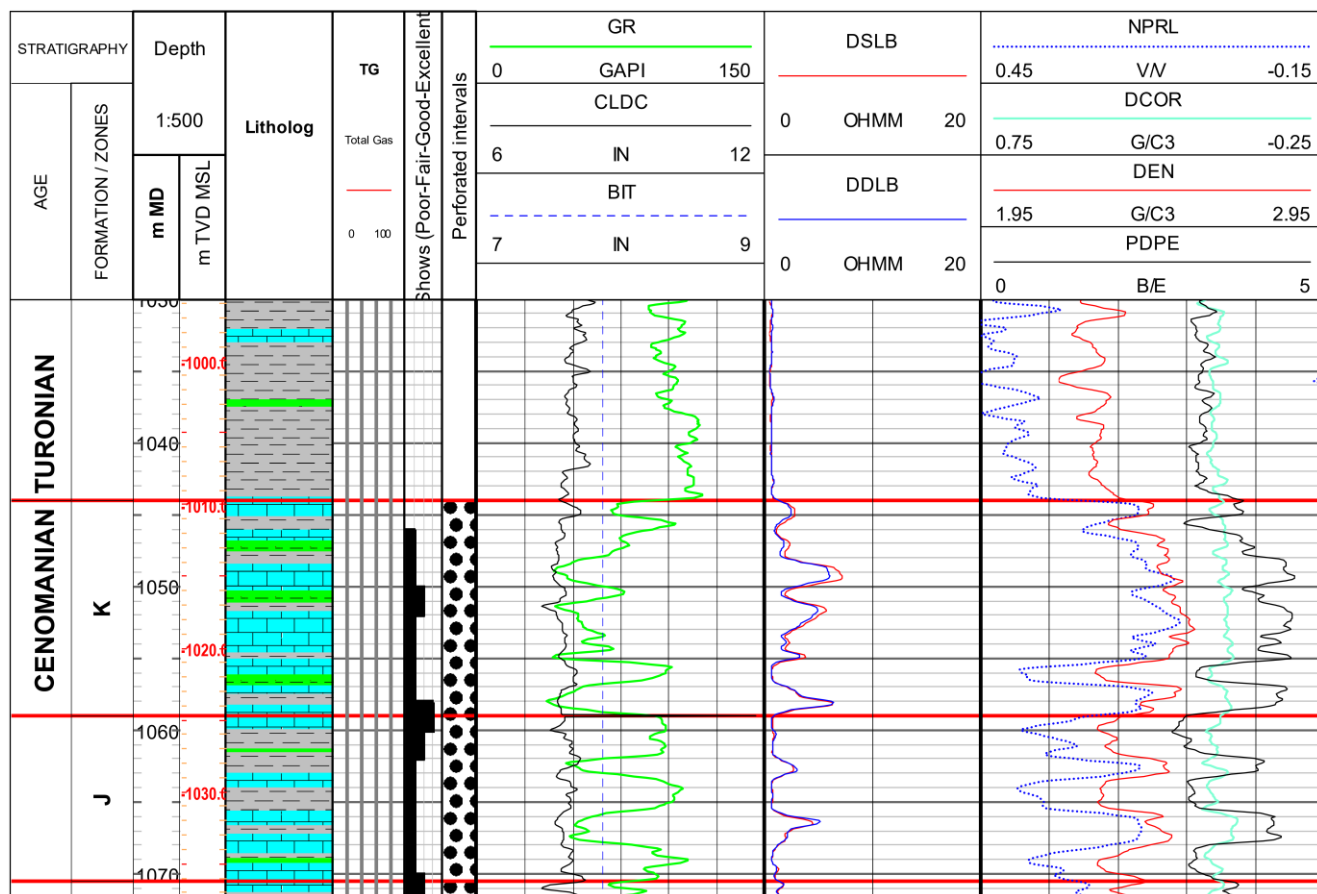


Fig. 3. Illustration d'un log composite du puits MS-26 du champ Makelekese (Perenco-Rep, 2009)

- Traitement, résultats et discussions : cette étape a consisté à cartographier les puits du champ Makelekese en surface et au toit du réservoir cénomanién, à faire le Krigeage Ordinaire (avec variance d'estimation) des pourcentages d'argiles issus des interprétations de logs diagraphiques Gamma Ray ainsi que la Simulation Séquentielle Gaussienne (en deux réalisations) et enfin à zoner le réservoir Cénomanién sur base des quartiles (Q1, Q2 et Q3), tout en discutant sur les résultats trouvés. La figure 4 ci-dessus résume la méthodologie utilisée dans ce travail:

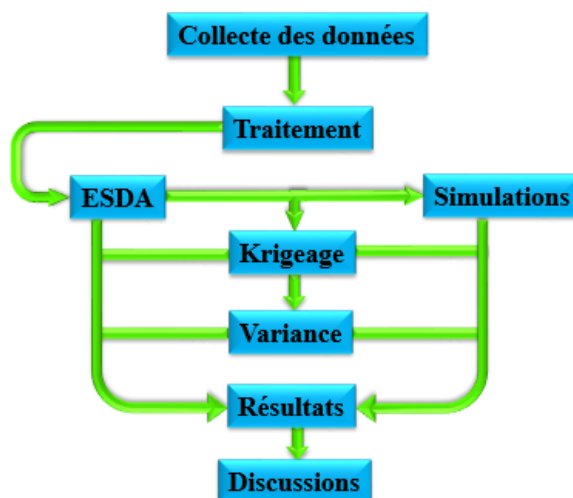


Fig. 4. Méthodologie utilisée

3 TRAITEMENT

3.1 ANALYSE EXPLORATOIRE SPATIALE DES DONNEES (ESDA: EXPLORATORY SPATIAL DATA ANALYSIS)

Avant d'utiliser les techniques d'interpolation, il est indispensable de commencer par faire l'ESDA afin d'avoir de la perspicacité dans nos données, de détecter les valeurs atypiques et de choisir la méthode et les paramètres appropriés pour la modélisation.

3.1.1 HISTOGRAMME

L'analyse de l'histogramme des argiles (fig. 5) au sein du réservoir Cénomanien a montré qu'il peut être assimilé à une distribution normale (loi de Gauss) compte tenu de son allure presque symétrique (coefficient d'asymétrie égal à 0,10861). Par ailleurs, la moyenne (42,9672 %) étant tout de même légèrement supérieure à la médiane (41 %), cela traduit une légère asymétrie positive.

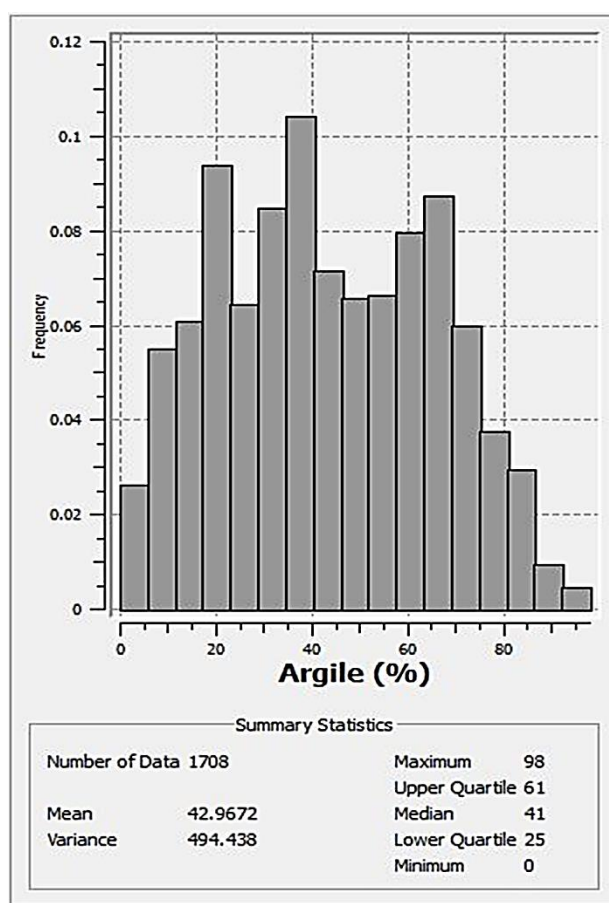


Fig. 5. Histogram of the distribution of clays in the reservoir

3.1.2 ADJUSTEMENT DU SEMIVARIOGRAMME EXPÉRIMENTAL

Un semivariogramme expérimental est un graphique montrant comment la moitié des différences au carré entre des paires des observations, varie en fonction de la distance qui les sépare (Salah B., 2014[5]). C'est l'outil fondamental pour analyser et modéliser la structure spatiale d'une variable régionalisée.

Le semivariogramme expérimental est exprimé par:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{N(h)} [F(x_i) - F(x_j)]^2$$

$N(h)$: nombre de couples de points de mesure distants de h

$F(x_i)$: concentration au point de mesure x_i

Suivant 2 directions perpendiculaires orientées dans le champ, ayant pour azimuts : N40° et N130°, nous avons ajusté deux semivariogrammes (fig. 6 et 7) de modèle exponentiel présentant chacun un effet pépité pouvant être justifié soit par la présence des microstructures non identifiable (dû au manque de données) ou suite aux erreurs de localisation, de mesure ou d'analyse (Marcotte D., 2006[6]), avec anisotropie géométrique car :

- Portée (40°) = 850, Palier (40°) = 170, Effet pépité (40°) = 370 et
- Portée (130°) = 1500, Palier (130°) = 80, Effet pépité (130°) = 435.

Géométriquement, les deux portées décrivent donc une ellipse.

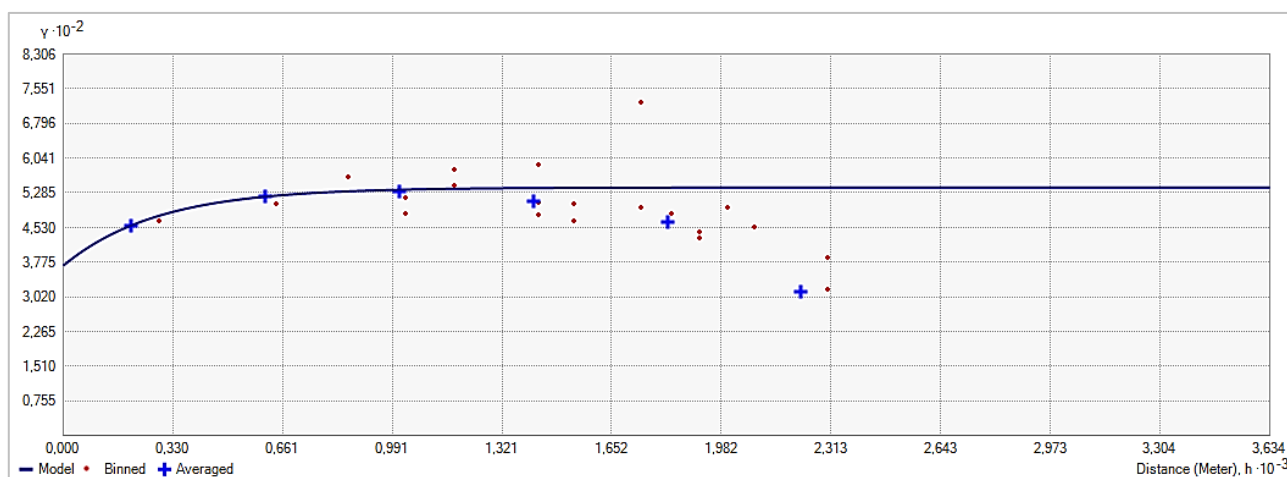


Fig. 6. Semivariogramme d'azimut N40°, modèle exponentiel avec effet pépité

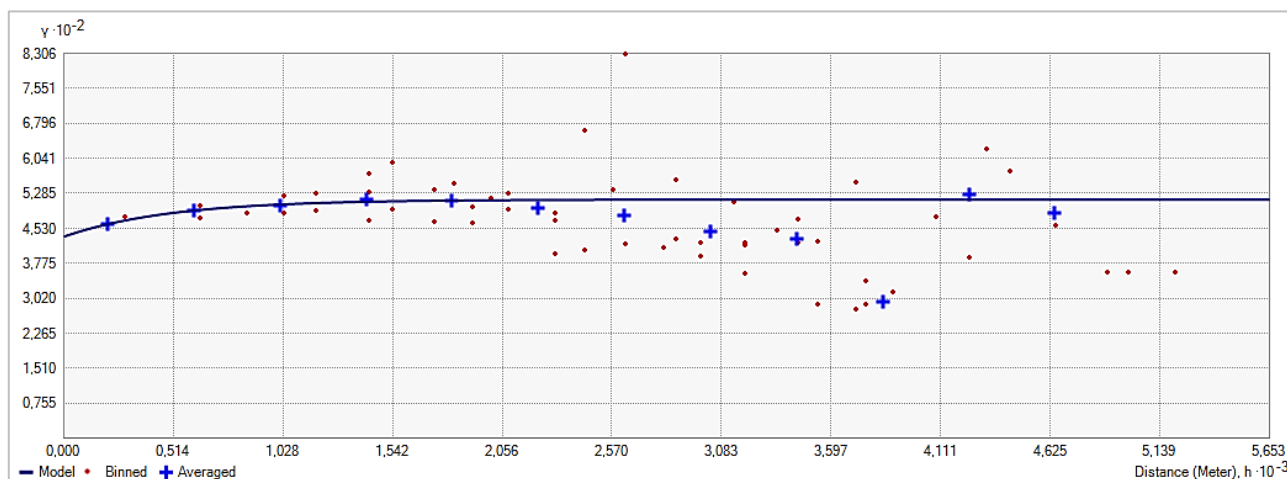


Fig. 7. Semivariogramme d'azimut N130°, modèle exponentiel avec effet pépité

3.2 KRIGEAGE

Etant donné que les coordonnées des puits à la surface d'un champ peuvent changer au toit ou dans le réservoir (puits dévié), c'est le cas par exemple du puits MS-19, avant de faire l'interpolation, nous présentons avant tout la carte de l'emplacement des puits au toit de la couche K du réservoir Cénomanien (fig. 8):

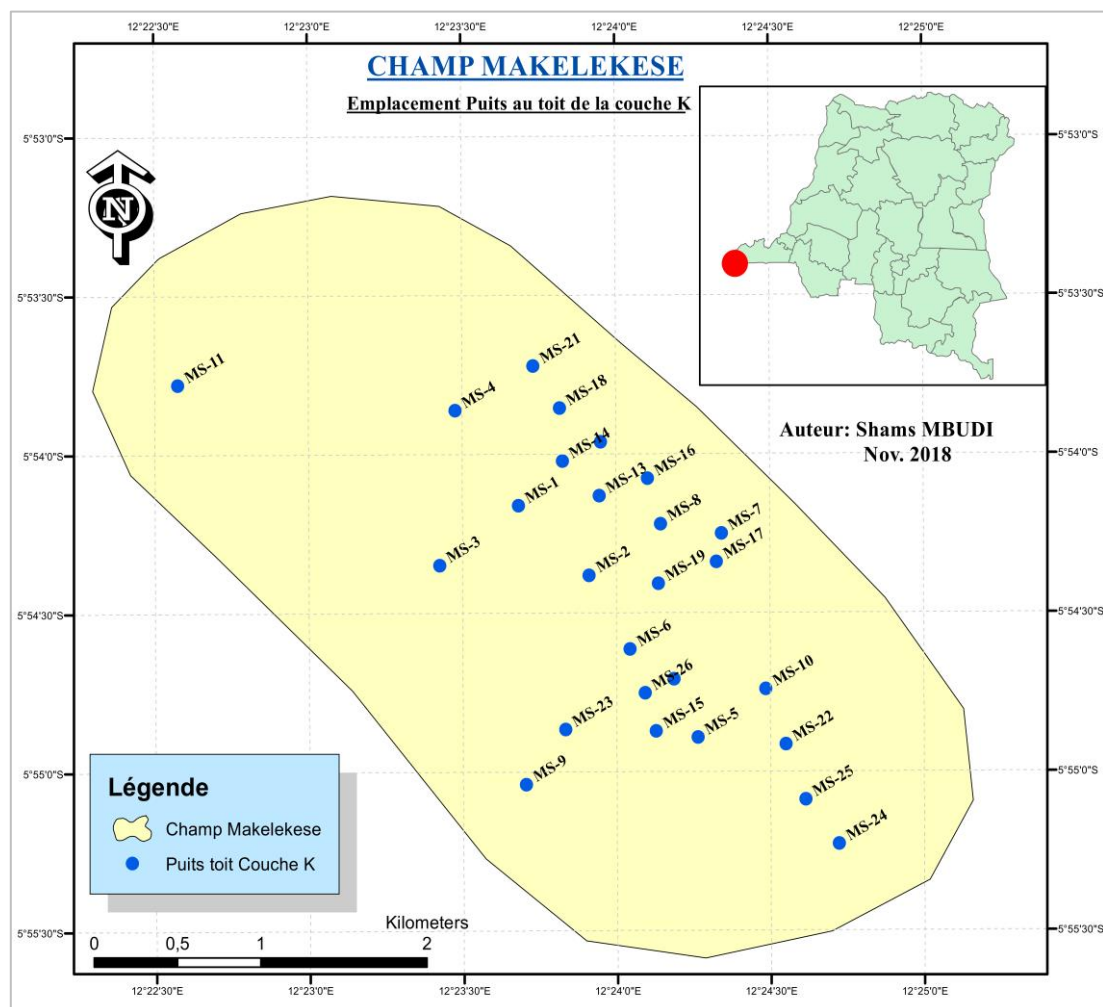


Fig. 8. *Emplacement des puits au toit de la couche K du réservoir Cénomanien*

3.2.1 KRIGEAGE ORDINAIRE

Pour obtenir une estimation de concentrations d'un paramètre dans un domaine donné, le Krigeage est réalisé sur une grille régulière de points ou de blocs qui couvre ce domaine. Nous avons ainsi importé les données de 26 puits du réservoir Cénomanien et estimé la grille régulière (fig. 9), avec pourcentage d'argile comme paramètre à visualiser:

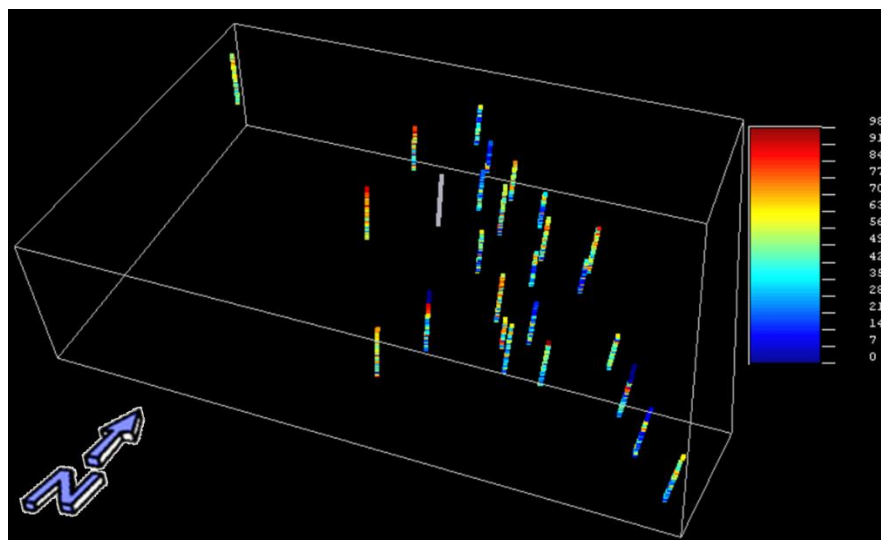


Fig. 9. Visualisation de pourcentage d'argile dans 26 puits du champ Makelekese au niveau du réservoir Cénomanién

Considérant la moyenne du champ inconnue, le Krigeage ordinaire des argiles (en %) a donné le résultat présenté par la figure 10 ci-après:

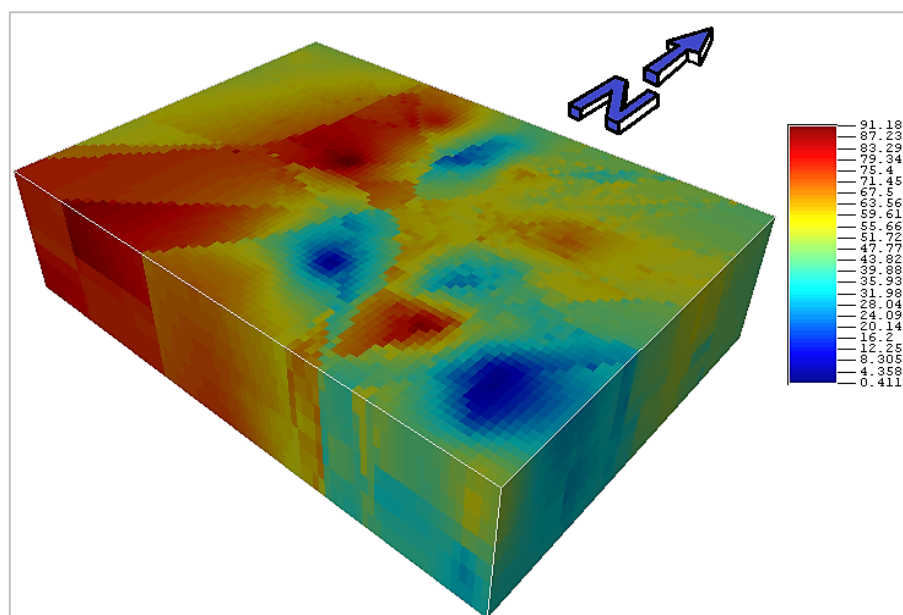


Fig. 10. Krigeage ordinaire de % en argile du réservoir Cénomanién

3.2.2 VARIANCE DE KRIGEAGE

Comparées aux méthodes d'interpolation classiques, les méthodes de krigeage présentent l'intérêt d'associer aux valeurs estimées un indicateur de la précision de l'estimation (Malherbe L. & Rouil L., 2003[7]). Cet indicateur est la variance de l'erreur de krigeage, encore appelée variance de krigeage (σ_K^2), ou sa racine carrée, l'écart-type de krigeage (σ_K).

La variance de Krigeage étant un paramètre quantifiant la dispersion possible de la valeur inconnue autour de la valeur mesurée, remarquez son accroissement au fur et à mesure qu'on s'éloigne des puits (fig. 11). Cela traduit donc une augmentation de l'erreur d'estimation (en %) et une perte de précision.

Michel A. et Xavier E. (2000)[8] montrent que la variance d'estimation (variance de krigeage) est plus élevée dans le cas du modèle exponentiel; l'explication vient du fait que ce dernier croît plus rapidement que le modèle sphérique, ce qui traduit un phénomène qui se déstructure plus vite, d'où une moins grande précision dans l'estimation.

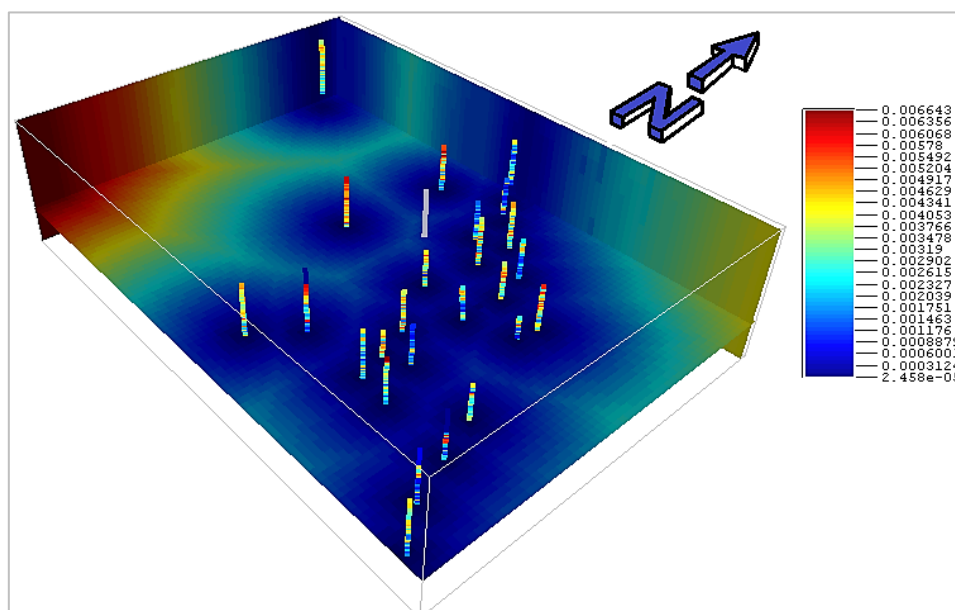


Fig. 11. Carte de la variance de Krigeage (en %)

3.3 SIMULATION STOCHASTIQUE

En variant la fonction aléatoire, on génère des simulations stochastiques qui restituent cette variabilité (Caers, Jef. 2011[9]). Contrairement au Krigeage qui n'utilise que les deux premiers moments (espérance et variogramme), la simulation va bien au-delà en simulant une fonction aléatoire entière.

D'après Sabat L. (2004)[10], le but des simulations stochastiques est de fournir un moyen de générer un grand nombre de réalisations équiprobables, alternatives qui respectent les hétérogénéités observées à partir des données disponibles, et supposées dans le milieu réel. Ainsi les figures 12 et 13 présentent en deux réalisations, la Simulation Gaussienne Séquentielle de pourcentage d'argile au sein du réservoir Cénomaniien:

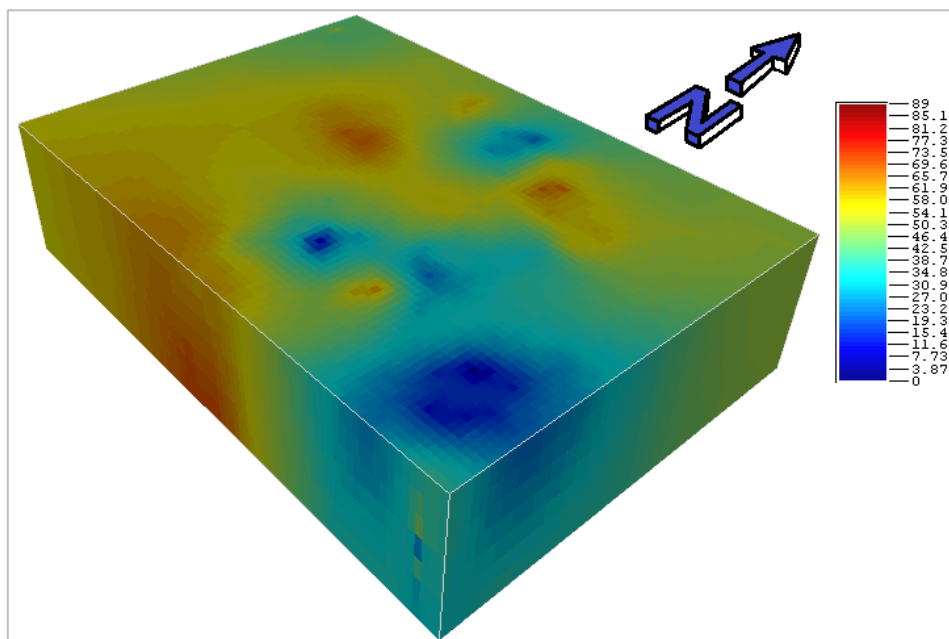


Fig. 12. Simulation Gaussienne Séquentielle des argiles (en %) dans le réservoir cénoomanien (Réalisation 1)

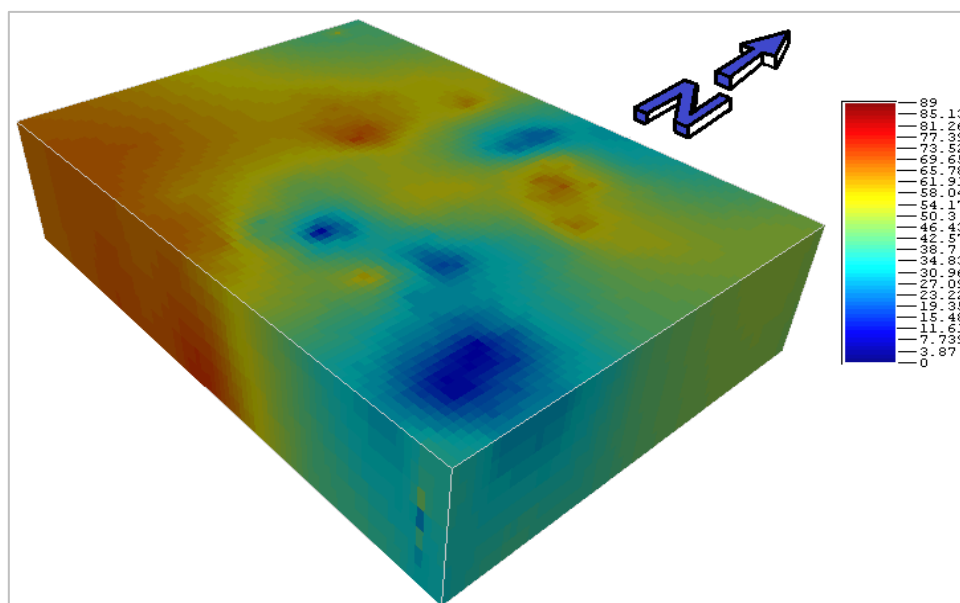


Fig. 13. Simulation Gaussienne Séquentielle des argiles (en %) dans le réservoir cénoomanien (Réalisation 2)

3.4 ZONATION DU RESERVOIR CENOMANIEN

La zonation nous a permis de subdiviser le réservoir cénoomanien en zones à faible, moyenne et forte argilosité. Pour y arriver, nous avons fait intervenir les paramètres statistiques de mesures de position des données tels que les quartiles.

Les quartiles (Q1, Q2 et Q3) sont des nombres qui divisent une série (préalablement ordonnée) en quatre sous-séries d'effectifs égaux, chacune contenant 25% des données (DODGE Y., 1999[11]).

Le quartile Q1 correspond donc au percentile P25, Q2 à percentile P50 (Médiane) et Q3 au percentile P75.

Ainsi, sur base des quartiles (Q1, Q2 et Q3), le réservoir cénoomanien peut être subdivisé en quatre zones dont une Zone A (fig. 14.a) avec une argilosité inférieure à Q1 (41,867%), une Zone B (fig. 14.b) avec une argilosité inférieure à Q2 (49,5766%),

une Zone C (fig. 14.c) avec une argilosité inférieure à Q3 (57,4206%) et une Zone D (fig. 14.d) avec une argilosité supérieure à Q3, tel que résumé dans le tableau 1 ci-après :

Tableau 1. Zonation du Réservoir Cénomanien sur base de son argilosité répartie en quartiles (Q1, Q2 et Q3) :

Désignation	Argilosité (%)	Illustration
Zone A	< à 41,867 (Q1)	Figure 14.a
Zone B	< à 49,5766 (Q2)	Figure 14.b
Zone C	< à 57,4206 (Q3)	Figure 14.c
Zone D	> à 57,4206 (Q3)	Figure 14.d

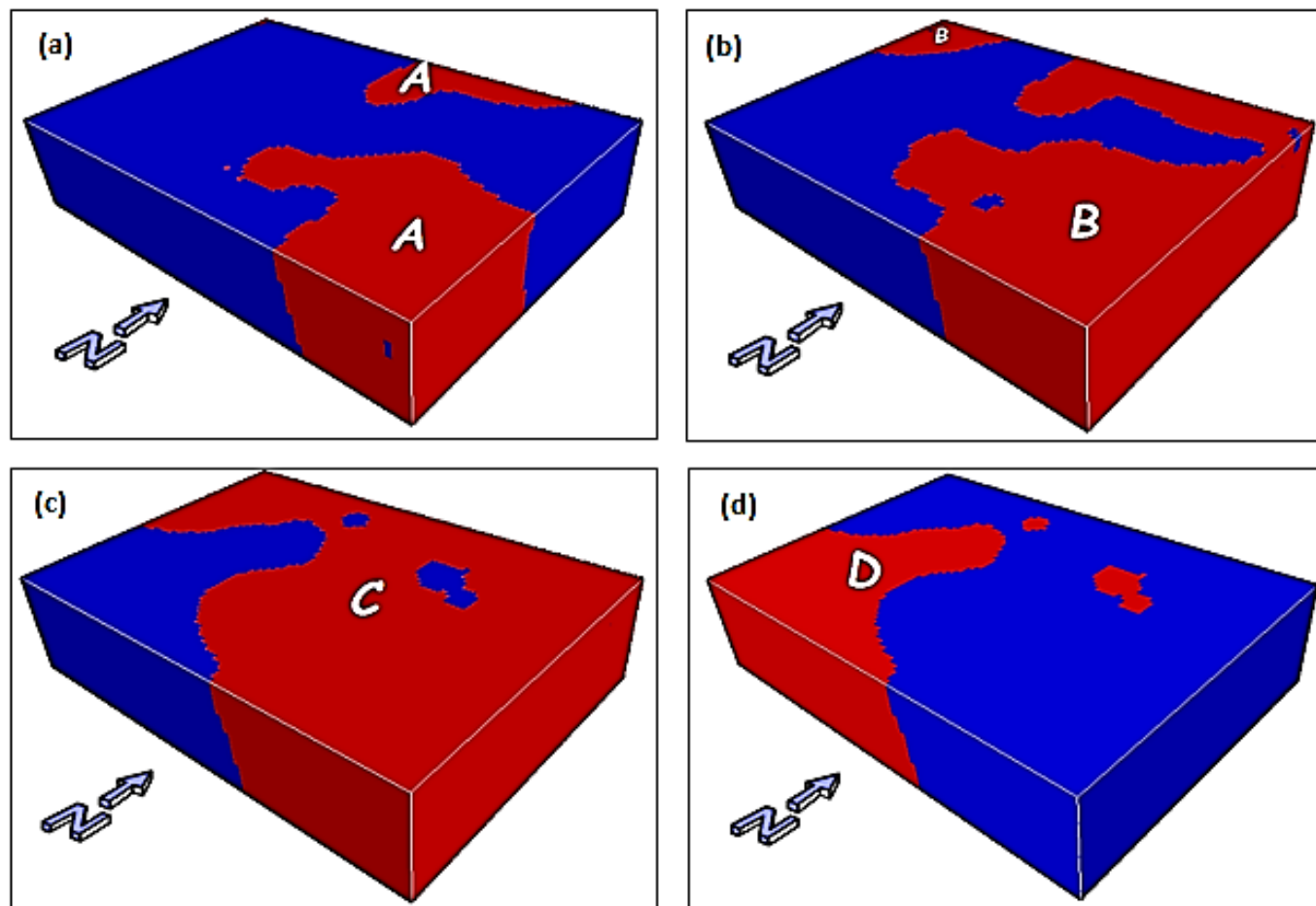


Fig. 14. Zonation du Réservoir Cénomanien sur base de son argilosité répartie en quartiles (Q1, Q2 et Q3)

4 RESULTATS AND DISCUSSIONS

En fonction de la profondeur, c'est-à-dire partant de la couche K vers la couche A, le taux d'argile diminue légèrement sur l'échelle du réservoir cénomanien (fig. 15). Ce qui signifie que la perméabilité verticale du réservoir ne varie presque pas.

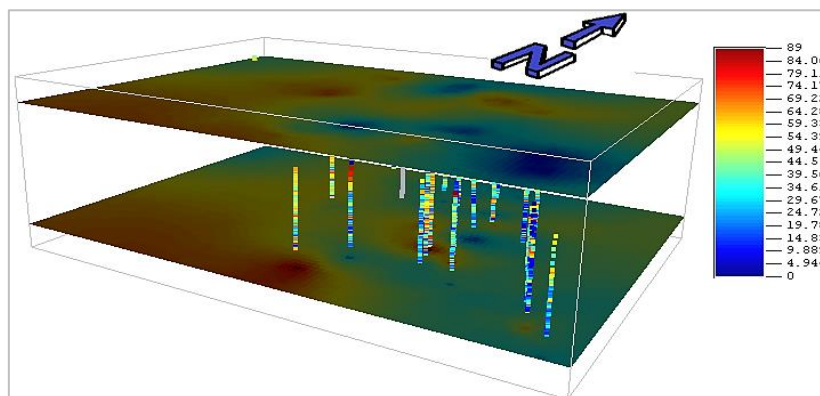


Fig. 15. Faible diminution de l'argilosité avec la profondeur

Partant de l'Ouest vers l'Est, le taux d'argile diminue (fig. 16), ce qui signifie que la partie Ouest du réservoir est probablement plus argileuse et moins perméable que sa partie Est.

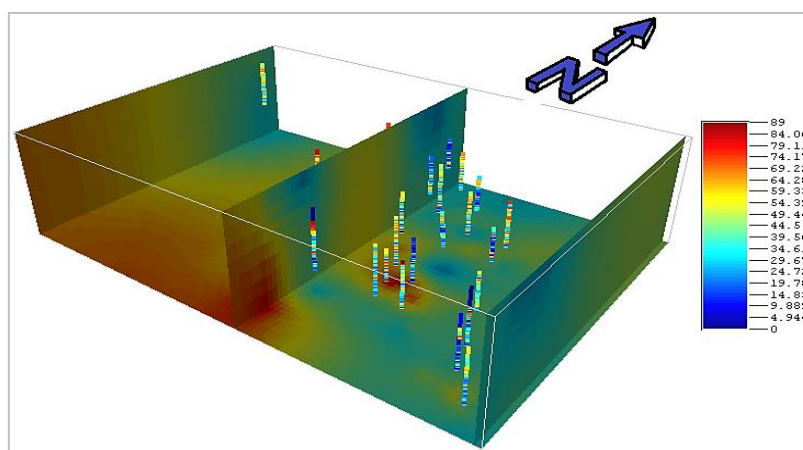


Fig. 16. Diminution de l'argilosité du réservoir de l'Ouest vers l'Est

Du Sud vers le Nord du réservoir, le taux d'argile diminue (fig. 17), ce qui traduit une augmentation de la perméabilité horizontale vers le Nord.

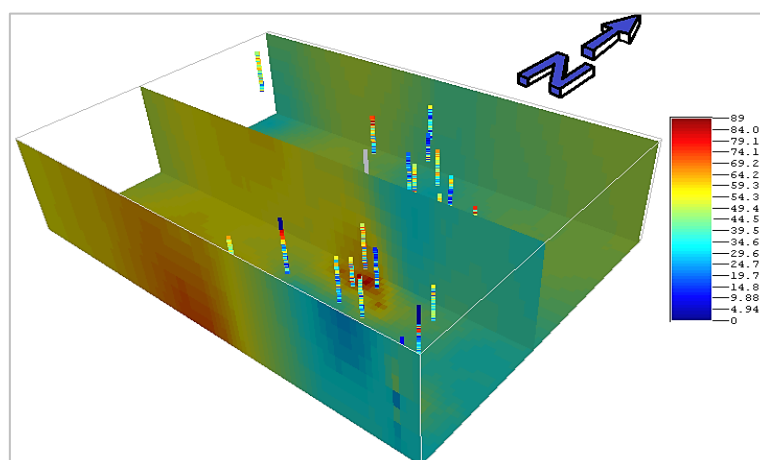


Fig. 17. Diminution de l'argilosité du réservoir du Sud vers le Nord

En maintenant le 3^e Quartile (57,4206 %) comme valeur de référence, nous confirmons comme dit avant une légère diminution de l'argilosité verticale sur l'échelle du réservoir (fig. 18.a), une diminution de l'argilosité horizontale de l'Ouest vers l'Est (fig. 18.b) et du Sud vers le Nord (fig. 18.c). La partie Sud-Ouest étant donc la plus argileuse.

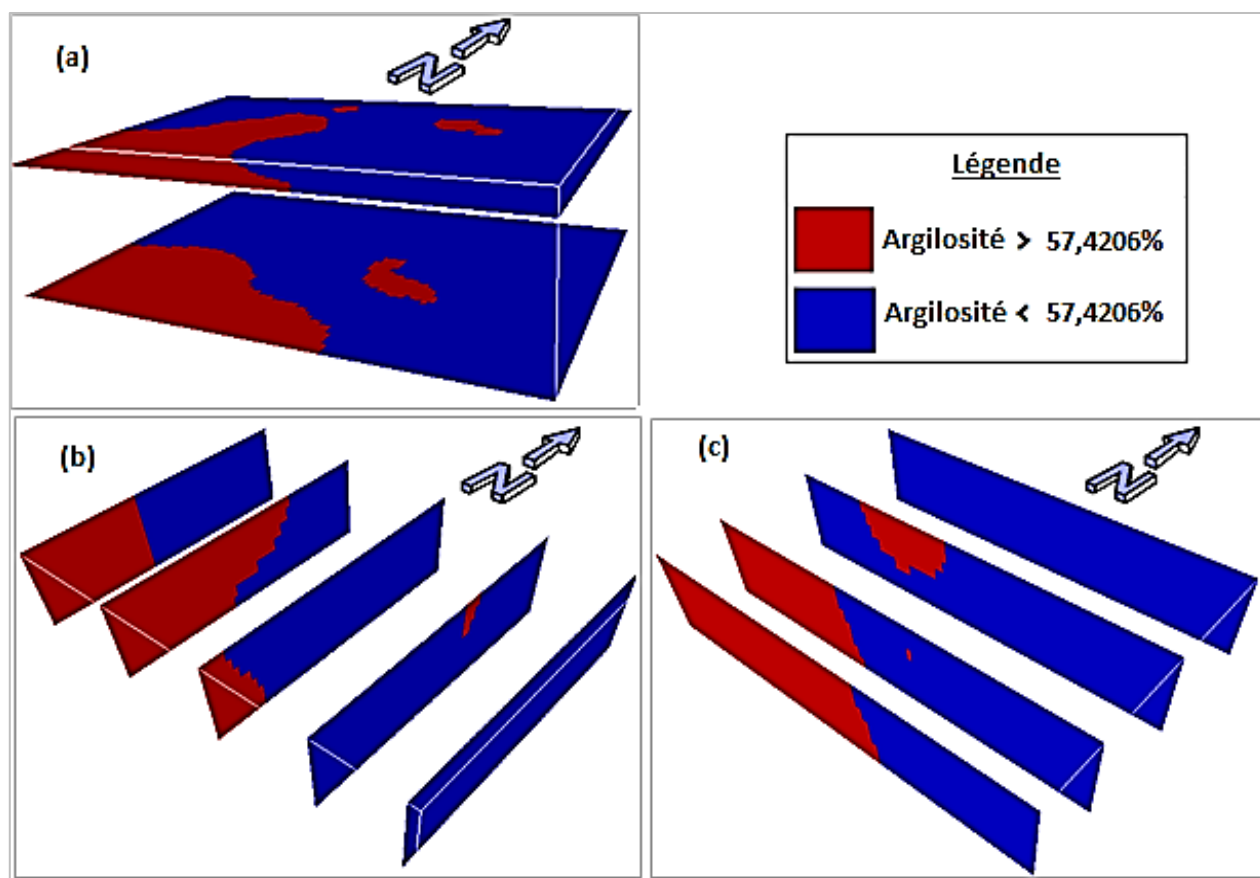


Fig. 18. Argilosité supérieure à 57,4206% au Sud-Ouest du réservoir Cénomani

Après analyse des données de production issues d'un rapport de Perenco-Rep (2009), nous avons remarqué qu'avant le début des travaux de fracturation hydraulique dans le champ Makelekese, le BOPDAverage (Average Baril Oil Per Day : Moyenne de baril du brut produit par jour) variait inversement par rapport à l'argilosité moyenne (en %) dans quatre puits (MS-08, MS-09, MS-10 et MS-17). Ainsi, à l'aide de Microsoft Excel, nous avons tracé un graphique comparant ces deux paramètres (BOPD et argilosité) comme le montre la figure 19 ci-dessous:

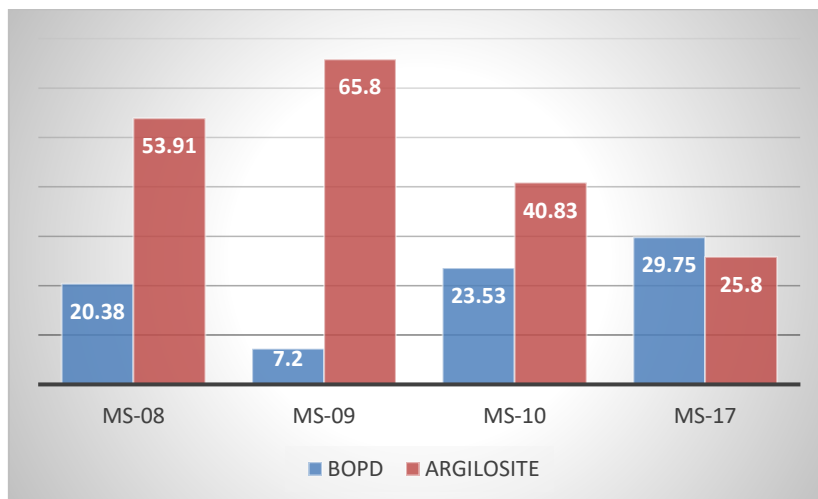


Fig. 19. Variation inverse du BOPD en fonction de l'argilosité dans quatre puits du champ Makelekese

Sur le graphique de la figure 19 ci-dessus, nous remarquons clairement que les puits MS-10 et MS17 ayant des valeurs de production journalière (BOPD) plus élevées, présentent en même temps des valeurs d'argilosité moins élevées par rapport aux puits MS-8 et MS-9 qui ont des valeurs de BOPD moins intéressantes. Ce qui peut être justifié par l'emplacement de chacun de ces puits au sein du réservoir Cénomanién.

En effectuant un plan de coupe dans le réservoir, avec comme paramètre de position le quartile Q2 ou la médiane (49,5766% d'argile), passant par la profondeur moyenne des tous les puits dans le réservoir, nous pouvons constater que les puits MS-10 et MS-17 se situent dans la zone où l'argilosité est inférieure à la médiane alors que les puits MS-8 et MS-9 se retrouvent dans la partie où celle-ci en est supérieure (figure 20).

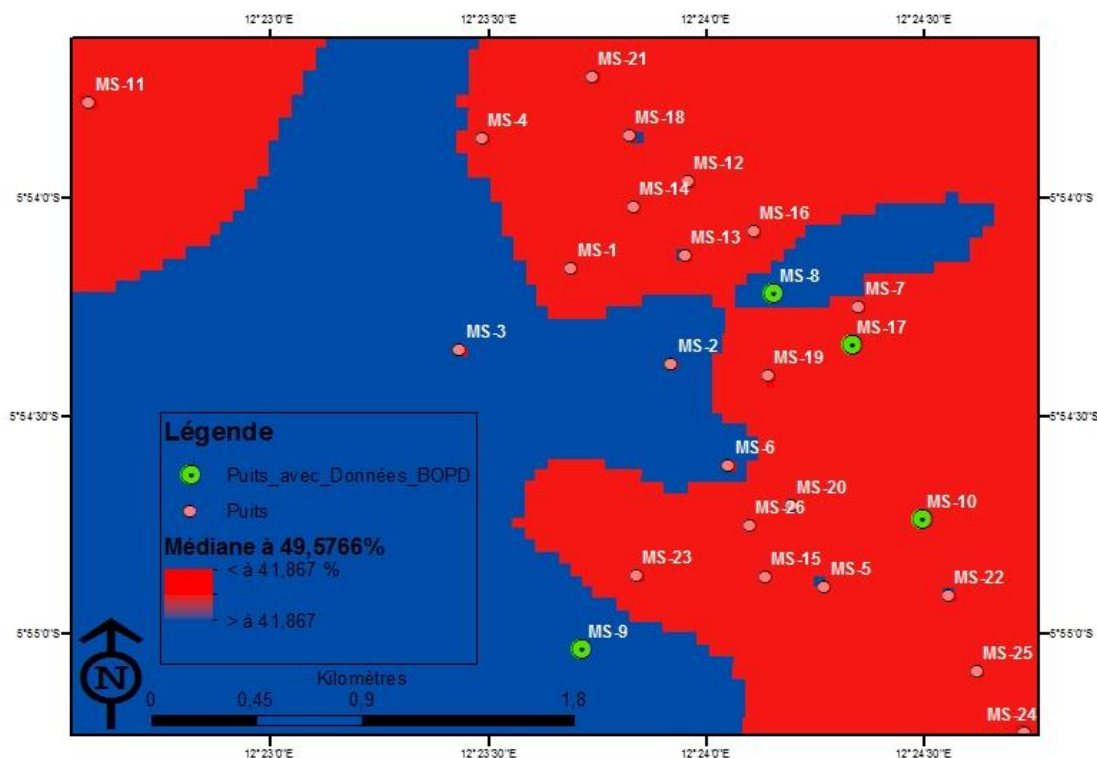


Fig. 20. Influence de l'argilosité sur les données BOPD des puits MS-08, MS-09, MS-10 et MS-17

Le puits MS-9 situé le plus vers le Sud-Ouest, montre une argilosité plus forte et une production pétrolière très faible. La partie Sud-Ouest du réservoir serait donc la plus concernée par une intervention envisagée telle que la fracturation hydraulique afin d'augmenter la production journalière du champ Makelekese.

5 CONCLUSION

L'étude réalisée dans le cadre de ce travail a permis d'évaluer la pertinence de l'approche géostatistique pour la détermination de l'argilosité d'un réservoir pétrolier à partir de quelques données d'observation des puits. Pour ce faire, plusieurs éléments ont été pris en compte afin d'évaluer la robustesse de l'approche et permettent de bien saisir le cadre d'application dans lequel cet outil de modélisation peut être utilisé et optimisé.

Avant le début des travaux de fracturation hydraulique dans le réservoir Cénomanien du champ Makelekese, nous avons remarqué que plus un puits présentait une argilosité élevée, moins il était productif.

L'Analyse Exploratoire Spatiale des argiles dans le réservoir Cénomanien a montré que leur distribution peut être assimilée à une loi normale mais présentant une légère asymétrie positive. Deux semivariogrammes ont été ajustés et ont montré un effet pépite pouvant être justifié soit par la présence des microstructures non identifiable (dû au manque de données) ou suite aux erreurs de localisation, de mesure ou d'analyse.

Par ailleurs les méthodes géostatistique (Krigage et simulation) nous ont permis de modéliser en 3D la distribution spatiale des argiles, avec quantification des incertitudes d'estimation et de subdiviser le réservoir Cénomanien en quatre zones dont la plus argileuse se situerait au Sud-Ouest du réservoir, avec un taux d'argile dépassant 57,4206 % et la moins argileuse au Sud-Est, avec un taux d'argile inférieur à 41,867 %. Ce qui nous a permis d'avoir une idée sur les zones du réservoir pouvant faire l'objet d'une technique d'intervention telle que la fracturation hydraulique à partir des puits qui y ont été forés ou des nouveaux puits à forer par la société Perenco qui produit du brut dans cette partie du Bassin Côtier congolais.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement l'entreprise pétrolière Perenco-Rep/RDC pour avoir mis à notre disposition les données utilisées dans le cadre de ce travail.

REFERENCES

- [1] SERRA O.: Diagraphies différées (bases de l'interprétation), Tome 1: Acquisition des données diagraphiques, Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine, pp. 121, 1984.
- [2] Asma G.: Evaluation pétrophysique et essai de modélisation: exemple du réservoir triasique d'Ourhoud (bassin de Berkine, Sahara nord oriental, Algérie), Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, Mémoire de Master, pp. 28, 2012.
- [3] Chapellier D.: Diagraphies pétrole, cours online de Géophysique, Université de Lausanne-Institut Français du Pétrole, pp. 35, 2010.
- [4] Gaffney, Cline & Associés: Etude sur les réserves du Bassin Littoral de la République du Zaïre. Aspects géologiques régionaux et prospects d'exploration vue d'ensemble des facilités et ensemble des données. Département des Mines et de l'énergie, pp. 31, 1988.
- [5] Salah B.: Modélisation de la propagation des incertitudes des mesures sur l'aube d'une turbine hydraulique par Krigeage et simulations stochastiques, Ecole de Technologie Supérieure Université du Québec, Mémoire de Master, pp. 17, 2014.
- [6] Marcotte D.: Introduction à la géostatistique et variogrammes, Ecole Polytechnique de Montréal, pp. 46, 2006.
- [7] Malherbe L. & Rouil L.: Méthodes de représentation de la qualité de l'air : Guide d'utilisation des méthodes de la géostatistique linéaire, Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, INERIS DRC-03-45597-LRI-LMa -LCSQA-n°140 vol.1, 2003.
- [8] Michel A. & Xavier E.: Estimation et interpolation spatiale – Hermes, 2000.
- [9] Caers, Jef.: « Modeling uncertainty in the earth sciences ». <http://site.ebrary.com/id/10483226>, 2011.
- [10] Sabat L.: Simulations stochastiques de faciès par la méthode des membership functions. Université Lorraine. Thèse de doctorat, 2004.
- [11] DODGE Y.: Premiers pas en statistique, Springer-Verlag France, Paris, 1999.

Détermination des performances de l'association de tests Elisa et Western Blot pour le diagnostic de la cysticercose porcine en Côte d'Ivoire

[Determination of combination performance of Elisa test and Western Blot for pig diagnostic in Côte d'Ivoire]

Kouassi Eugène Koffi^{1,2}, Man-Koumba Soumahoro¹, Borel Ndri¹, Jihen Melki¹, Marcel Boka³, O. André Touré¹, Joseph Djaman¹, K. Eliezer N'goran², and Ronan Jambon^{1,4}

¹Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de zoologie et Biologie Animale Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

⁴Institut Pasteur, Paris, France

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

ABSTRACT: Serological diagnosis of cysticercosis allows a detection of the disease on living pigs. It routinely uses Elisa as a screening test and Western blot (Eitb) as a confirmatory test. The aim of this study was to assess the performance of the Elisa / Eitb association in order to improve decision-making for the control of this pathology in Côte d'Ivoire. A group of 246 of samples of pigs serums, divided into 123 negative for Elisa and 123 positive for Elisa were drawn at random and were analyzed by the Western blot test. Thus, a contingency table was used to analyze the characteristics of the screening test (Elisa) through the parameters of sensitivity (Sp), specificity (Sp). These performances of diagnostic of the combination of Elisa / Eitb tests was evaluated according to texts design in serial or mixed-strategy. The data obtained for these two patterns were compared. The overall results showed good sensitivity (Se = 76.2%) with average specificity (Sp = 55.4%). The diagnostic performance evaluation of the combination of Elisa / Eitb tests gave 13% serial positives and 17% in the mixed regimen, a difference of 4%. Also, on a total of 123 sreams negatives analyzed by Eitb, 10 or (8.13%) were found positives, corresponding to a loss linked to the screening of samples by Elisa.

KEYWORDS: Detection, zoonosis, parasite, breeding, immunological tests, sensitivity, specificity.

RESUME: Le diagnostic sérologique de la cysticercose permet une détection de la maladie chez les porcs vivants. Il utilise couramment l'Elisa comme test de screening et le Western blot (Eitb) comme test de confirmation. L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances de l'association Elisa / Eitb afin d'améliorer les prises de décision pour le contrôle de cette pathologie en Côte d'Ivoire. Un ensemble de 246 échantillons de sérums porcs, repartis en 123 négatifs en Elisa et 123 positifs en Elisa ont été tirés au hasard et ont été analysés par le test de Western blot. Ainsi, un tableau de contingences a servi à l'analyse des caractéristiques du test de screening (Elisa) à travers les paramètres de sensibilité (Sp), spécificité (Sp). Ces performances de diagnostic de l'association des tests Elisa / Eitb ont été évaluées selon les schémas de test en série ou de stratégie mixte. Les données obtenues pour ces deux schémas ont été comparées. Les résultats globaux ont montré une bonne sensibilité (Se = 76,2%) avec une spécificité moyenne (Sp = 55,4%). L'évaluation des performances de diagnostic de l'association des tests Elisa / Eitb ont donné 13% de positifs en série et 17% en schéma mixte soit un écart de 4%. Aussi, sur un total, 123 sérums négatifs analysés par Eitb, 10 soit (8,13%) se sont révélés positifs, correspondant une perte liée au screening des échantillons par l'Elisa.

MOTS-CLEFS: Détection, zoonose, parasite, élevage, tests immunologiques, sensibilité, spécificité.

1 INTRODUCTION

La cysticerose porcine est une zoonose parasitaire négligée endémique dans la plupart des pays en voie de développement causant des problèmes sanitaires et socioéconomiques [1]. Dans ces pays, la détection de cette parasitose se fait dans les élevages. Les éleveurs pratiquent le language sur l'animal vivant en palpant la langue pour y chercher d'éventuels cysticerques. Ces derniers se traduisent par des boutons souvent sublinguaux, visibles à l'œil nu ou détectés à la palpation. La spécificité de cette technique est assez bonne (de l'ordre de 80 %), mais les lésions mécaniques ou dues aux actinobactéries peuvent prêter à confusion [2]. La sensibilité de la technique, dépend du degré d'infection des animaux. La détection de cysticerose se fait aussi par l'inspection des carcasses à la recherche des cysticerques. Cet examen post-mortem se pratique au niveau des abattoirs, mais également sur les marchés [3]. C'est une méthode invasive et peu sensible dépendant beaucoup de la compétence du manipulateur [4]. Le contrôle systématique des cheptels avant la vente des animaux nécessite à l'inverse l'utilisation de méthodes sérologiques plus sensibles et plus spécifiques [5]. Plusieurs tests sérologiques sont disponibles pour le diagnostic de la cysticerose porcine basés sur deux méthodes classiques, le test Elisa (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) et le Western Blot (Eitb). L'Elisa est le test quantitatif le plus utilisé pour le dépistage de la cysticerose porcine, mais des réactions croisées avec d'autres espèces de *Taenia* du porc [6] sont connues, à l'origine parfois de faux positifs. Ainsi, l'association de ces deux tests immunologiques, l'Elisa et l'Eitb est recommandée pour améliorer le diagnostic de la cysticerose porcine. Dans ce cas, l'Elisa est défini comme le test sérologique de screening et l'Eitb est utilisé comme test de confirmation de par sa grande spécificité et sa bonne sensibilité [7]. L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances de l'association Elisa / Eitb afin d'améliorer le contrôle de cette pathologie en Côte d'Ivoire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 TAILLE ET CHOIX DE L'ÉCHANTILLON

Pour cette étude 246 échantillons de sérums de porcs ont été retenus repartis en 123 négatifs en Elisa et 123 positifs en Elisa. Ces échantillons ont été tirés au sort parmi les sérums négatifs et positifs en Elisa de la sérothèque totale. Cette sérothèque a été constituée lors d'une enquête transversale réalisée durant les mois de février 2017 à février 2018, dans la population porcine d'élevage traditionnel des villages appartenant aux départements d'Aboisso, d'Agroville et Dabou. Ces échantillons ont été collectés par méthode de quotas sur les porcs vivants âgés de 3 mois et plus, appartenant aux éleveurs de ces villages ayant donné leur consentement. Ces villages ont été retenus suite à un recensement organisé par l'équipe ANADER/EPICYSTI/ Services vétérinaires de juin 2016 à janvier 2017 dans le cadre du programme Cysticerose porcine dans le sud de la Côte d'Ivoire.

2.2 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

La détection des anticorps contre la cysticerose a été réalisée à partir de la fraction glycosylée du kyste [7]. Les sérums ont d'abord été testés en Elisa (IgG), et ont été analysés secondairement par le Western blot (IgG) qui est défini comme le test de référence pour sa grande spécificité et sa bonne sensibilité [7]. Pour cette étude, une sérologie positive pour la cysticerose était traduite par la présence d'au moins deux bandes parmi P6-8, P12, P23-26, P39, P45 au test de Western blot [8].

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Un tableau de contingence a servi à l'analyse des caractéristiques du test de screening (Elisa) à travers les paramètres suivants:

- La sensibilité (Se) = $VP / (VP + FN)$ avec Vrai positif (VP), Faux négatif (FN);
- La spécificité (Sp) = $VN / (VN + FP)$ avec Vrai négatif (VN) et Faux positif (FP);

Selon Saegerman [9], la combinaison des tests de diagnostic pour améliorer la prise de décision, suit les plus souvent deux stratégies, soit les tests en série, soit en parallèle.

Dans cette étude, les performances de diagnostic de l'association des tests Elisa /Eitb ont été évaluées selon ces deux schémas définis comme suit.

Dans une association de tests en série, le sujet doit être trouvé positif à tous les tests pour être considéré comme positif, sinon il est considéré comme négatif. Est considéré comme positif: un échantillon positif en Elisa et en Western Blot.

Dans le cas du second schéma, tous les sujets sont analysés par le test screening, puis par le test de confirmation. Le sujet qui est trouvé positif au test de référence est automatiquement considéré comme positif quel que soit le résultat du test de screening. Est considéré comme positif, tout échantillon positif en Western Blot, même s'il est négatif à l'Elisa.

3 RÉSULTATS

3.1 ESTIMATION DE LA SENSIBILITÉ (Se) ET SPÉCIFICITÉ (Sp)

Le test EITB étant considéré comme le test de référence, la confrontation des résultats entre ces deux tests (Elisa / Eitb) conduit à la répartition suivante des 246 échantillons: 113 étaient des vrais négatifs, 32 (26,01%) étaient des vrais positifs, 91 (73,9%) étaient faussement positifs et 10 (13%) étaient des faux négatifs.

Les taux des vrais positifs représentent donc 17% du total (42/246). (Tableau 1).

Tableau 1. Tableau de contingence pour les sérums de porc testés à l'ELISA et au EITB

Test	EITB (+)	EITB (-)	Total
ELISA (+)	32	91	123
ELISA (-)	10	113	123
Total	42	204	246

Le test Elisa présentait donc une bonne sensibilité (Se = 76,2%) alors que sa spécificité était moyenne (Sp = 55,4%) (tableau 2).

Tableau 2. Sensibilité (Se) et spécificité (Sp) des tests et des valeurs prédictives

	Se)	Sp
ELISA / EITB	76,2%	55,4%

Se: Sensibilité, Sp: Spécificité;

3.2 COMMENT ASSOCIER LES DEUX TESTS (ELISA / EITB)

3.2.1 ASSOCIATION EN SÉRIE/ARBRE DÉCISIONNEL « ET »

L'utilisation du Elisa comme test de screening et la confirmation des résultats avec l'Eitb a permis d'écarter 91 (73,4%) de faux positifs sur 123 positifs Elisa et confirmer 32 (26%) vrais positifs à la cysticercose (Figure 1). Le taux de positifs calculé sur l'échantillonnage est donc de 13%. L'utilisation de Elisa seul n'est donc pas possible pour conduire un traitement ou un abattage des cochons puisque seul un positif sur quatre détecté en Elisa a été confirmé. A l'inverse ce schéma sous-estime le nombre de positifs de 4% qui n'ont pas été détectés par l'Elisa. Un nouveau test rapide devrait être comparé au western blot s'il est utilisé seul. Mais une sensibilité de 50% serait acceptable s'il devait remplacer l'Elisa dans ce schéma.

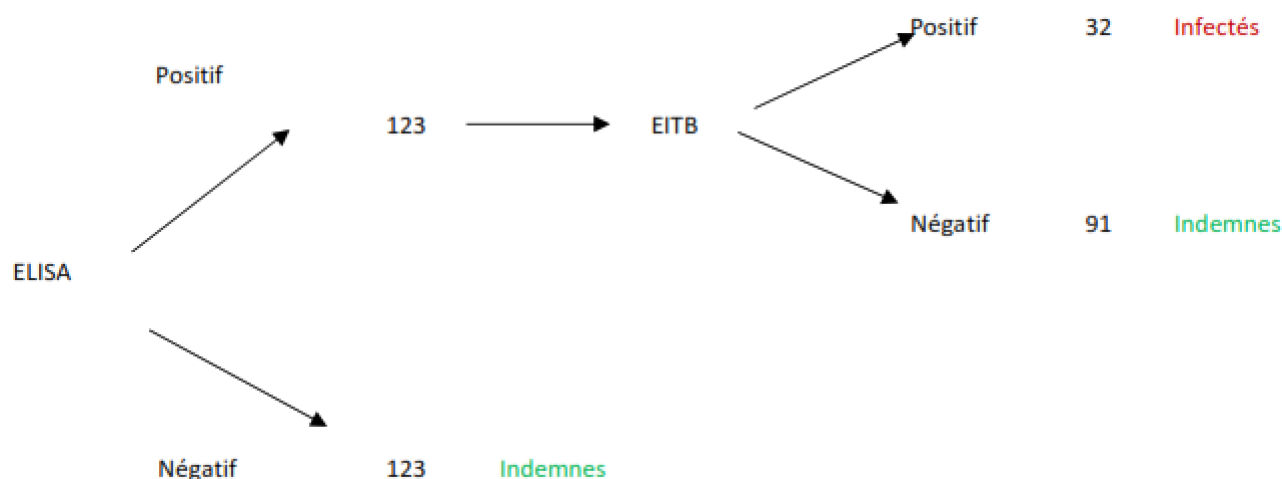


Fig. 1. Association de ELISA/EITB en série (schéma décisionnel « ET »)

3.2.2 SCHÉMA MIXTE /ARBRE DÉCISIONNEL DU TEST

Ce schéma a permis de décrire 42 (17%) positifs à la cysticercose et 204 (82,9%) négatifs sur les 246 sérums testés (Figure 2). Cette stratégie permet de déterminer également la perte de cochons positifs qui n'aurait pas été testés en western blot dans un schéma séquentiel, ici 10/123 soit 8% des cochons négatifs en Elisa.

Au total l'Elisa est donc un mauvais test pour affirmer la maladie mais peu de positifs lui échappent.

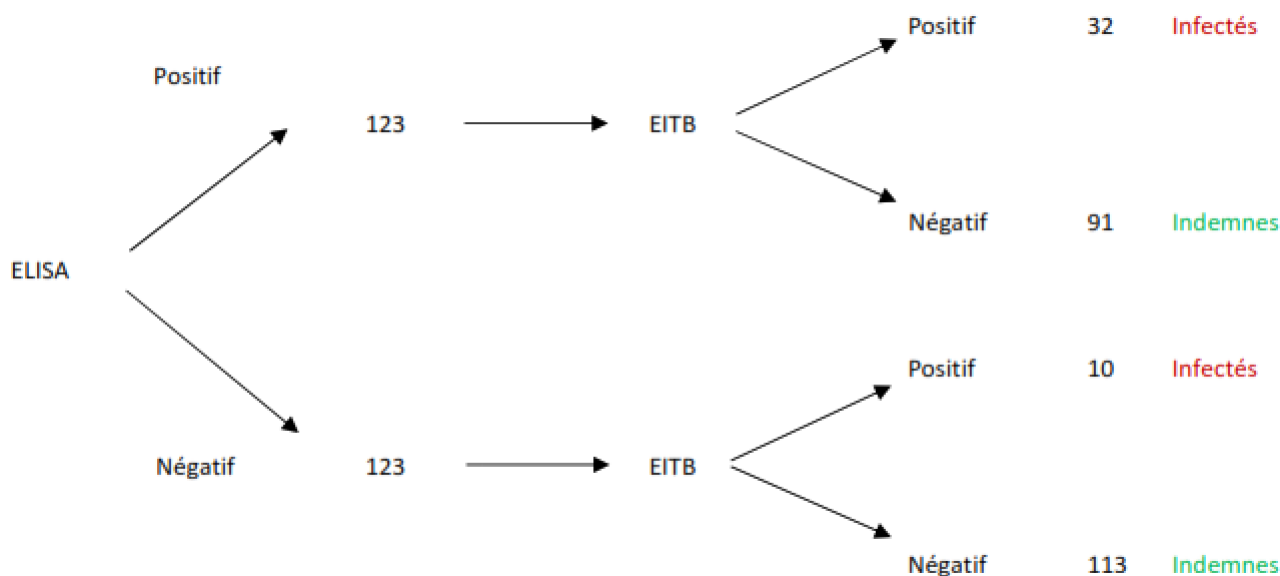


Fig. 2. Cas particulier (Association mixte)

3.3 CARACTÉRISTIQUES DES FAUX NÉGATIFS ET POSITIFS

Parmi ces 10 faux négatifs, plus de la moitié 6 (60 %) a été signalée sur les échantillons d'Agboville; 2 (20 %) à Aboisso et 2 (20 %) à Dabou. Ces échantillons étaient collectés sur 50% des porcs de race métisse. La majorité (60 %) était collectée sur les porcs femelles de type reproducteur dont 50% avait plus de 12 mois d'âge.

Les résultats sérologiques déterminés par la présence des bandes protéiques, ont montré que les bandes de P50-55kda étaient signalées sur l'ensemble de ces échantillons (100%) suivies des bandes P39kda et de celles de P45kda avec des

proportions respectives de 70% et de 50%. Inversement, Aucune bande de faibles poids moléculaires (P23-26kda, P12kda, P6-8kda) n'était signalée.

En ce qui concerne les faux positifs la majorité était obtenue à Aboisso (49,4%) parmi les 91 cas signalés. Les autres localités présentaient des proportions de 35,2 % à Agboville et 15,6% à Dabou. Plus de la moitié (52,7 %) de ces échantillons était collectée chez les porcs de races locales dont la majorité (72,5%) était des femelles avec 64,8% de types reproducteurs. Ces échantillons provenaient des porcs de plus de 6 mois d'âge dans 77,9 % des cas.

Sur la base des résultats de Western blot, seules les bandes protéiques de P50-55kda ont été observées dans 91% des cas sur ces échantillons

4 DISCUSSION

La détection de la cysticercose porcine en élevage et non à l'abattoir, aurait l'avantage de permettre un traitement des cochons contaminés et éviter une perte de viande. Cependant la réalisation des tests western blot et Elisa est longue et difficile en pratique courante de terrain. Il convient donc de développer des tests rapides réalisables à la ferme. Mais le développement de tests à haut niveau de sensibilité et spécificité est difficile et la stratégie de dépistage séquentiel avec plusieurs tests peut être rentable. Ainsi pour développer un nouveau test à quelle méthode de référence doit-on comparer un ce test de dépistage de la cysticercose.

En routine l'Elisa est utilisé en première intention car plus rapide de mise en œuvre et moins « couteux » en matériel biologique. C'est ainsi que plusieurs kits commerciaux existent et la majorité utilise des fractions antigéniques extraites des parasites eux-mêmes [10]. Certains utilisent les fractions issues du scolex ou du liquide vésiculaire de *Taenia crassiceps* un ténia proche de *Taenia solium* ([11], [12]).

Les résultats de cette étude ont montré une sensibilité de 76,2% pour le test Elisa réalisé sur les sérums, en comparaison avec le western blot. Cette grande sensibilité permettrait donc d'exclure la maladie en cas de négativité (faux négatifs 8,13%). Cette bonne sensibilité confirmerait d'une part que les antigènes utilisés provenant des extraits de cysticerques des porcs de Madagascar seraient de bonne qualité et d'autre part, le choix de l'Elisa comme test de dépistage de la cysticercose porcine [13].

IMPLICATION POUR LA DÉTECTION EN ÉLEVAGE DE LA CYSTICERCOSE PORCINE

L'association des tests en série avec 13% de positif a induit une perte de 4% de positifs par rapport à l'utilisation des tests en parallèle. Ces résultats sont en accord avec ceux de Michelet [8] qui a obtenu, avec le test Elisa Anticorps, une sensibilité de 74,2% sur le liquide céphalorachidien des patients ayant une neurocysticercose confirmée avec des cysticerques calcifiés. Dans ces travaux, 121 patients ont une neurocysticercose confirmée par l'Elisa Anticorps sur les 141 patients diagnostiqués par la radiographie soit (85,8%). Ces valeurs étaient également similaires à celles de Pouedet et al [14]. obtenues sur les sérums des porcs. Ces auteurs avaient estimé la prévalence de la cysticercose porcine par le test Elisa Anticorps à 21,8% avec une sensibilité relative de 71,6 % dans les localités de Bafou et de Bamendou (Ouest Cameroun). Par contre cette sensibilité était plus faible que celles obtenues sur le liquide céphalorachidien des patients ayant une neurocysticercose confirmée avec des cysticerques au stade vésiculaire, des patients avec des cysticerques au stade colloïdal. Dans ces cas, la sensibilité variait de 90 à 100%. Ce qui montre que la sensibilité de l'Elisa anticorps varie selon le liquide biologique, selon le stade d'évolution des cysticerques chez les hôtes et selon la localisation du parasite [13]. D'après cet auteur, la localisation intra-parenchymateuse des kystes diminuerait la sensibilité de cette détection d'anticorps par Elisa.

A l'inverse, la spécificité du test Elisa pour cette étude était moyenne (55,4%). Trois positifs sur quatre étaient des faux positifs sans doute dû à des réactions croisées (bande P50 commune à *Taenia hydatigena*, bandes de haut poids moléculaire). Selon Tchamdja [15], les antigènes bruts, les antigènes de liquide vésiculaire ont montré de meilleures performances par rapport aux autres antigènes du cysticerque entier, aux antigènes membranaires et aux antigènes de scolex [16]. De nombreuses réactions croisées ont été observées entre l'antigène brut de fluide vésiculaire et d'autres parasites comme *Echinococcus*, *Filaria*, *Fasciola*, *Strongyloides*, *Amoeba*, *Schistosoma*, *Toxocara* et *Plasmodium* [15]. Ces réactions croisées seraient à l'origine de la faible spécificité décrite dans notre étude, car les porcs échantillonnés étaient pour la plupart élevés traditionnellement sans contrôle vétérinaire. Ces résultats sont différents de ceux de Nunes et al. (2000) qui ont obtenu une spécificité de 98,2% sur des sérums de porc en Ac- Elisa. Ces résultats justifieraient l'utilisation de l'Elisa comme méthode de screening, qu'il faudrait compléter par l'Eitb dont la spécificité est excellente ([7], [17]). L'existence de sérums positif en Eitb

et négatifs en Elisa, pourrait être liée à des difficultés techniques, comme la détection de bandes faible et peu nombreuses en Eitb, associée à une densité optique faible en Elisa, en dessous du seuil de positivité calculé.

Le fort taux de faux négatifs signalés dans le département d'Agboville traduirait une faible quantité d'antigène non détectable par l'Elisa chez cette population. Ce qui serait lié à un faible taux de contamination des porcs de cette localité par le *Taenia solium* malgré que ces animaux soient majoritairement conduits en divagation permanente.

La forte présence de la bande protéique de haut poids moléculaires signalées selon le test de Western blot sur ces échantillons, traduirait une dominance et une forte sensibilité de ces bandes impliquées dans le sérodiagnostic de la cysticercose.

La présence d'importante faux positifs obtenue à Aboisso traduirait d'importantes réactions croisées sur ces échantillons de cette localité. Ce qui signifierait que ces animaux seraient exposés à plusieurs pathogènes en dehors de *Taenia solium* selon leurs modes de conduite.

La présence de la bande protéique P50-55kda selon le test de Western blot sur l'ensemble de ces échantillons faux positifs, traduirait d'une part sa forte fréquence et d'autre part sa non spécificité au *Taenia solium*. Selon Muro et al, [18], la bande P50-55 était aussi signalée chez *Taenia hydatigena* entrainerait des réactions croisées avec *Taenia solium*.

5 CONCLUSION

Les tests Elisa et Western blot, sont décrits comme des méthodes sérologiques les plus sensibles pour le diagnostic de la cysticercose porcine sur les animaux vivants en vue du contrôle systématique de cette pathologie. L'analyse des caractéristiques de ces tests ont donné une bonne sensibilité (Se = 76,2%), une spécificité moyenne (Sp = 55,4%), pour le test d'Elisa dans le contexte du sud de la Côte d'Ivoire avec des élevages traditionnels. Ces résultats justifient l'utilisation séquentielle des deux tests qui sous-estime la prévalence d'au moins 4% dans un élevage, mais reste toutefois avantageuse car économique. Dans ce schéma en série, le test de confirmation ne se faisait que si l'animal est positif au test de screening, d'où un nombre réduit d'analyse Eitb. Un test rapide pourrait être positionné à la place de l'Elisa dans le schéma de surveillance et une bonne sensibilité couplée à une spécificité acceptable serait suffisante dans un premier temps.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le programme PASRES (Coopération suisse) et du programme PasteurInnov (Institut Pasteur, Paris), l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire pour le financement de cette étude. Nous tenons à exprimer notre gratitude aux producteurs de porcs, aux enquêteurs de terrain (ANADER et Services Vétérinaires) de Dabou, Aboisso, et Agboville pour nous avoir permis de mener cette enquête. Nous tenons également à remercier toute l'équipe EpiCysti de l'IPCI pour son soutien technique

REFERENCES

- [1] Assana, E., Zoli, P.A., Sadou, H.A., Nguekam, Voundou, L., Pouedet, M.S.R., Dorny, P., Brandt, J., Geerts, S, "Prévalence de la cysticercose porcine dans le Mayo-Danay (Nord Cameroun) et le Mayo-Kebbi (Sud-Ouest du Tchad)", Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop. 54 (2): 123-127, 2001.
- [2] Singh AK, Singh SK, Prasad KN, Singh A, Bajpai A, Rahman M, Rai RP, Gupta RK, Tripathi M, Husain N, "Evaluation of ELISA, neck muscle, tongue and eyelid examinations for the diagnosis of swine cysticercosis in a highly endemic area of north India", Exp Parasitol 134: 313–317, 2013.
- [3] Goussanou S., Kpodekon T., Saegerman C., Azagoun E., Youssao A., Farougou S., Praet N., Gabriël S., Dorny P., Korsak Koulagenko N., "Spatial distribution and risks factors of porcine cysticercosis in southern Benin based meat inspection records", International Research Journal of Microbiology 4 (8): 188-196, 2013.
- [4] Slifko, T.R., H.V. Smith and J.B. Rose, "Emerging parasite zoonoses associated with water and food", Int. J. Parasitol., 30: 1379-1393. CrossRef | Direct Link, 2000.
- [5] Rushton, Jonathan, A Value Chain Approach to Animal Disease Risk Management, Food and Agriculture Organisation Animal Production and Health Series, No. 4, (July 1, 2011), Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1917213>.
- [6] Dorny P., Brandt J., Zoli A. & Geerts S, "Immunodiagnostic tools for human and porcine cysticercosis", Acta Tropica. 87: 79-86, 2003.

- [7] Tsang, V.C.; Brand; J.A.; Boyer, A.E, " An enzyme-linked immunoelectrotransfer blot assay and glycoprotein antigens for diagnosing human cysticercosis (*Taenia solium*) ". The Journal of infectious diseases 159: 50-9, 1989.
- [8] Michelet L: Le complexe taeniose/cysticercose, la phylogénie et l'évolution de *Taenia solium* et la biologie moléculaire appliquée au diagnostic. Thèse de Doctorat de Sante publique et épidémiologie, Université de Limoges, France, 2010.
- [9] SAEGERMAN C.: Epidémiosurveillance des événements rares chez les bovins en Belgique. Thèse Presses de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège 4000 Liège (Belgique), 2005.
- [10] Garcia HH., Parkhouse RM., Gilman RH., Montenegro T., Bernal T., Martinez SM., Gonzalez AE., Tsang VC., Harrison LJ., "Cysticercosis Working Group in P. 2000. Serum antigen detection in the diagnosis, treatment, and follow-up of neurocysticercosis patients. Trans R Soc, Trop Med Hyg 94 (6): 673-6, 2000.
- [11] Sciutto E., Fragoso G., Larralde C., " *Taenia crassiceps* as a model for *Taenia solium* and the S3Pvac vaccine. Parasite immunology 33 (1): 79-80, 2011.
- [12] Palomares-Alonso, F., G. P. Hernández, I. S. Rojas-Tomé, H. Jung-Cook and E. Pinzón-Estrada, "Murine cysticercosis model: Influence of the infection time and the time of treatment on the cysticidal efficacy of albendazole and praziquantel. Experimental parasitology, 149, 1-6, 2015.
- [13] Porphyre: Modélisation multi-agents appliquée au secteur de l'élevage porcin à Madagascar pour la conception et l'évaluation de scénarii de lutte contre la cysticercose, These de Doctorat de L'Universite de la Reunion, n° 542, Sciences, Technologies et Santé (STS) p-15; P 177, 2019.
- [14] Pouedet MSR, Zoli PA, Nguekam JP, Vondoua L, Assana E, Speybroeck N, Berkvens D, Dorny P, Brandt J, Geerts S, " Epidemiological survey of swine cysticercosis in two rural communities of West Cameroon", Vet. Parasitol.106: 45-55, 2002.
- [15] Tchamdja E: Mise au point et étude des performances d'un test ELISA pour la détection d'anticorps dirigés contre *Cysticercus cellulosae* chez l'homme. IMTA-Thèse de M.Sc., Nu 77. 32 p, 2007.
- [16] Arruda GC., da Silva AD., Quagliato EM., Maretti MA. & Rossi CL, "Evaluation of *Taenia solium* and *Taenia crassiceps* cysticercal antigens for the serodiagnosis of neurocysticercosis, " Tropical medicine & international health: TM & IH. 10: 1005-1012, 2005.
- [17] Habaieb: Evaluation des techniques Elisa et Western-blot dans le diagnostic de l'hydatidose sur des serums marocains et tunisiens thèse de Doctorat en Pharmacie 103 pages, 2010.
- [18] Muro C., Gomez-Puerta L.A., Flecker R.H., Gamboa R., Barreto P.V., Dorny P., Tsang V.C.W., Gilman R.H., Gonzalez A.E., Garcia H.H., O'Neal S.E., "For The Cysticercosis Working Group In Peru. Porcine Cysticercosis: Possible Cross-Reactivity of *Taenia hydatigena* to GP50 Antigen in the Enzyme-Linked Immunoelectrotransfer Blot Assay», Am J Trop Med Hyg doi: 10.4269/ajtmh.17-0378, 2017.

Evaluation technico-économique de trois (3) formules alimentaires à base des ressources locales pour l'embouche des boucs roux à Maradi au Niger

[Technical and economic evaluation of three (3) feed formulas based on local resources for the fattening of red goats in Maradi in Niger]

Abdou Dan Gomma, Salissou Issa, Yahoussa Gambo, and Mahamadou Malam Abdou

Département de Production Animale, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 429 Niamey, Niger

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

ABSTRACT: This study objective is to determine the zoo technical and economic performance of feed formulas based on local resources in meat production. This work was carried out at 60 days with 27 red goats of average weight 11.0 ± 1.39 kg, divided into 9 goats per feed formula tested in the 3 villages of the Maradi region in Niger. Three (3) formulas (F1, F2, F3) based on crushed stems of millet, sorghum, peanut haulm, cowpea, *Faidherbia albida* pods, wheat bran and cottonseed cake, have been tested in Djirataoua, Adrawa and Kataré Moussa. The results show that the ingestion and weight growth performance are similar for the 3 formulas. Growth performance is higher in bucks of formula 3, which have an average daily gain of 26 ± 3.57 g / day higher than 23.3 ± 5.67 g / day for formulas 1 and 22.5 ± 4.89 g / day for formula 2. Formula 3 has the best feed efficiency value (7 ± 1.33 kg Dry Mater in take by kg of weight gain). The production costs per goat are higher for Formula 3, which exceeds Formula 1 by 341 Franc CFA and Formula 2 by 370 Franc CFA The economic rates of return of the 3 formulas are identical (17%) but formula 3 is the most efficient, more efficient and more economically profitable. Formula 3 can be popularized with producers and livestock feed manufacturing units.

KEYWORDS: Straw, haulms, bran, coke, feeding, performance, red billy goats, Niger.

RESUME: Cette étude a pour objectif de déterminer les performances zootechniques et économiques des formules alimentaires à base des ressources locales en production de viande. Elle a été conduite en 60 jours avec 27 boucs roux de poids moyen $11,0 \pm 1,39$ kg, répartis en 9 boucs par formule alimentaire testée dans les 3 villages de la région de Maradi au Niger. Trois (3) formules (F1, F2, F3) à base des tiges broyées de mil, de sorgho, de fane d'arachide, de niébé, de gousses de *Faidherbia albida*, de son de blé et tourteau de grains de coton, ont été testées à Djirataoua, à Adrawa et à Kataré. Les résultats montrent que les performances d'ingestion et de croissance pondérale sont semblables pour les 3 formules. Les performances de croissance sont plus élevées chez les boucs de la formule 3, qui ont un gain moyen quotidien de $26 \pm 3,57$ g/j supérieur aux $23,3 \pm 5,67$ g/jour pour les formules 1 et aux $22,5 \pm 4,89$ g/jour pour la formule 2. La formule 3 a la meilleure valeur de l'efficacité alimentaire ($7 \pm 1,33$ kg de matière sèche ingérée/ kg de gain). Les charges de production par bouc sont plus élevées pour la formule 3 qui dépasse de 341 Franc CFA la formule 1 et de 370 Franc CFA la formule 2. Les taux de rentabilité économique des 3 formules sont identiques mais la formule 3 est la plus performante, plus efficace et plus économiquement rentables. La formule 3 peut être vulgarisée auprès des producteurs et des unités de fabrication des aliments pour le bétail.

MOTS-CLEFS: Tiges, fane, son, tourteau, alimentation, performances, boucs roux, Niger.

1 INTRODUCTION

Au Sahel, l'élevage contribue fortement à l'économie des pays et constitue leur avantage comparatif par rapport aux pays côtiers à qui, ils fournissent le bétail sur pieds et les produits animaux [1]. Au Niger, l'élevage joue un rôle très important dans l'économie nationale (11% PIB) et des ménages (35% au budget de ménages) ainsi que dans la sécurité alimentaire particulièrement les petits ruminants [2]. L'embouche est une activité génératrice de revenu, pratiquée dans les milieux et par toutes les couches sociales. L'embouche des petits ruminants est surtout pratiquée par les femmes pour subvenir à leurs besoins immédiats en liquidité mais cette activité est conduite le plus souvent avec un gaspillage des ressources alimentaires [3]. C'est pour contribuer à une gestion rationnelle des ressources alimentaires pour les animaux que s'inscrit cette étude conduite dans trois (3) villages de la région de Maradi au Niger. Les objectifs de ce travail sont: i) Améliorer la production de viande des petits ruminants à travers la gestion efficiente des ressources alimentaires locales pour le bétail; ii) valoriser au mieux les ressources alimentaires locales; iii) identifier les rations alimentaires efficaces et rentables à base des ressources locales pour l'embouche des petits ruminants.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 SITES DE L'ÉTUDE

L'essai a été conduit en saison des pluies pendant 60 jours (juillet à août 2019) dans 3 villages de la région de Maradi qui sont: Djirataoua avec comme coordonnées géographiques (7°14'; 13° 41'), Adrawa (7°12'; 13°44') et Kataré Moussa (6°32'; 17°72'). Ces villages sont situés en zone agricole de la région de Maradi avec une pluviométrie moyenne de 530 mm/an. Dans cette zone, les principales activités socio-économiques sont l'agriculture, l'élevage, le commerce et l'artisanat.

2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Il était constitué de 27 boucs rous de poids moyen $11,0 \pm 1,39$ kg, répartis en 9 boucs par formule alimentaire testée dans les 3 villages. Dans chaque village, les 3 formules ont été testées à raison de 3 boucs (répétitions) par formule soit 9 boucs par village. La repartition des boucs par formule a été faite au hasard.

2.1.3 ALIMENTATION

Au cours de l'essai, 3 formules alimentaires à base des ressources alimentaires locales ont constitué l'alimentation des boucs rous pendant les 60 jours qu'a duré l'étude dans les 3 villages. La formulation des aliments composés (tableau 1), était à base des ressources alimentaires locales et disponibles dans les villages.

Tableau 1. *Différentes formules alimentaires testées sur les boucs rous dans les 3 villages*

INGREDIENT	FORMULE 1	FORMULE 2	FORMULE 3
Tige de mil broyée (%)	20	0	0
Tige sorgho broyée (%)	0	20	10
Fane d'arachide (%)	5	0	20
Fane de niébé (%)	0	0	10
Fane de dolique (%)	10	15	10
Gousse de <i>Faidherbia Albida</i> (%)	30	30	10
Tourteau de coton (%)	15	15	20
Son de blé (%)	15	15	15
Sel de cuisine (%)	5	5	5
Total de pourcentage	100	100	100

2.1.4 PETIT MATÉRIEL DE TERRAIN

Il est constitué des pesons électroniques de portée 40 kg pour la pesée des aliments, des pesons mécaniques de portée 50 kg pour la pesée des boucs et des trépieds métalliques.

Les bidons en polyéthylène de 25 litres coupés longitudinalement ont servi de mangeoire et d'abreuvoir pour les boucs au piquet sous des hangars en matériaux locaux (ferme-école) dans les villages.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le tableau 2 donne le dispositif expérimental de l'essai d'alimentation sur les boucs roux par site (village).

Tableau 2. *Dispositif expérimental du test conduit dans les villages de Djirataoua, d'Adrawa et de Kataré Moussa*

Paramètres	Djirataoua			Adrawa			Kataré Moussa		
Formule alimentaire	Formule 1	Formule 2	Formule 3	Formule 1	Formule 2	Formule 3	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Nombre bouc/formule	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ration (g/j)	500	500	500	500	500	500	500	500	500

2.2.2 CONDUITE ALIMENTAIRE

Après une phase d'adaptation de 14 jours dans chaque village, les boucs ont été conduits sous un même hangar en matériaux locaux pendant 60 jours et les rations de 500 g/jour leur ont été servies en 2 repas par jour (matin, soir) dans des mangeoires individuelles en plastique ainsi que l'eau d'abreuvement *ad libitum*. Le contrôle de l'ingestion des aliments (quantités distribuées, refus, quantités ingérées) a été effectué en 2 jours par semaine pendant l'expérimentation dans les villages.

2.2.3 CONDUITE SANITAIRE

Tous les boucs ont été déparasités avec Ivermectine et vaccinés contre la pasteurellose et la peste des petits ruminants dès leur acquisition. Des traitements curatifs ont été administrés aux boucs malades avec des antibiotiques (Oxytétracycline 20%) et anti-diarrhées (Diaroban).

2.2.4 COLLECTE DES DONNÉES

Les échantillons des aliments composés testés ont été prélevés pendant les séances de fabrication des aliments des différentes formules alimentaires. Les données d'ingestion des aliments des différentes formules par les boucs, ont été collectées sur les fiches individuelles tous les 2 jours par semaine. Après le démarrage, les données de croissance pondérale des boucs sont mesurées mensuellement en 2 jours successifs et enregistrées sur les fiches individuelles durant toute la période de l'expérimentation.

2.2.5 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

L'analyse de la variance (ANOVA) des données a été faite avec le logiciel SPSS STATISTICS-Version 25 selon la procédure General Linear Model (GLM) et la comparaison des moyennes a été faite avec le test Least Significant Difference (LSD) au seuil de 5%.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DES DIFFÉRENTS ALIMENTS UTILISÉS

Les analyses bromatologiques ont été réalisées au Laboratoire d’Alimentation et de la Nutrition Animales (LANA) de l’Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). La caractérisation chimique des aliments composés des formules, a consisté à la détermination de la matière sèche (MS), matière minérale (MM), la cellulose brute (CB), matière azotée totale (MAT) et extrait éthéré (EE). Les caractéristiques chimiques des différents aliments utilisés sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3. Composition chimique des différents aliments composés testés

Nom de l'échantillon	Matière sèche (%)	En % de matière sèche				
		Matière minérale	Cellulose	Matière azotée totale	Extrait éthéré	Extractif non azoté
Formule 1	94,5±0,11	13,1±0,23	25,2±0,30	13,2±0,05	2,33±0,23	27,57±0,13
Formule 2	94,3±0,03	13,3±0,48	29,9±0,12	15,8±0,09	3,22±0,04	18,78±0,03
Formule 3	94,5±0,03	13,0±0,04	28,3±0,31	15,5±0,01	3,33±0,12	21,37±0,03

3.2 PERFORMANCES D’INGESTION DE LA MATIÈRE SÈCHE ET DE CROISSANCE PONDÉRALE DES BOUCS PAR FORMULE ALIMENTAIRE TESTÉE

De toutes les variables analysées, la formule alimentaire et son interaction avec la localité n’ont pas d’effet significatif sur l’ingestion de la matière sèche et sur le gain de poids vif des boucs rous ($p>0,05$). Par contre la formule a un effet significatif sur le poids final ($p=0,016$) et la localité (village) a un effet significatif sur la consommation de la matière sèche ($p=0,009$) au seuil de 5% (tableau 4). Les moyennes élevées de poids final ont été réalisées par les boucs recevant les aliments des formules 3 et 2 avec respectivement les valeurs de 13,4 et 12,6 kg. Les moyennes du gain moyen quotidien (GMQ) n’étant pas significativement différentes entre les formules testées, les boucs de la formule 3 ont eu la plus grande valeur de ce paramètre (26g/j). Les moyennes de l’indice de consommation par formule ne sont pas aussi significativement différentes mais la formule 3 s’est avérée plus efficace avec 1kg MS/kg gain PV de moins que les formules 1 et 2 (tableau 4). Pour toutes les variables analysées, l’interaction formule-village n’est pas significative ($p>0,22$) au seuil de 5%.

Tableau 4. Performances d’ingestion de la matière sèche et de croissance pondérale des boucs par formule alimentaire testée

Paramètres	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Nombre de bouc	9	9	9
Matière sèche ingérée totale (Kg)	27 ^a ±0,36	27 ^a ±0,76	28 ^a ±0,43
Matière sèche ingérée totale (g/j)	435,8 ^a ±9,71	430,8 ^a ±8,36	451,1 ^a ±6,10
Matière sèche ingérée/kg ^{0,75}	77,5 ^a ±3,07	70,0 ^a ±2,66	70,3 ^a ±1,93
Poids initial (kg)	9,5 ^a ±0,51	11,2 ^a ±1,21	11,7 ^a ±1,42
Poids final (kg)	10,8 ^a ±0,28	12,6 ^{ab} ±0,90	13,2 ^b ±1,27
Gain poids vif (kg)	1,4 ^a ±0,78	1,6 ^a ±0,76	1,6 ^a ±0,39
Gain Moyen Quotidien (g/j)	23,3 ^a ±5,67	22,5 ^a ±4,89	26,0 ^a ±3,57
IC (kg MSIT / kg Gain PV)	8,0 ^a ±2,11	7,8 ^a ±1,82	6,8 ^a ±1,33

Sur la même ligne, les moyennes ayant la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

3.3 PERFORMANCES D’INGESTION DE LA MATIÈRE SÈCHE ET DE CROISSANCE PONDÉRALE DES BOUCS PAR LOCALITÉ

Les moyennes d’ingestion de la matière sèche sont significativement différentes ($p=0,013$) entre Djirataoua et celles de 2 autres villages qui sont similaires (tableau 5). La localité n’a pas eu d’effet significatif sur les performances de croissance des boucs rous ($p>0,05$). La comparaison des moyennes d’ingestion de matière sèche entre les villages, fait ressortir que la

consommation est plus élevée et identique à Adrawa et à Kataré par rapport à Djirataoua (tableau 5). Les moyennes de performances de croissance et de l'indice de consommation ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) au seuil de 5% entre les villages. La meilleure valeur de la moyenne de l'indice de consommation est celle réalisée les boucs à Djirataoua et Adrawa alors que la plus faible est obtenue à Kataré Moussa.

Tableau 5. Performances d'ingestion de la matière sèche et de croissance pondérale des boucs par localité

Paramètres	Djirataoua	Adrawa	Kataré Moussa
Nombre de bouc	5	5	4
Matière sèche ingérée totale (Kg)	25 ^b	27 ^a	28 ^a
Matière sèche ingérée totale (g/j)	411,0 ^b ±7,47	451,2 ^a ±7,47	465,3 ^a ±9,15
Matière sèche ingérée (g/kg ^{0,75})	65,7 ^b ±2,36	75,2 ^a ±5,07	76,5 ^a ±2,89
Poids initial (kg)	11,1 ^a ±2,15	10,7 ^a ±1,21	11,3 ^a ±0,97
Poids final (kg)	12,6 ^a ±2,17	12,3 ^a ±1,10	12,7 ^a ±1,27
Gain poids vif en 60 jours (kg)	1,5 ^a ±0,68	1,6 ^a ±0,55	1,4 ^a ±0,38
Gain Moyen Quotidien (g/j)	24,6 ^a ±11,24	27,4 ^a ±9,20	23,8 ^a ±8,72
IC (kg MSIT / kg Gain de poids vif)	17 ^a ±1,63	17 ^a ±1,63	20 ^a ±1,99

Sur la même ligne, les moyennes ayant la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

3.4 VARIATION DES POIDS VIFS DES BOUCS PAR FORMULE ALIMENTAIRE AU COURS DE L'EXPÉRIMENTATION

L'évolution des poids vifs moyens des boucs par formule a connu une progression positive pour les formules 1 et 3 par contre ceux de la formule 2 ont connu une légère baisse à la fin de l'expérience passant de 11,4 kg à 11,2 kg (figure 1).

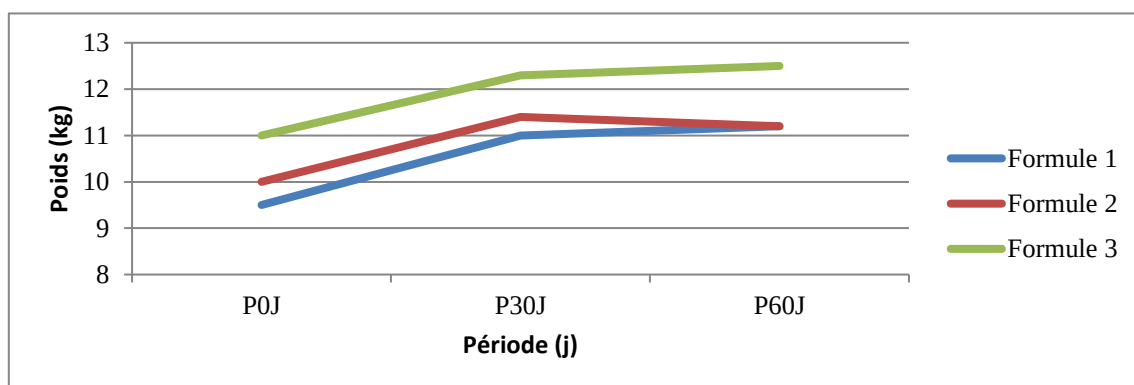


Fig. 1. Variation de poids vifs des boucs par formule alimentaire au cours de l'expérience

4 EVALUATION ÉCONOMIQUE DES FORMULES ALIMENTAIRES TESTÉES EN EMOUCHE DES BOUCS

4.1 PRIX DES INGRÉDIENTS ET LE COÛT ALIMENTAIRE DU KG DE GAIN DE POIDS VIF

Les prix des ingrédients utilisés ont été collectés au cours de suivi dans les villages et sur le marché de Djirataoua durant la période de l'essai (juillet à août 2019). La production moyenne du fumier par bouc et par jour est de 0,41kg/tête et le prix de vente moyen dans les 3 villages est 31F/kg. Le calcul du coût alimentaire du kg de gain de PV, a été fait sur la quantité totale d'aliment consommée par formule, les coûts unitaires (kg) des différents ingrédients utilisés et le gain total de poids vif par formule. Les différents prix des ingrédients, du fumier et les coûts alimentaires du kg de gain de poids vif par formule, sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6. Prix moyen des différents ingrédients sur les marchés locaux

Ingrédient	Unité locale	Prix unité locale	Poids unité locale (kg)	Prix / kg (F CFA)
Tige de mil	Botte	200±0,00	13	15
Tige de sorgho	Botte	300±0,00	15	20
Fane d’arachide	Sac	1750±125	17	81
Fane de niébé	Botte	275±25	6	46
Fane de dolique	Botte	300±0,00	8	38
Gousse de Gao	Sac	1625±125	21	77
Tourteau de coton	Sac	7750±250	50	155
Son de blé	Sac	5000±0,00	50	100
Sel de cuisine	kg	275±25	1	275
Kanwa (Natron)	Tia	350±0,00	4	88
Sel de Foga	Tia	600±0,00	5	150
Sel de Bilma	Bloc	500±0,00	5	100
Fumier	Sac	350±9	11,5	31

4.2 CALCUL DES CHARGES ET DES PRODUITS DE L’EMBOUCHE DES BOUCS

Les prix de d’achat et de vente des boucs sont ceux enregistrés sur les marchés locaux de Djirataoua et Dogon Farou, fréquentés par les populations des 3 villages sites de l’essai de juin à septembre 2019. Le tableau 7 donne les différentes charges moyennes par formule. Il ressort des résultats de ce tableau que le coût alimentaire du kg de gain de poids vif de la formule 1 est le plus élevé que ceux des formules 3 et 2 dont la différence de coût alimentaire du kg de gain par rapport à la F1 est de 225 F.

Tableau 7. Charges de production des boucs par formule alimentaire testée

Paramètres	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Nombre de boucs rous (tête)	9	9	9
Prix d’achat moyen de boucs	15000	15000	15000
Coût du kg l’aliment par formule (F CFA)	86	85	94
Quantité moyenne totale d’aliment consommée par bouc (kg)	27	27	28
Coût de carburant de broyage des ingrédients par formule (F CFA)	47	45	48
Coût moyen de l’aliment d’un bouc par formule (FCFA)	2322	2295	2632
Gain de poids vif réalisé par bouc par formule (kg)	1,4	1,6	1,6
Coût alimentaire du kg de gain de poids vif (F CFA)	1659	1434	1645
Coût moyen des produits vétérinaires /bouc/formule (F CFA)	450	450	450
Coût de main d’œuvre/tête (F CFA)	6000	6000	6000
Charges totales de production par bouc (F CFA)	23819	23790	24160

4.3 BÉNÉFICE NET MOYEN, TAUX DE RENTABILITÉ PAR BOUC ET PAR FORMULE

Les résultats de l’évaluation économique des différentes formules alimentaires, font ressortir que la formule 1 est la plus coûteuse (1659 FCFA/ kg de gain de Poids vif) par rapport aux 2 autres (2 et 3) qui ont respectivement 1434 et 1645 F CFA comme coût alimentaire du kg de gain de poids. La formule 3 est plus rentable que les formules 1 et 2 avec respectivement 3951 et 3980F CFA de bénéfice net par bouc. Les 3 formules ont des taux de rentabilité économique identique de 17% (tableau 8).

Tableau 8. *Bénéfice net et taux de rentabilité par bouc et par formule alimentaire*

Paramètres	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Nombre de boucs roux (tête)	9	9	9
Prix de vente des animaux (FCFA/bouc)	27000	27000	27500
Production moyenne du fumier /bouc/ en 74 j (kg)	30,3	30,3	30,3
Prix de vente du fumier produit/bouc (F CFA)	970	970	970
Recette par bouc (FCFA)	27970	27970	28470
Bénéfice brut (F CFA)	3109	3171	3299
Amortissement équipement (broyeur et petit matériel)	200	200	200
Bénéfice net (FCFA)	3951	3980	4130
Taux de rentabilité économique (%)	17	17	17

Taux de rentabilité économique (%) = Bénéfice net/capital investi x 100

5 DISCUSSION

La similitude des performances d'ingestion de la matière sèche et de croissance réalisées par les boucs des différentes formules alimentaires, peut s'expliquer d'une part, par même forme de présentation physique (même granulométrie) de ces aliments composés et d'autre part, par leurs caractéristiques chimiques semblables. Les moyennes d'ingestion de la matière sèche enregistrées sont supérieures aux 391g/j obtenus par [4] et inférieures aux 548g/j obtenus par [5] avec les boucs roux en station ainsi qu'aux 585,05g/j enregistrés par [6]. L'incorporation de fane à 40% dans la formule 3, a permis aux boucs bénéficiaires de réaliser les meilleures performances d'ingestion et de croissance pondérale. Bien que les moyennes de gain moyen quotidien des boucs soient relativement faibles par rapport au potentiel de croissance des boucs roux; ceux recevant les aliments de la formule 3 ont eu un croît légèrement supérieur à celui des boucs nourris avec les aliments des formules 1 et 2. La ressemblance des performances zootechniques obtenues avec les 3 formules peut s'expliquer par la qualité nutritive (teneur en matière azotée, matière grasse) qu'ont les aliments composés avec les ressources alimentaires locales. Ces caractéristiques chimiques ont favorisé l'activité microbienne du rumen d'où proviennent les nutriments qui ont satisfait les besoins nutritionnels des boucs qui ont réalisé des performances de croissance pondérale appréciables. Les moyennes de gain de poids réalisé par les boucs nourris aux aliments des 3 formules testées, sont inférieures aux 30,03 g/j obtenus par [6] et aux 65,3 g/j enregistrés chez les boucs roux par [7], par [8] et sont supérieures à celles obtenues sur les boucs roux en embouche en saison des pluies par [9] et par [4]. Le faible croît obtenu chez les boucs des 3 formules, peut être inhérent à la saison de l'étude quand on sait que les caprins sont très sensibles à l'humidité qui réduit leur appétit et impacte négativement sur leur croissance. La baisse de croissance pondérale observée chez les boucs des 3 formules entre le 30^{ème} et le 60^{ème} jour, peut se justifier par les mauvaises conditions d'élevage des boucs élevés dans des hangars perméables à l'eau de pluie en août 2019.

Les moyennes de l'indice de consommation (IC) sont sensiblement identiques variant entre 7 et 8 kg MS/Kg de gain de poids vif. La meilleure moyenne de l'efficacité alimentaire de 7 kg MS/kg gain de poids vif, a été réalisée par les boucs de la formule 3. Ces valeurs de l'IC sont meilleures aux 10 kg MS/kg gain PV obtenues par [7] avec les boucs roux nourris avec une ration plus riche (14% matière azotée totale) renfermant 70% de foin de *Sorghum alnum* et 30% de foin de *Lablab purpureus* hay.

Les charges totales de production par formule et par bouc sont plus élevées pour la formule 3 dont la différence avec les formules 1 et 2 sont respectivement de 341 et 370 F CFA.

Les coûts du kg de gain de poids vif le plus bas ont été obtenus avec les aliments des formules 2 et 3, qui sont respectivement 1434 et 1645 F CFA contre 1659F pour la formule1. Ces coûts de revient du kg de gain de PV sont plus élevés que les 808 F/kg de gain obtenus par [9].

La similitude de la rentabilité économique des 3 formules peut s'expliquer d'une part, par les caractéristiques chimiques identiques des aliments qui en sont issus et, d'autre part, par les performances zootechniques semblables réalisées par les boucs des 3 formules.

6 CONCLUSION

Au même taux d’incorporation (20%) dans les rations alimentaires, les tiges de sorgho broyées ont permis la réalisation du meilleur gain de poids vif que les tiges de mil broyées.

L’incorporation des fanes (dolique, arachide, niébé) à partir de 15% a amélioré les performances de croissance pondérale des boucs et l’efficacité alimentaire des rations d’embouche.

Les formules 2 et 3 contenant respectivement 15% de fane de dolique et 40% de fane (arachide, niébé, dolique) ont permis aux boucs de réaliser une bonne croissance pondérale qui est supérieure à celle des boucs nourris avec l’aliment de la formule 1 avec 15% de fane (niébé, dolique).

Toutes les 3 formules testées ont permis la réalisation des performances de croissance et économiques acceptables en saison des pluies. Elles peuvent être utilisées par les unités de fabrication des aliments composés pour l’embouche des petits ruminants.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement, toutes les personnes ayant participé à la réalisation de ce travail particulièrement au personnel de MERCY – CORPS–Niger. Nos remerciements vont à l’USAID pour avoir financé ce travail à travers l’ONG MERCY-CORPS – Niger dans le cadre du projet ENHANCE- BURKINA FASO-NIGER.

CONFLIT D’INTERET

Les auteurs du présent manuscrit déclarent qu’il n’y a aucun conflit d’intérêts entre eux.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Dans la réalisation de la présente étude, A. Dan Gomma, S. Issa, G. Yahoussa et M. Malam Abdou ont contribué à l’élaboration du protocole expérimental, à la collecte et analyse des données ainsi qu’à la rédaction et correction de ce manuscrit.

REFERENCES

- [1] CEDEAO et le Secrétariat du CSAO/OCDE Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest Potentialités et défis. 163 pages. 2008.
- [2] Ministère de l'Élevage du Niger. Stratégie de Développement Durable de l'Elevage (SDDEL). 2013-2035).61pages (2012-2035) TOME 1: La Stratégie du 27 février 2012.
- [3] A.Dan Gomma, M. M'Bareck, S. Ayssuwede, I. Salissou, M. A. Mahamadou, S. Siddo, G.Ibro, I. Baye, M. Mamann, I. Chaibou, M. Chaibou, M. Moutari et M. Chanono. Evaluation technique et économique des formules alimentaires de blocs multi nutritionnels d'embouche ovine au Niger. *Agronomie Africaine* 29 (1): 1 - 11 (2017).
- [4] Nouhou Moussa. Effets d'une substitution du tourteau de graines de coton par les gousses de *Piliostigmareticulatum* (De.Candolle) Hochstetter dans l'alimentation, sur les performances de croissance de la chèvre rousse de Maradi. Mémoire de Diplôme de Master en Productions Animales et Développement Durable Spécialité: Ingénierie des Productions Animales. Ecole Inter--Etatsdes Sciences et Médecine Vétérinairede Dakar (EISMV) -Dakar. 30 pages. 2014.
- [5] Usman, H. B; Maigandi, S. A; Hassan, W. Akin. and Daneji, A. I. Growth Performance and Nutrient Utilization by Sokoto Red Goat Kids Fed Fore Stomach Digesta as replacement for Cowpea Husk. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences* (2008): 16 (1): 62-70 ISSN 794-5696. Department of Biology, Faculty of Natural and Applied Sciences, Katsina State University, Katsina, Nigeria. 2008.
- [6] Garba SALEH and Abdul'aziz ABUBAKAR. Performance And Nutrients Intake Of Fattening Kano Brown Buck Goats Fed Diets Containing Sugarcane Peels Meal. *International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research* 4 (4): 1-6, Oct.-Dec., 2016.
- [7] Hamani Marichatou, L. Mamane, Maxime Banoin, G. Baril. Performances zootechniques des caprins au Niger: étude comparative de la chèvre rousse de Maradi et de la chèvre à robe noire dans la zone de Maradi. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* 2002, 55 (1): 79-84. 2002.
- [8] Ishiaku, Y. M., Hassan, M. R., Tanko, R. J., Amodu J. T., Abdu, S. B., Ahmed S. A., Abdullahi, U., Ibrahim H., Bello, I. U., Ibrahim, H., Munza, B. M., and Salisu, S G..Performance and Cost Benefit of growing Red Sokoto Goat fed varying levels of sorghum Almun and Lablab purpureus hay mixture with concentrate supplementation. *J. Anim. Prod. Res.* (2018) 30 (2): 97-107 97. National Animal Production Research Institute Ahmadu Bello University-Zaria- Kaduna State, Nigeria.
- [9] Mahamadou MALAM ABDU, Salissou ISSA, Abdou. DAN GOMMA, Germain Jérôme SAWADOGO.. Analyse technico-économique des Aliments densifiés sur les performances de croissances des boucs roux de Maradi au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (1): 280-292, February 2017.ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). 2017.

Analyse socio-environnementale d'espèces halieutiques menacées d'extinction sur le fleuve Congo et son hinterland dans la province de l'équateur (RDC)

[Socio-environmental analysis of endangered fish species on the Congo River and its hinterland in Equateur Province (DRC)]

Matthieu Sekalo Mandele¹, Malasse Lungunza¹, D.E. Musibono², Camille Nsimanda², and Ifuta Ndey²

¹Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR), Province de l'Equateur, Mbandaka, RD Congo

²Département de l'environnement, Faculté de sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: The biodiversity of the Congo Basin is a resource that must be well known and managed. Despite the strong pressure exerted on it, biodiversity still contains emblematic species that must be preserved. In addition to their biological importance, tropical forests remain essential for the riparian populations. Hence the need for rational and efficient management.

We were interested in a seasonal catch assessment of endangered species fish. The results obtained during this research prove the failure to respect the capture of certain species of fish without taking into account the respect of the season (the calendar, the fishing zones as well as the biological maturity).

This state of affairs sufficiently proves that the Ministry of Agriculture, Fisheries and Livestock as well as that of the Environment, Nature Conservation and Tourism through the various services do not apply the regulatory measures for conservation of halieutic diversity.

KEYWORDS: Fish species, Congo river, biodiversity, fish.

RESUME: La biodiversité du Bassin du Congo est une ressource qui doit être bien connue et gérée. Malgré la forte pression qui s'y exerce, la biodiversité renferme encore des espèces emblématiques qu'on doit assurer leur conservation. Outre leur importance biologique, les forêts tropicales restent primordiales pour les populations riveraines. D'où la nécessité d'une gestion rationnelle et efficace.

Nous nous sommes intéressés à une évaluation saisonnière de capture des poissons espèces menacées en voie de disparition. Les résultats obtenus lors de cette recherche prouvent le non-respect de capture de certaines espèces des poissons sans tenir compte de respect de saison (le calendrier, les zones de pêche ainsi que de la maturité biologique).

Cet état de chose, prouve à suffisance que, le ministère de l'Agriculture, Pêche et Elevage ainsi que celui de l'Environnement, Conservation de la nature et Tourisme à travers les différents services n'appliquent pas les mesures de réglementation pour la conservation de la diversité halieutique.

MOTS-CLEFS: Espèce halieutique, fleuve Congo, biodiversité, poisson.

1 INTRODUCTION

Au niveau mondial, les populations qui vivent essentiellement de l'agriculture, de la pêche et même de l'élevage représentent près de trois milliards de personnes, soit la moitié de la population mondiale. C'est parmi cette catégorie que l'on trouve un plus grand nombre de personnes en situation de pauvreté économique. Selon les statistiques récentes, la pêche artisanale fait vivre 100 millions de personnes dans le monde et la plupart des petits pêcheurs sont très pauvres [1].

Leurs intérêts ne sont pas souvent pris en compte par leurs gouvernements qui accordent plus de subventions à la pêche industrielle quand ils ne laissent pas simplement faire. Face à ces inégalités, le renforcement, l'expression et l'alliance des organisations paysannes et de pêcheurs artisans au niveau international sont essentiels. Grâce à cette stratégie ces pêcheurs pourront participer et contribuer à la résolution des grands problèmes qui se présentent au niveau National et international [2].

La pêche, y compris l'aquaculture, apporte une contribution fondamentale à l'alimentation, à l'emploi, aux loisirs, au commerce et au bien-être économique des populations du monde entier, qu'il s'agisse des générations présentes et futures, et devrait, par conséquent, être conduite de manière responsable.

Le code de conduite pour une pêche responsable définit les principes et des normes internationales de comportement pour garantir des pratiques responsables en vue d'assurer effectivement la conservation, la gestion, et le développement des ressources bio aquatiques, dans le respect des écosystèmes et de la biodiversité. Il reconnaît en outre l'importance nutritionnelle économique, sociale, environnementale et culturelle de la pêche et intérêt de tous ceux qui sont concernés dans ce secteur [2].

En Afrique, la pêche dans le but de construire un cadre efficient pour l'Afrique, une étude préliminaire relative à l'Etat des lieux des organisations de pêche a été conduite par le Réseau APM Afrique et le Canadel avec l'appui financier de la Fondation Charles Léopold Mayer pour le Progrès de l'Homme. Ce rapport de synthèse retrace de façon exhaustive l'état des lieux des organisations des pêcheurs artisans des domaines continentale et maritime dans quatre pays; il s'agit du Gabon du Cameroun, du Tchad et de la République Démocratique du Congo (RDC).

La pêche artisanale en République Démocratique du Congo constitue de plus en plus une menace contre la biodiversité halieutique.

En effet, le recours aux méthodes et aux instruments de pêche illicites telle que: l'étoile moustiquaire, de filet en petite maille, des explosifs, des plantes *ithyotoxiques* etc., Constituent un véritable massacre de la biodiversité.

En république Démocratique du Congo, La production nationale de la pêche est estimée à environ 200 000 tonnes par an. La consommation par habitant et par an est estimé à 6 Kg / an soit une consommation totale annuelle estimée à 400000 tonnes. Le solde des besoins est satisfait par des importations de poissons congelés bon marché; moins cher que les poissons locales; un luxe.

200 000 Tonnes sont importés en 2006 représentant une valeur d'environ 75 millions d'USD. Bien qu'il ne soit pas possible d'établir une image fiable de la production actuelle et du potentiel des pêches de la République Démocratique du Congo ; les données statistiques et autres sur les divers plans d'eaux font défaut ou sont périmées ; Il est évident que l'économie potentielle du pays est actuellement sous exploitée [5].

Mbandaka en particulier, a une importance de pêche en République Démocratique du Congo, vu cette même situation anti conservation de la biodiversité halieutique, nous avons, par ce travail voulu vérifier cette situation par l'analyse saisonnière (période cru, d'étiage en inventoriant les espèces des poissons vendues sur les marchés, avec attention particulière aux espèces ayant disparues ou menacées de disparition.

Pour se faire, nous avons pu faire sélectionner les marchés et l'inventaire pendant la période de crue et d'étiage auprès des pêcheurs et vendeurs aux marchés.

Depuis des siècles l'environnement ou la nature a été considéré par l'homme comme un bien inépuisable, gratuit et éternel. Aujourd'hui, il faut à l'inverse traiter l'environnement comme un bien rare coûteux, fragile et menacé de la disparition de sa biodiversité [6].

Nos ancêtres pratiquaient les différentes techniques de pêche traditionnelles dont chacune d'elle s'était utilisée pendant des saisons bien déterminées dans le souci d'exploiter rationnellement ses ressources halieutiques communes.

De nos jours, il s'observe une mauvaise gestion des ressources naturelles, des écosystèmes forestiers et aquatiques. Les tabous et interdits qui étaient un mal nécessaire et souvent jouaient le rôle de la protection et la conservation des ressources naturelles ne sont plus actuellement respectés.

Aujourd'hui, les pratiques de pêche se font jour et nuit sans le respect du calendrier de pêche. A cela s'ajoute l'utilisation des techniques de pêche illicite, les plus variées voir les plus douteuses qui sont utilisées dans nos milieux sans respect des normes établies.

A titre indicatif, nous pouvons relever l'utilisation de moustiquaires imprégnées comme filets, l'utilisation des grenades par des hommes en uniformes pour la pêche, ainsi que l'utilisation des produits chimiques et ichtyo-toxiques [7].

En effet la production actuelle est inférieure par rapport au potentiel qui est important grâce à la présence des grandes plaines inondées (des lacs et marécages).

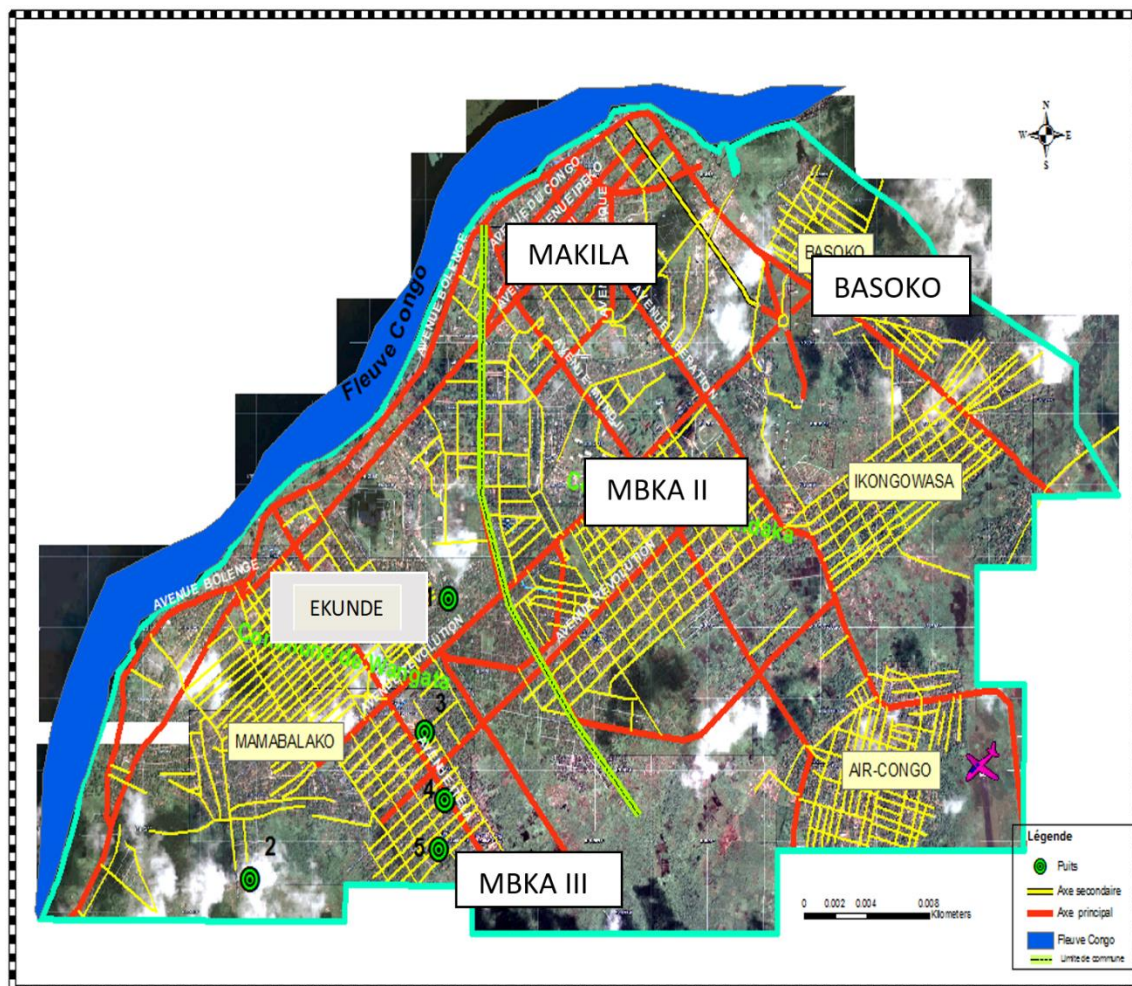
Dans la ville de Mbandaka, la consommation annuelle du poisson était de 7,3 Kg par habitant par an et aujourd'hui elle est de 4 kg par habitant par an. Ce qui justifie la consommation per caput de la population est au-dessous au seuil de la carence [8].

2 MILIEU, MATERIEL, METHODES, RESULTAT ET DISCUSSION

Dans cette partie qui stipule sur la présentation et discussion des résultats, cette étude montre jusqu'ici que, la population pêcheur de la ville de Mbandaka est loin de comprendre les mécanismes de la gestion rationnelle des ressources halieutiques.

Il sied même de dire que qu'à cause de son ignorance, le pêcheur de Mbandaka exploite même au-delà de leurs besoins justifiables. L'idéal serait de mettre en place une politique efficace de l'information sur l'éducation mésologique qui va de temps à l'autre, édifier les pêcheurs et leur permet d'un engagement conscient de la prise en compte des préoccupations environnementales.

2.1 MILIEU D'ÉTUDE



Carte 1. Ville de Mbandaka avec identification de 5 sites de recherche

Source: Nos données du terrain 2018

Tableau 1. Sites identifiés et leurs Coordonnées géographiques

N°	Site	Coordonnée Géographique	Figure 1/Tableau
1	Marché Ekunde	- Position: ± 8 m - N 00°042'21° - E 018°238'3°	
2	Marché Mbandaka 2	- Position: ± 12 m - N 00°042'70° - E 018°245'47°	
3	Marché Mbandaka 3	- Position: ± 7 m - N 00°037'23° - E 018°259'30°	
4	Marché Basoko	- Position: ± 8 m - N 00°06'303° - E 018°275'47°	
5	Marché Wendje Makila	- Position: ± 10 m - N 00°055'33° - E 018°252'264°	

Source: nos données du terrain 2015

Le tableau ci-dessus fait mention de dénombrement des sites identifiés avec leurs coordonnées géographiques. Les espèces sur les images montrent également leur fréquence selon le marché.

3 RÉSULTATS

Après l'analyse des données, les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux qui suivent:

Tableau 2. Résultats 1. Clé d'espèces identifiées

N°		Caractéristique de l'espèce	Taille, Poids et provenance
1.	Famille protopteridae Genre <i>Protopterus dolloi</i> -Owen (1839), -Boulenger, (1900-1909),	 - Habitat: zones forestières inondées du bassin inférieur du fleuve; - Nom commercial: Anguille; - Nom vernaculaire: Nzombo, Bowayo; - Taille maximale connue: 130 cm LT. - Poids: 17 kg Outre les caractères de la famille énumérés ci-dessus, l'espèce est reconnue par ses nageoires pectorales et ventrales longues et filiformes. Les protoptères possèdent des organes de respiration branchiale, mais aussi des poumons ce qui leur permet de survivre dans des milieux pauvres en oxygène ou des milieux aquatiques temporaires. Capturée sur la rivière Ruki Mai 2017 <i>protepterus dolloi</i>	 Captée en Juin 2015 - Taille 30 cm de long - Poids: 1 g - Provenance: campement: sortie de rivière Likelemba. A Mbandaka, par contre cette espèce de <i>dolloi</i> est capturée toute l'année par les pêcheurs en utilisant souvent les techniques irresponsables, ce qui fait que l'espèce capturée n'atteint pas sa maturité physiologique, comme le démontre la figure ci-dessus.
2	Famille <i>Osteoglossidae</i> Genre <i>Heterotis niloticus</i> (Miiller, 1843), Cuvier (1829), Boulenger (190)	 Habitat: zones forestières inondées du bassin inférieur du fleuve;	 A Mbandaka, Captée en Mai 2015 Taille: 15 cm de long

		- Nom commercial: Lamer; et - Nom vernaculaire: Kongo ya sika; - Taille maximale connue: 980 mm LS. - Taille à la capture: 35 cm - Poids: 15kgs D'après Boulenger, 1907 <i>Heterotis niloticus</i> est caractérisé par les nageoires dorsales artisanales allongées et situées très en arrière du corps. La nageoire caudale petite, est arrondie. Cette espèce initialement inconnue du bassin inférieur a été introduite au Gabon à des fins de pisciculture. En RDC, sa croissance est rapide et sa présence encourageante dans les étangs du fait de ses nombreuses apparitions en surface au stade alevins et adultes.	- Poids: 1 g - Provenance: campements: sortie de rivière Bomongo. Cette espèce est apparue à L'Équateur vers les années 1960-1961, sous le nom de Kongo ya sika (nouvelle Congo) autre nom Lamer signifie sa provenance vers la mer lors de la grande inondation de 1960-1961. Après l'étiage, l'espèce est restée et a commencé à se développer sur le fleuve Congo et ses affluents (Botoiza M.2017). 1. Provenance: Fleuve Congo et ses affluents: Bomongo, Ngiri, Mobeka, l'espèce peut se reproduire dans un étang piscicole si l'on respecte son éthologie, comme le cas de l'Institut Supérieur de Développement Rural qui a tenté de multiplier cette espèce aux étangs piscicoles de Besenge. Elle est capturée au mois d'Aout, octobre, septembre, novembre et décembre (pêche responsable). Toutes les autres conditions de vie sont de même avec <i>distichodus</i>, sauf elle est trop exigeante pour son aliment; souvent elle mange les algues. - Techniques de pêche: filet lingofa n°8, Filet bindo ou kotobindo n°8 (pêche responsable), - Même filet appelé 0,1 et 2 boutons et nduka pressé pratiquées au mois de janvier, février et presque toute l'année sont plus dangereuses, car elles captent tout. - Longueur de ce filet est de 250 m, et 7m de profondeur. - Sa conservation se fait sous forme de salaison, - La ponte se fait pendant la période de crue sous les gros arbres.
3	Famille <i>Distichodontidae</i> Genre <i>Distichodus notospilus</i> Günther (1867), Boulenger (1909)		 A Mbandaka Cette espèce est capturée sur le fleuve Congo. Captée en Décembre 2015

		- Nom vernaculaire: Mbotu; - Taille maximale connue: 195 mm LT. - Mesure 30 cm de long - Poids: 18 kg Le corps court, plus ou moins élevé et fortement comprimé, dorsale avec plus de 15 rayons, adipeuse et caudale souvent écaillées. L'espèce se distingue assez facilement par la couleur de ses nageoires qui sont toutes rouges, 37 à 40 écailles en ligne latérale. La dorsale présente en plus à la base une tache noire caractéristique, le corps est moins allongé, et la bouche est courte que celle d'autres espèces (Jean Daniel M. et Guy G. Teugels 2003)	- Taille 10 cm de long - Poids: 1 g - Provenance: campements: en aval du fleuve Congo Tukina, Les sites de pêche à Mbandaka sont Lolanga, Mainzenze, Tukina face de Wendji Secli, Sombele et Maita. La bonne période de capture: Janvier, Février, Septembre, Octobre et novembre. (Pêche responsable) - technique de capture: Filet Lingofu n° 8 et Bindo ou Kotobindo. Tandis que ce même filet n° 0-1 et 2 qu'on appelle zero bouton et nduka pressé sont très dangereux, elle capture presque tout (pêche irresponsable).
4	Famille des <i>Channidae</i> Genre <i>Parachanna Obscura</i> Gunther, (1861), Tuegels et Daget (1984) Bonou et Tuegels (1985) <i>Parachanna obscura</i>.	 28.06.2015 18:42 - Habitat: zones forestières inondées, rivières, affluents du bassin inférieur du fleuve et du lacs comme Tumba à bikoro; - Nom commercial: Mongusu; - Nom vernaculaire: Mongusu; - Taille maximale connue: 341 mm LS. - Poids: 16 kg Ce genre était connu sous le nom <i>Ophiocéphalus obscurus</i>, nouvelle. On la trouve au Gabon, dans le Nil et dans les bassins du Sénégal, du Tchad et du Congo. C'est un prédateur ichthyophage habitat les eaux calmes ou de lagunes riches en végétation aquatique. Il mesure 450mm et pèse 15.80 g. Isangu M. (2014). Le corps de cette espèce est allongé et cylindrique. Les nageoires dorsale et anale sont longues, rayonnées et sans épines. Les nageoires pelviennes sont situées en dessous des nageoires pectorales. Chez les adultes, il y a 5 à 8 taches sombres plus ou moins arrondies sur les flancs. Celles-ci sont absentes chez les juvéniles qui ont une large bande noire sur les flancs.	 28.06.2015 18:48 A Mbandaka Captée en Février 2015 - Taille 10 cm de long - Poids: 1 g - Provenance: campements: Nganda Bondo, nganda nkoyi en amont du fleuve Congo, et Mayita, Mobenzeno... Les techniques utilisées sont: - Hameçons n° 8,10 et 12 pêche responsable pratiquée pendant la période de crue. - mogbaza pendant la période de sécheresse et utilisation des produits ichtyo toxiques (techniques irresponsable). Ces deux dernières sont très destructives à Mbandaka et ses environs. -site de multiplication: zones frayères. Dans la ville de Mbandaka; presque dans tous les marchés, les juvéniles et ceux de taille moyenne sont plus visibles en quantité que les adultes.

5	Famille des <i>Clariidae</i> Genre <i>Clarias gariepinus</i> Ngolo Teugels, 1986), Burchell, (1822) Jaensis Boulenger (1909),	 • Habitat: zones forestières inondées, rivières, affluents du bassin inférieur du fleuve et du lacs comme Tumba à bikoro; • Nom commercial: Ngolo; • Nom vernaculaire: Ngolo, Piki; • Taille maximale connue: 360 mm LT. • Poids: 25 kg • Provenance Rivière Ruki Le poisson chat d'eau douce est une espèce omnivore à tendance ichtyophage. C'est un prédateur moyen, car il ne dévore pas tous les alevins sauf si son poids à la mise en charge dépasse 150 g. au cas d'association avec Tilapia dans l'étang artificiel. (Isangu Mwana-Mfumum, 2014). La tête relativement longue et plutôt pointue; espèce assez étroite; une fontanelle frontale courte et trapue, une occipitale petite et ovale, un processus occipital arrondi et le nombre élevé de <i>branchiospines</i> sur l'ensemble du premier arc branchial (16 à 28) sont les principaux caractères qui permettent de distinguer cette espèce des autres clarias.	 A Mbandaka, Cette espèce est capturée sur l'affluent de la Rivière Likelemba. Captée en Juin 2015 • Taille: 10 cm de long • Poids: 14g • provenance : campement: Nganda Ikelemba
---	---	--	---

Source: nos données de terrain 2016

Au regard de ce tableau, il révèle que les espèces identifiées sont fortement menacées de disparition, comme l'indiquent les images, les juvéniles sont plus abondants que les adultes sur les sites d'investigation.

Tableau 3. Résultats 2. Synthèse d'adultes et juvéniles Vendus sur les marchés

N°	Espèce	Abondance des adultes	Abondance des Juvéniles	Marché
01	<i>Distichodus fasciolatus</i>	+	++++	Ekunde Mbandaka 2 Mbandaka 3 Makila Basoko
02	<i>Ophiocéphalus obscurus</i>	++	++++	Ekunde Mbandaka 2 Mbandaka 3 Makila Basoko
03	<i>Protopterus dolloi</i>	++	++++	Ekunde Mbandaka 2 Mbandaka 3 Makila Basoko
04	<i>Clarias: gariepienus</i>	++	++++	Ekunde Mbandaka 2 Mbandaka 3 Makila Basoko
05	<i>Heterotis niloticus</i>	++	++++	Ekunde Mbandaka 2 Mbandaka 3 Makila Basoko

Source: données du terrain 2018

Légende: +: Présence

++: Moins abondant

++++: Présence avérée ou abondance

La lecture du tableau ci-haut donne la synthèse de nos données et révèle que: ces espèces sont vendus dans les différents marchés enquêtés; tous ces poissons sont vendu presque dans les marchés de Mbandaka avec une proportion différente d'abondance. Cela étant, il y a une forte concentration des moyennes et des juvéniles dans tous les marchés que des adultes qui sont moindre. C'est ce qui nous permet de confirmer l'hypothèse selon laquelle, la plupart de ces espèces sont menacées de disparition dans notre milieu d'étude.

Tableau 4. Résultats 3. Synthèse source de provenance d'espèces vendus

Espèces	Mbandaka Fleuve	Bomongo	Makanza	Bolomba	Bikoro	Ingende
<i>Distichodus fasciolatus</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Ophiocéphalus obscurus</i>	+	+	+	-	-	-
<i>Protopterus dolloi</i>	+	+	-	+	-	+
<i>Clarias: gariepienus</i>	+	+	-	-	-	-
<i>Heterotis niloticus</i>	+	+	+	+	-	-
	+	+	-	-	-	-

Source: Enquête sur terrain 2018

Légende: + = Présence

- = Absence

La lecture faite sur ce tableau, montre que, toutes les espèces identifiées lors de cette étude sont visibles sur tous les campements. Néanmoins, Bomongo, Makanza et Bolomba, la présence de ces espèces est plus dominante par rapport aux autres campements. Le cas de *Distichodus fasciolatus* étant herbivore, sa présence est plus observée qu'à Mbandaka et Makanza le long du fleuve Congo.

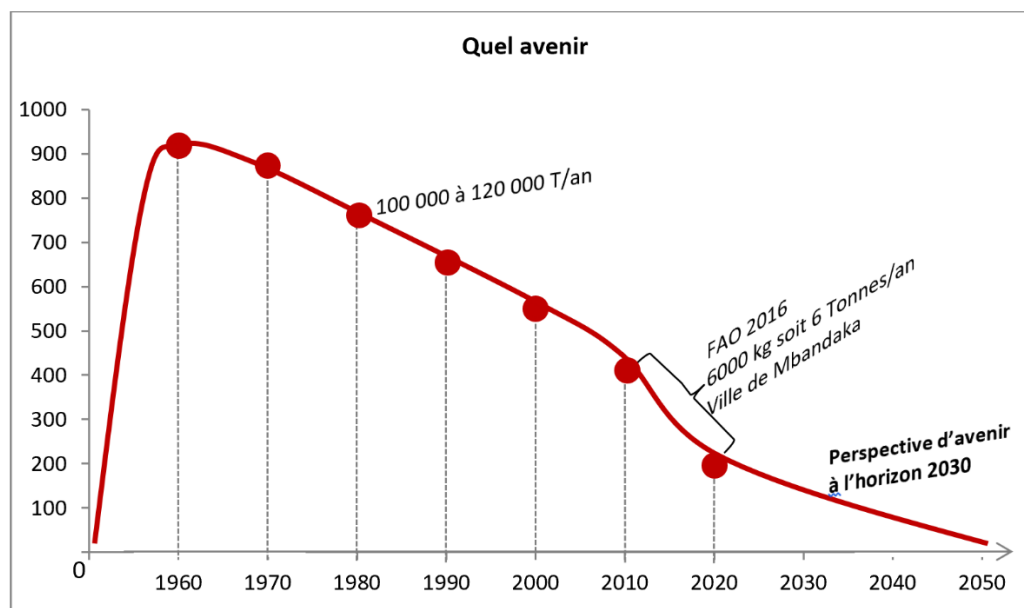


Fig. 1. Analyse de la situation de pêche à Mbandaka de 1960 à l'horizon 2030

Source: J.P. Vanden Bossche 1980, *Equateur au cœur de la cuvette centrale*;
Étude menée sur le fleuve Congo; Production potentielle Congolaise

COMMENTAIRE

Au regard de ce graphique, il révèle que, de 1960-1980, le secteur de la pêche était très favorable, cette période est caractérisée par la production élevée en tonne, par rapport à la période allant de 1990 à nos jours dont la chute est énorme. Après l'analyse faite, le secteur de la pêche a perdu 114.000 Tonnes dans les 40 dernières années, le risque est que d'ici à l'horizon de 2030, le secteur de pêche dans la province de l'Equateur en général et Mbandaka en particulier perdra la majorité de la production halieutique et les espèces menacées risqueront d'être disparus.

4 INTERPRÉTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

A la fin de notre étude, il est clairement montré que, des résultats de l'enquête précédemment présentés dans les différents tableaux, obtenus lors de notre recherche prouvent le non-respect de capture de certaines espèces des poissons par les pêcheurs sans tenir compte de respect de saison (calendrier, les zones de pêche ainsi que de leur maturité physiologique).

Cette pression, compromet le bon fonctionnement d'espèces halieutiques d'écosystèmes aquatique que cela peut occasionner la disparition de certaines espèces ainsi que la diminution en terme de tonne de la production tel que révélé sur de courbe figure n°1 d'analyse de la production d'ici à l'horizon 2030,

En effet, cette étude a révélé, que les pêcheurs de la ville de Mbandaka, en vue de répondre à leurs besoins vitaux essentiels font recours aux ressources halieutiques lesquelles, malgré l'obligation et leur impératif d'exploiter ces ressources pour leur survie c'est-à-dire, pour satisfaire à ses besoins essentiels et aussi sauvegarder ces ressources.

Comme le dit Mamadou Diop dans son livre pêche et environnement; la bonne stratégie de gestion par les pêcheurs de Mbur et Joal de Sénégal; de leurs produits de pêche, peut améliorer le train de vie de pêcheur et booster l'économie.

L'approvisionnement en intrants et équipement de pêche ne peut-elle pas se faire d'une façon groupée, de même les ventes des produits de pêche, car le rôle des structures associatives à Mbandaka est de planifier les organisations des pêcheurs (OPP), qui sont le lieu de contact entre les membres et la structure. C'est là que les pêcheurs paient leur cotisation; s'approvisionnent en intrants; équipements de pêche; et font le stockage des produits pour la vente groupée. Cette réalité est loin d'être effective sur le terrain par le

fait de l'ignorance écologique et le manque de l'information nécessaire pour l'utilisation rationnelle et durable des ressources halieutiques et leur protection au profit de la génération présente et future.

Au regard de cette étude, il est admissible que l'augmentation de la population qui est un facteur très déterminant des pressions sur l'environnement intensifie sa tendance suite à une mauvaise planification en matière de pêche à l'Equateur.

Et bien aussi longtemps que l'éducation mésologique ne soit pas vulgarisée pour atteindre toutes les couches de la population, la notion de l'utilisation optimale de la protection de l'environnement ne trouvera pas sa raison d'être.

Cependant en dépit de ces multiples pressions sur les pratiques irrationnelles de capture de certaines espèces identifiées lors de notre étude, l'homme se voit plongé dans une catastrophe sans précédent, qui ne cesse d'occasionner des nombreux dysfonctionnement et qui donne comme conséquence le bouleversement des saisons, la rareté, la disparition et extinction de certaines espèces des poissons dans leur milieu de vie.

Cet état de chose vécu dans des différents marchés de Mbandaka nous paraît inexplicable, car c'est ici les sièges des institutions provinciales que le ministère de l'agriculture, pêche et élevage ainsi que celui de l'environnement, conservation la nature et tourisme exercent leurs activités, d'où aucune des mesures de réglementation à cet état de chose.

En outre, tous les vendeurs et vendeuses semblent être ignorants de la loi en matière de pêche et élevage. On t- il dits lors de notre investigation sur le terrain; les poissons ne disparaîtraient jamais, c'est un don naturel qui ne s'épuisera jamais; ce qui justifie qu'ils n'ont aucun esprit sur la conservation des espèces menacées de disparition. Quant au calendrier de pêche, les pêcheurs exercent leurs activités toutes les saisons sans respect de calendrier de pêche.

En somme, la cause principale du faible rendement de la pêche est due à la destruction des habitats (forêts) et des frayères qui est surtout, conséquence de la forte pression démographique suite à la surpêche et exploitation illicite de la pêche.

- Du point de vue sanitaire, la richesse halieutique et faunique d'un milieu est sans doute un facteur de bonne santé de sa population car les protéines animales qu'on y trouve sont une base nécessaire de l'alimentation et nutritionnelle d'une population;
- Du point de vue économique, la pêche constitue des sources de revenu pour les populations. La disparition ou la diminution espèces peut entraîner un problème de maigre revenu; ce qui ne permettrait pas à la population d'accéder avec beaucoup de facilités aux services sociaux de base (soins de santé, scolarité) des enfants, etc.
- Du point de vue environnemental, les équilibres écologiques sont nécessaires tant pour les espèces animales, végétales que les espèces humains surtout concernant l'échange des services vitaux où les animaux régissent les gaz carboniques que les arbres séquestrent (CO_2) et utilisent comme nourriture et vice-versa les arbres rejettent l'oxygène (O_2) que les poissons utilisent pour la respiration. Quand un milieu connaît la disparition de certaines espèces, cet équilibre est malheureusement rompu et peut avoir les conséquences sur les chaînes alimentaires et plusieurs autres conséquences environnementales: la non viabilité des écosystèmes entraîne la famine, l'insécurité alimentaire et les maladies liées à la malnutrition.
- Les raisons qui poussent la population de Mbandaka de pratiquer la pêche sont le manque d'emploi (5%) l'autoconsommation (8%), l'auto prise en charge (11%), le manque des biens d'équipement (6%) et le standing social médiocre (5%).
- La période d'ouverture et de fermeture de la pêche pour la plupart des pêcheurs est presque en activité tout l'année.
- Les matériels utilisés pour la pêche sont respectivement filets (18%), hameçons (20%), machettes, limes, pagaie... (15%), pour la pêche.
- Les mauvaises pratiques concourent à la menace et la disparition des espèces sont notamment les nasses à petites interstices (20%), les filets à petites mailles, les produits ichtyo toxiques, les moustiquaires imprégnées d'insecticides, les barrages et destruction des habitats, l'usage des flèches empoisonnée, pour la pêche.
- De toutes les façons les pêcheurs ignorent les lois ou la réglementation en matière de pêche.
- Le but de s'adonner à ces métiers est plus tourné vers le commerce (23%), à la recherche de satisfaction de nombreux besoins que vers l'autoconsommation (5%).
- Faute de mieux, les pêcheurs se convertissent peu à peu vers d'autres activités telles que: l'agriculture, le commerce, l'artisanal, etc.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient tous les bienfaiteurs qui ont participé sur la recherche, à l'occurrence de: Service National de Développement de Pêche (SENADEP), le Ministère Provincial de l'Environnementale, Conservation de la Nature et Tourisme ainsi que le ministère de l'agriculture Pêche et élevage, l'Association provinciale des pêcheurs, de leur participation sur la réalisation de cette recherche.

REFERENCES

- [1] Auma Obama 2013; Éducation des adultes et développement l'après 2015, P.10.
- [2] Agnes Pozz 2011; La biodiversité et ceux qui l'on préserve, Ed. Paris P.86.
- [3] Chevalier R. 1966; les pratiques traditionnelles de la capture des poissons, Ed.harmattan, Paris P.155.
- [4] GrawitzM. et Rogere Pinto 1991, *Méthodes des sciences sociales*, éd. Dalloz; Paris, P.99.
- [5] Aman A., Abe Ochou D., N'Guessan E, Koné B., Koné M., 2006, Variation saisonnière de la végétation de savane: cas du parc national de la Comoé en Côte d'Ivoire, *Téledétection*, 6 (2): 87-101.
- [6] Aneu, L'eau dans l'espace rural: vie et milieu aquatique, Paris, éd Hatier, 2001, 282p.
- [7] Anthelme F., Waziri M.M., De Boissien D., Giazzi F., 2006, Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Aïr (Sahara, Niger), *Vertigo*, 7 (2), septembre.
- [8] Allain Y.-M., 2001, Végétal ornemental, dans Le Perchec S., Guy P., Fraval A. (dir.), 2001. Agriculture et biodiversité des plantes, Dossiers de l'Environnement de l'INRA n°21, Paris, 170 p.
- [9] Giffre Philippe 1994; pêche en mer quel avenir pour les pêcheurs; Cameroun p.110.
- [10] Hastard 1960; *La pêche dans les méditerranées*, éd, Presse Maurice, Paris P76.
- [11] J. Jamet et ses collaborateurs 1981; Manuel d'instruction de perfectionnement des agents de services de pêches maritimes des pays tropicaux, Tome II, éd. complète France, p.92.
- [12] J.Jamet et Y. Langoin.1974; *Manuel d'instruction et de perfectionnement des agents de service des pêches maritimes des pays tropicaux*, tome I. 1^{ère} éd. France p.175;.
- [13] Jean Pierre Demonza 1990; *l'Atlas pour la conservation des forêts tropicales*; éd. Presse de Molamostamba, Italie P. 126.
- [14] Kernaro J. et Bouquet 1948 Les traditions de la pêche et chasse dans les Pays du Sud, éd. Clec, Quebec P.166.
- [15] Kofi Anann, 2002; Avenir de l'environnement Mondial 3, le Passé, le Présent et le Perspective d'avenir, New York, p. 183.
- [16] Lévêque C., D. Paugy et G.G. Teugels (Eds), 1990 et 1992. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Faune Tropicale XXIII (2tomes), MRAC (Turvuren) -Orstom (Paris) p.902.
- [17] Mamadou Diop. Pêche et environnement; perception de la surexploitation halieutique et des stratégies de gestion par les pêcheurs artisanaux de Mbur et de Joal Sénégal. éd. Dakar 2005, Université Cheik Anta Diop; 65 page.
- [18] Roger Michelli, 1956; *Questionnaire dans l'enquête physiologique*, Paris, éd. Sounds Française, P. 159.
- [19] Perrings C., 2006, Resilience and sustainable development, *Environment and Development, Economics*, 11: 417–427, Cambridge University Press.

Essai d'analyse des risques toxicologiques relatives au tabagisme dans le quartier Bongodjo, commune de Wangata, ville de Mbandaka, province de l'Equateur, RDC

[Toxicological risk analysis test related to tobacco in the Bongodjo district, municipality of Wangata, city of Mbandaka, province of Equateur, DRC]

Matthieu Sekalo Mandele¹, Martin Bobiche¹, Bénis Kanga¹, Dieudonné Musibono², Gracien Ekoko², and Ghislain Bingemba Mundongo¹

¹Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR) Mbandaka, Province de l'Equateur, RD Congo

²Université de Kinshasa (UNIKIN), Faculté de Sciences, Département de l'environnement, RD Congo

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

ABSTRACT: Tobacco has become an essential element in the life of young people in the city of Mbandaka in general and the Bongondjo district in particular, but the place it occupies goes back several years. In particular, it occupies a place in the various fields (economic, social and cultural), so its place is at least quite important. However, this generates serious consequences and particularly at the health levels where it causes various diseases observed in the laboratory of the Bongondjo health center which strongly accentuates the risk of developing behaviors or problems (sterilization, aggressiveness, etc.) in the hospital district.

KEYWORDS: analysis, toxicological risk, smoking, Congo.

RESUME: Le tabac est devenu un élément indispensable dans la vie des jeunes de la ville de Mbandaka en générale et quartier Bongondjo en particulier, mais la place qu'il occupe remonte déjà à plusieurs années. Il occupe notamment une place dans les différents domaines (économiques, sociale et culturelle), ainsi sa place est du moins assez importante. Cependant, celui-ci engendre de graves conséquences et particulièrement aux niveaux sanitaires où il provoque des différentes maladies observées au laboratoire du centre de santé Bongondjo qui accentue fortement le risque de développer des comportements ou des problèmes (stérilisation, agressivité...) dans le quartier.

MOTS-CLEFS: analyse, risque toxicologique, tabagisme, Congo.

1 INTRODUCTION

Dans monde, le tabac est le principal facteur de risque du cancer. Le tabac est responsable de plus de 33% des cancers chez l'homme et 10% chez la femme. 90% des cancers du poumon sont provoqués par le tabac. Un cancer de la vessie sur deux est provoqué par le tabac. Un fumeur régulier sur 2 meurt prématurément des suites de son tabagisme, dont la moitié avant l'âge de 65 ans. 80% des victimes d'infarctus du myocarde âgées de moins de 45 ans sont fumeurs. Le tabagisme passif tue chaque année 3000 à 5000 personnes qui ne fument pas, dont 2/3 de maladies cardiovasculaires.

70000 à 100000 personnes souffrent d'une thrombose (présence d'un caillot dans une veine) provoquée par le tabac. Le tabac représente le 1er pollueur des poumons: 20 cigarettes fumées correspondent au seuil d'alerte à la pollution en ville. Le tabagisme actif et le tabagisme passif représentent des facteurs de risques de développer des allergies ou de les aggraver. Le

tabac pourrait causer le décès de 8 millions de personnes au niveau mondial chaque année d'ici 2030, selon un rapport sur la lutte anti-tabac publié en 2008 par l'OMS (Organisation mondiale de la Santé). Selon l'OMS, 80% de ces décès devraient avoir lieu dans les pays en développement [1].



En France le tabac demeure la première cause de mortalité évitable.

Il est responsable de 200 morts par jour.

Dans le monde, il cause:

- 6 millions de morts soit 12% des hommes et 6% des femmes.
- Le taux de mortalité est trois fois plus élevé chez les fumeurs par rapport aux non-fumeurs.
- Après avoir fléchi jusqu'en 2005 à 31,4%, la proportion de fumeurs adultes est remontée 34% en 2012 avec une proportion de femmes qui tend à se rapprocher de celles des hommes.

Les politiques d'interdiction de fumer au niveau des lieux publics ont permis de diminuer de 11% les admissions aux urgences pour risque d'infarctus en Italie et de l'ordre de 17% en Ecosse.

Depuis le 1er janvier 2008, l'interdiction de fumer est étendue aux bars, casinos restaurants et discothèques, qui bénéficient d'un délai d'adaptation de onze mois.

« Fumer tue » est une expression devant figurer obligatoirement en France sur tous les paquets de cigarettes depuis l'arrêté du 15 avril 2010. La phrase « Fumer nuit gravement à votre santé et à celle de votre entourage » peut lui être substituée. Il s'agit d'une mise en garde claire contre le plus grand danger du tabagisme: **la mort**. [2],

FUMÉE DE CIGARETTE



En effet, les cigarettes contiennent une cinquantaine de substances toxiques et cancérigènes: arsenic, nicotine, goudron...

Cela provoque chaque année de nombreux cas de cancers chez les fumeurs, comme le cancer du poumon, aux issues parfois mortelles.

Le tabac ne tue pas que par le cancer du poumon, mais également par le cancer de vessie, les pathologies cardiaques qu'il engendre, secondaires aux dépôts qu'il favorise au niveau des artères, infarctus du myocarde, accident vasculaire cérébrale entre autres.

10% des fumeurs ont réussi à arrêter de fumer au cours de ces 3 dernières années et 75% des fumeurs ont tenté d'arrêter pendant 8 jours. Seuls 3 à 5% des fumeurs qui ont essayé d'arrêter de fumer sans aucune aide réussissent à passer le cap des 12 mois.

Les ventes de cigarettes n'ont baissé que de 1,48% en 2007 d'après le bilan "Tabagisme et arrêt du tabac" de l'Office français des drogues et des toxicomanies (Ofdt). La vente des patchs, gommes ou comprimés a augmenté de 30,6% en 2007 par rapport à 2006. 428.770 forfaits d'une valeur de 50 euros ont été versés aux Français durant l'année 2007. Début 2008, 150 états dans le monde se sont engagés à adopter des mesures antitabac.

L'espérance de vie d'un fumeur est augmentée de 9 ans si l'arrêt du tabac survient à 40 ans et de 6 ans si l'arrêt du tabac s'effectue à 50 ans; elle est de 3 ans si cet arrêt survient à 60 ans.

54% des jeunes de 20 à 24 ans fument, alors que la proportion des fumeurs de 25 à 75 ans est de 29%. Les enfants de fumeurs risquent d'être plus dépendants au tabac. La campagne européenne Help-Pour **une vie sans tabac** a lancé un kit d'informations sur le tabac destiné aux 12-18 ans. Ces kits sont disponibles gratuitement pour les enseignants sur **le site** de la campagne, **Help-eu.com**. Leur contenu est composé d'un quiz de sensibilisation, d'une brochure, ainsi que d'affiches et de petits cadeaux "Help" [3].

D'après une étude effectuée en 2005 pour l'Observatoire des drogues et des toxicomanies, l'OFDT, le tabagisme représente des dépenses pour la société de l'ordre de 3% du PIB (produit intérieur brut). Les dépenses concernent notamment les soins médicaux et la prévention. Chaque fumeur dépense en moyenne 1000 euros chaque année. (Chiffre INSEE 2005). L'ensemble des fumeurs coûte 772 euros par habitant et par an [4].

De récentes études ont révélé que fumer quelques cigarettes chaque jour suffisait à provoquer des effets néfastes sur la santé. Il n'existe pas de seuil au-dessous duquel la consommation de tabac est anodine. Le risque d'être victime d'un cancer du poumon, par exemple, dépend du nombre de cigarettes fumées quotidiennement mais également du nombre d'années de tabagisme.

A Mbandaka notre enquête sur le quartier Bongodjo qui est notre milieu d'étude milieu, il a été révélé que:

- Des jeunes sont des fumeurs actifs et les buveurs de poissons alcooliques traditionnelles;
- La majorité de la population dudit quartier est des fumeurs passifs,
- Le lieu ou site de vente de cigarettes et boissons sont plus nombreux par rapport à d'autres quartiers;
- La plupart des maladies observées dans le centre de santé quartier bongodjo sont d'origine tabac;
- Le taux de mortalité des fumeurs passifs est plus élevé par an.

2 METHODOLOGIE

2.1 MATERIEL

Le matériel d'études est essentiellement constitué des cigarettes consommées par les fumeurs de la commune de Wangata Quartier Bongodjo dans la ville de Mbandaka.

2.2 ECHANTILLONS

Lors de cette étude, les échantillons utilisés sont constitués des de 100 fumeurs répartis comme suit : 68 hommes et 32 femmes, tous du quartier Bongondjo dans la Commune de Wangata ville de Mbandaka.

2.3 METHODE

La méthode d'observation et d'analyse étaient au centre de cette recherche: elles nous ont permis de faire une observation directe des sites de vente des cigarettes et des buvettes, sont des sites que les fumeurs se regroupent facilement pour s'approvisionner les cigarettes ainsi que les boissons alcooliques. Un questionnaire a été élaboré et soumis à nos enquêtés [4].

Les données récoltées nous ont permis de faire l'analyse sur la toxicité due au tabagisme aigue dans notre milieu d'étude.

3 RESULTATS DE RECHERCHE

Les résultats issus de cette recherche se résument sur les tableaux ci-dessous:

Tableau 1. Répartition des enquêtes selon les sexes

N°	Sexe	Fréquence	Pourcentage
01	M	18	60
01	F	12	40
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du juin 2020

COMMENTAIRE

En observant les données du tableau ci-dessus il ressort que 60% du nos enquêtes sont de sexe masculin contre 40% des sexe féminin.

La faible représentativité des femmes cela montre que les femmes ne prennent pas souvent beaucoup de tabac par rapport aux hommes.

Tableau 2. Répartition des enquêtes selon la tranche d'âge

N°	Tranche d'âge	Fréquence	Pourcentage
01	0-18ans	13	44
02	18-40ans	10	33
03	40-65ans	7	23
Total		30	100

Source: Nos enquêtes sur terrain Juin 2020

COMMENTAIRE

Il ressort du tableau ci-haut que 44% des personnes interrogées ont un âge varie entre 0-18ans, 33% entre 18 et 40ans enfin, 23% entre 40 et 65ans ou plus.

Tableau 3. Question en rapport de niveau d'étude

N°	Niveau d'étude	Fréquence	Pourcentage
01	Sans niveau	4	14
02	Primaire	7	24
03	Secondaire	11	36
04	Supérieur	4	14
05	Universitaire	2	6
06	Post universitaire	2	6
Total		30	100

Source: Nos enquêtes menées en juin 2020

COMMENTAIRE

En ce qui concerne le niveau d'étude de nos enquêtes, le tableau ci-dessus rapporte que 14% d'entre eux sont sans niveau d'études, 24% ont fait les études primaires 36% ont un niveau secondaire, 14% niveau supérieur 6% niveau universitaire et 6% aussi niveau post universitaire.

Tableau 4. Question en rapport de l'état civil

N°	Etat civil	Fréquence	Pourcentage
01	Célibataires	16	5.3
02	Divorcés	2	6.6
03	Veufs	2	6.6
04	Mariés	10	3.3
Total		30	100

Source: Nos enquêtes menées aux bars juin 2020

COMMENTAIRE

Il ressort de ce tableau que 5.3% des enquêtés sont célibataire 6.6% des divorcés, 6.6% des veufs et 3.3% des mariés.

QUESTION N°I. QUESTIONS RELATIVES AUX FUMEURS

Tableau 5. Question en rapport des fumeur actifs?

N°	OPINION	Fréquence	Pourcentage
01	Oui	20	66.6
02	Non	10	33.3
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

En rapport avec la question de l'observation de consommation du tabac par nos enquêtés 66.6% des oui et 33.3% par non.

QUESTION N°II. A COMBIEN DE TEMPS, FUMEZ-VOUS ?

Tableau 6. Durée de la consommation du tabac

N°	Opinion	Fréquence	Pourcentage
01	1an	9	30
02	5ans	6	20
03	8ans	5	16
04	10ans	4	14
05	20 ans plus	6	20
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

Quant à la question de savoir à combien de temps fumez-vous l'estimation du tabac se présente comme suit: 30% des personnes ont fait un an avec la consommation 20% dix ans deux ans 14% sept ans et 16% huit ans.

QUESTION N°III. QUELLE SONT LES CAUSES QUI VOUS POUSSENT DE FUMER ?

Tableau 7. Causes de consommation du tabac

N°	Opinion	Fréquence	Pourcentage
01	Influence des amis	19	64
02	Besoin physiologique	11	36
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

Il ressort du tableau ci-haut en rapport à la question liée au cause de consommation du tabac 64% de nos enquêtés confirment sur l'influence de leurs amis et 36% pour besoins physiologique.

QUESTION N° IV. EN RAPPORT DE CONNAISSANCE SUR LE DANGER DU TABAC

N°	Opinion	Fréquence	Pourcentage
01	Oui	3	10
02	Non	27	90
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

Ce tableau révèle que: 90% ne connaissent pas qu'il y a le danger sur la consommation de tabac, contre 10% connaissent les conséquences liées aux tabac.

QUESTION N°V. EN RAPPORT DE CONNAISSANCE DE QUELQUES MALADIES LIÉES AU TABAC

N°	Maladies	Fréquence	Pourcentage
01	Cancer	8	26
02	Tuberculose	10	34
03	Cirrhose de foie	4	14
04	Infection respiratoire aigue	8	26
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin tabac

COMMENTAIRE

A propos de la connaissance des certaines maladies dues au tabagisme, il révèle que 26% confirme que le tabac provoque le cancer, 34% confirme que ça provoqué aussi la tuberculose 14% de la cirrhose de foie et 26% d'infection respiratoire aigüe.

QUESTION N°VI. CONSOMMATION DE CIGARETTE ET BOISSON ALCOOLIQUE ?

Tableau 8. Consommation De Cigarette Et Boisson Alcoolique

N°	Opinion	Fréquence	Pourcentage
01	Oui	22	73.3
02	Non	8	26.6
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

Au regard de ce tableau, il révèle que; 73.3% des fumeurs consomment des cigarettes et boivent de boissons alcooliques, contre 26.6% fument et ne prennent pas de boissons alcooliques

Tableau 9. L'idée de laisser à fumer le tabac

N°	Opinion	Fréquence	Pourcentage
01	Oui	25	84
02	Non	5	16
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

Ce tableau ci-haut se représente par la manière suivante 84% des oui de nos enquêtés acceptent d'avoir l'idée de laisser à fumer le tabac par contre 16% des non qui acceptent pas de laisser à fumer le tabac.

Tableau 10. Maladies enregistrées pendant les deux dernières années dans le centre de santé Bongondjo 2020

N°	Maladie	Fréquence	Pourcentage
01	Tuberculose	13	43
02	Infection respiratoire aigue	10	33
03	Cancer	4	13
04	Cirrhose de foie	3	10
Total		30	100

Source: Nos enquêtes du terrain juin 2020

COMMENTAIRE

Ce tableau se représente comme suit 43% des tuberculoses 33% des infections respiratoires aigue 13% de cancer et 10% de cirrhose de foie.

4 CONCLUSION

Nous voici à la fin de notre recherche sur l'évaluation des risques toxicologiques relative au tabagisme dans le quartier Bongondjo. Les résultats issus de cette recherche nous ont amenés à la conclusion selon laquelle:

Le tabac est devenu un élément indispensable dans la vie des jeunes de la ville de Mbandaka en générale et quartier Bongondjo en particulier, mais la place qu'il occupe remonte déjà à plusieurs années. Il occupe notamment une place dans les différents domaines (économiques, sociale et culturelle), ainsi sa place est du moins assez importante. Cependant, celui-ci engendre de graves conséquences et particulièrement aux niveaux sanitaires où il provoque des différentes maladies observées au laboratoire du centre de santé Bongondjo qui accentue fortement le risque de développer des comportements ou des problèmes (stérilisation, agressivité...) dans le quartier.

En effet, l'Etat Congolais en collaboration avec les chercheurs envisagent des solutions variées et afin de résoudre le problème du tabagisme sur le quartier Bongondjo lequel prend une en pleure les plus importantes sur la santé des fumeurs actifs et mettent en causes la santé de la majorité des populations. Outre les politiques de préventions sous formes similaires ou non, sont mises en place presque chaque année pour trouver des solutions à ce fléau.

Cependant on constate que, les gens ne sont pas réellement sensibilisés par ces politiques de préventions. Ainsi, l'Etat face aux nombre de maladies qui ne cessent de s'accroître et réfléchit à des différents projets des mesures d'atténuation.

Enfin, les politiques de préventions permettent une meilleure hygiène de vie car certains fumeurs sont touchés et conscientes de ce qui se passe dans leur vie mais que celles-ci connaissent des limites

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient tous les bienfaiteurs qui ont appuyé cette recherche, à l'occurrence de le laboratoire provincial de l'Office Congolais du Contrôle, le laboratoire d'Eco toxicologie et Biotechnologie Environnementale ERGS à la Faculté des sciences de l'Université de Kinshasa, B.A.T./Antenne provinciale, ainsi que le ministère Provincial de la Santé Publique de leurs interventions respectives en faveur de cette recherche combien louable.

REFERENCES

- [1] BANDUNGA IBANDA, Comment réaliser un travail de fin de cycle, contenu et étapes, Kinshasa, 1995 Médias-poul 2008.
- [2] K. BIDUM et SHAMBA, Initiation aux méthodes de recherche en sciences sociales, PUZ, Kinshasa.
- [3] DERCOURT J, Objets et Méthodes, Bordas, Paris, 1990 BALZAC, SPLAND et MIS, 1844.
- [4] DUSAULX, VOY, BAREGE, Tome I, 1796.
- [5] KUMAR et PARIKH, Montrent que pour une hausse de la température de 2,1998.
- [6] Dictionnaire Nouveau Petit Robert.
- [7] Dictionnaire la rousse, 2009.
- [8] <https://santé-médecine.journaldesfemmes.fr>.
- [9] <http://www.corpwatch.org/article.php>.
- [10] http://www.ash.org.uk/filles/documents/ash_127.pdf.

Gestion des ordures ménagères dans la ville de Mbandaka, province de l'Equateur, République Démocratique du Congo (RDC)

[Household waste management in the city of Mbandaka, province of Equateur, Democratic Republic of Congo (DRC)]

Matthieu Sekalo Mandele¹, Dieudonné Musibono², Camille Ipey Nsimanda², Gracien Ekoko², Patience Ngelinkoto Mpia³, and Ghislain Bingemba Mundongo¹

¹Institut Supérieur de Développement Rural de Mbandaka, Province de l'Equateur, RD Congo

²Département de l'environnement, Université de Kinshasa, RD Congo

³Faculté des sciences, Département de chimie, Université Nationale Pédagogue, RD Congo

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

ABSTRACT: The present study consists with the management of the household refuse in three various districts (Mambenga, Ibanga and Air Congo) of the town of Mbandaka of RD Congo.

Our investigations were carried out in three hundred (300) households because of 100 households per district. These households were contained in «bunches or pockets» presenting the same characteristics or similarities. Thus, we obtained 6 bunches or pockets of the 50 households each one because of two bunches per district .

The results obtained show that:

the majority of the households of these districts do not have dustbins.3% only of the households of Mambenga district have the dustbins counter 2% of Ibanga district.

In the district, 92,8% of households carry out against the hiding of the refuse 95,98% in Wangata and 93,33% with Bolenge.

the major part of our surveyed are adults who are in the age bracket of 19-49 years for the three districts. The heads of the households whose age is lower or equal to 18 years represent only one small proportion among surveyed.

as for the function of surveyed, the majority are agents and civils servant of the state, except in the zone of health of Bolengeor the peasants account for 50%.

compared to the level of studies, it is released that the majority of the heads of the households finished the secondary studies, followed those which made the higher and university studies.

As a result, the absence of functional structures capable of ensuring the collection and disposal of household waste through households in the city of Mbandaka leads to illegal and uncontrolled dumping in the streets and neighborhoods of this city.

KEYWORDS: Refuse, Household, Mbandaka, Wangata, Bolenge.

RESUME: La présente étude consiste à la gestion des ordures ménagères dans trois différents quartiers (Mambenga, Ibanga et Air Congo) de la ville de Mbandaka en RD. Congo. Nos enquêtes ont été effectuées dans trois cent (300) ménages en raison de 100 ménages par quartier. Ces ménages ont été regroupés en « grappes ou poches » présentant les mêmes caractéristiques ou similitudes. Ainsi, nous avons obtenu 6 grappes ou poches des 50 ménages chacun en raison de deux grappes par quartier. Les résultats obtenus montrent que:

La plupart des ménages de ces quartiers n'ont pas des poubelles. 3% seulement des ménages du quartier Mambenga disposent des poubelles contres 2% du quartier Ibanga.

Dans le quartier 92,8% de ménages procèdent à l'enfouissement des ordures contre 95,98% dans Wangata et 93,33% à Bolenge.

La majeure partie de nos enquêtés sont des adultes qui se trouvent dans la tranche d'âge de 19-49 ans pour les trois quartiers. Les chefs des ménages dont l'âge est inférieur ou égal à 18 ans ne représentent qu'une faible proportion parmi les enquêtés. Quant à la fonction des enquêtés, la majorité sont des agents et fonctionnaires de l'état, sauf dans la zone de santé de Bolenge où les paysans représentent 50%.

Par rapport au niveau d'études, il se dégage que la majorité des chefs des ménages ont terminé les études secondaires, suivi de ceux qui ont fait les études supérieures et universitaires.

De ce fait, l'absence des structures fonctionnelles susceptibles d'assurer la collecte et l'évacuation des ordures ménagères à travers les ménages de la ville de Mbandaka entraînent des décharges sauvages et incontrôlées dans les rues et les quartiers de cette ville.

MOTS-CLEFS: Ordures, ménage, Mbandaka, Wangata, Bolenge.

1 INTRODUCTION

La gestion des ordures ménagères constitue un problème épineux auquel sont confrontées les villes, surtout dans les pays en voie de développement. Selon les estimations de la Banque mondiale (BM), chaque ville produit annuellement en moyenne 300.000 tonnes de déchets et seuls 40 à 60 % de ceux-ci sont collectés [1].

Comme la plupart des villes africaines, la ville de Mbandaka, chef-lieu de la Province de l'Equateur, a vu sa population croître de façon assez remarquable. Selon les statistiques de la Mairie, la population est passée de 681.085 habitants en 2003 à 1.187.837 en 2014 [2].

Certains observateurs avertis considèrent à juste titre que l'explosion démographique enregistrée au cours de ces dernières décennies serait liée au phénomène d'exode rural qui, à son tour, n'a fait qu'exacerber l'insalubrité constatée à travers la ville, d'autant plus que chaque habitant produit quotidiennement des déchets au cours de ses activités et qui de surcroît, ne cessent de s'amplifier par le mode de vie moderne [3].

Au fil du temps, la majorité de la population Mbandaka, ne supportant plus de voir s'entasser des ordures ménagères à leur maison, prend carrément l'option de les jeter dans la rue ou les places publiques, ce qui occasionne des dépôts sauvages, où les eaux usées et pluviales stagnent pendant la saison des pluies, favorisant ainsi la prolifération des moustiques et d'autres parasites.

La question des ordures ménagères représente désormais une véritable gageure pour les autorités urbaines et municipales. Ces dernières ont du mal pour mettre en place un système efficace de gestion des déchets, capable d'assurer à la fois la collecte des ordures et leur traitement en toute sécurité.

De ce fait, l'absence des structures fonctionnelles susceptibles d'assurer la collecte et l'évacuation des ordures ménagères à travers la ville, entraîne des décharges sauvages et incontrôlées dans les rues et les quartiers [4].

Jadis, Mbandaka, s'appelait Coquilhatville non seulement à cause du nom de la personne qui l'avait fondée, mais surtout parce que la ville de Mbandaka, était la coquette et offrait un aspect élégant, ce qui n'est pas le cas de nos jours, suite à l'insalubrité qui affecte de manière négative le cadre de vie des populations.

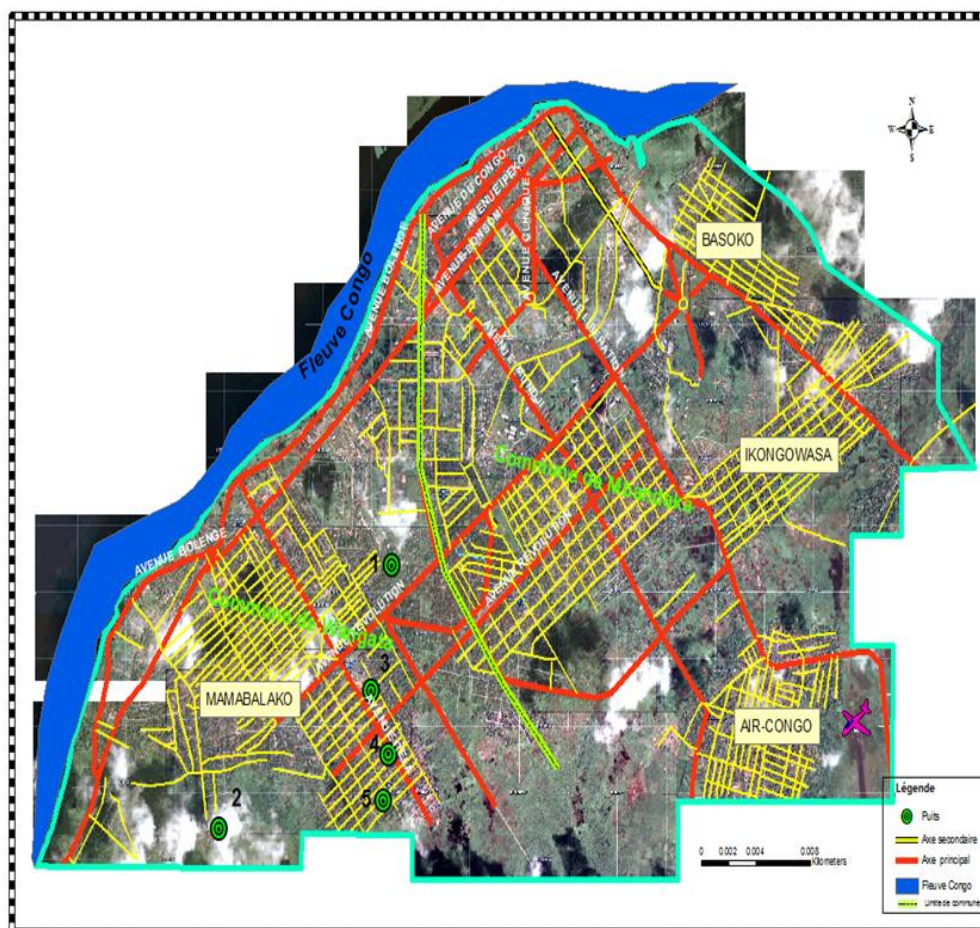
Un constat fait après notre décente sur terrain, il révèle que:

- La plupart des ménages de la ville de Mbandaka ne respectent pas les normes établies pour la bonne gestion des déchets;
- Ces déchets sont jetés à l'air libre;
- La plupart des maladies, voire même des décès observés dans les structures médicales sont dues d'origine hygiénique et fécale;
- La multiplication des vecteurs nuisibles à la santé humaine est observée partout dans la ville;
- La mairie de la ville de Mbandaka, qui est une structure responsable numéro un, ne dispose d'aucun système de gestion rationnelle des déchets municipaux dans sa juridiction,
- Le non application des principes pollueur payeur.

Au regard des constats faits sur terrain et de l'adage latin «*Ignotum nulli cupido*» qui dit que «*celui qui ignore une chose ne peut la désirer*», notre curiosité est celle d'analyser, de connaître comment les ordures ménagères sont gérées par différents ménages de la ville de Mbandaka

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ETUDE



2.2 ECHANTILLONNAGE

Lors de cette étude, les échantillons utilisés sont constitués des déchets de 300 ménages de trois regroupements des quartiers de la ville de Mbandaka présentant les mêmes caractéristiques ou similitudes. Chaque regroupement est constitué de 75 ménages. Ces regroupement sont présentés et codifiés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 1. Codification des quartiers enquêtés de Mbandaka

Code	Dénomination
Q ₁	Mbandaka I
Q ₂	Mbandaka II
Q ₃	Mbandaka III
Q ₄	Centre ville



Fig. 1. Décharge incontrôlée du marché central de Mbandaka II

Source: notre enquête sur le terrain 2018

COMMENTAIRE

Cette photo représente une décharge sauvage de Mbandaka II

2.3 MATERIELS

Nous avons utilisé plusieurs matériels pour réaliser cette étude: un GPS 60 de marque Gamin (pour prendre les coordonnées géographiques des ménages); des sacs vides en polyéthylène, marque XL, bande verte ou rouge pour la collecte des échantillons, un appareil photo numérique de marque Canon pour la prise des images, de résolution 14 mégapixels. Outre ces matériels, l'ensemble des ordures ont été pesées à l'aide d'une balance de marque Salter pour évaluer le poids moyen des ordures ménagères produites par ménage.

2.4 METHODES

Dans le but d'apporter une pierre dans la gestion des ordures ménagères à Mbandaka, les enquêtes ont été effectuées dans différents quartiers où il y a des fortes activités humaines. Nous avons utilisé la méthode d'observation descriptive; qui nous a permis de faire une observation des effets liés à la mauvaise gestion des ordures ménagères et de décrire ces effets conformément aux normes telles que établies afin d'apporter des pistes de solution pour une gestion rationnelle et durable.

Un questionnaire a été administré aux chefs de ménages dans les 3 quartiers de la ville de Mbandaka. La collecte et les traitements des données ont eu lieu à l'institut Supérieur de Développement Rural. Les données ont été regroupées en tableaux puis traitées avec Excel

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les informations collectées sur le terrain (observations directes et enquêtes auprès des ménages) sont présentés suivant les différents objectifs de l'étude dans les tableaux ci- dessous:

Tableau 2. Utilisation des poubelles dans le stockage des ordures

Ménages /Quartiers	Mbandaka I		Mbandaka II		Mbandaka III		Centre Ville	
	Fréquence	%	Fréquence	%	Fréquence	%	Fréquence	%
Ont des poubelles								
N'ont pas des poubelles								
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Source: notre enquête du terrain 2016

COMMENTAIRE

Le tableau ci-dessus prouve que la majorité des ménages enquêtés n'ont pas des poubelles. Sur 100% des ménages, 3% seulement ont des poubelles dans le quartier Mambenga et 2% dans le quartier Ibanga. Inexistence totale des poubelles au quartier Air Congo.

Tableau 3. Mode de gestion des ordures

Ménages /Quartiers	Mbandaka I		Mbandaka II		Mbandaka III		Centre Ville	
	Fréquence	%	Fréquence	%	Fréquence	%	Fréquence	%
Incinération								
Enfouissement								
Compostage								
Evacuation								
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Source: Données du terrain, 2018

4 CONCLUSION

Cette étude a porté sur la gestion des ordures ménagères dans la ville de Mbandaka. L'objectif global assigné à cette recherche était d'étudier les problèmes majeurs liés à la gestion des ordures ménagères, en vue de proposer des stratégies pour une gestion rationnelle et durable.

Au terme de cette étude, il convient de retenir que nos hypothèses ont été vérifiées et confirmées. Ainsi, les résultats obtenus ont montré ce qui suit :

- 92,8% de ménages ne disposent pas de trous à ordures dans la Zone de santé de Mbandaka, contre 95,98% dans celle de Wangata et 93,33% à Bolenge.
- 93,73% de ménages de la zone de santé de Mbandaka n'utilisent pas de latrines hygiéniques, il en est de même pour 95,99% de ceux de Wangata et 92,1% à Bolenge.
- 94,49% des ménages de la zone de santé de Mbandaka utilisent l'eau issue des points d'eau non aménagés, cette situation est la même pour 95,72% des ménages à Wangata et 92,98% à celles de Bolenge.
- 52,7% des ménages de la zone de santé de Mbandaka ne se lavent pas les mains correctement avec du savon ou de la cendre à des moments indiqués de la journée, de même que 31% de ménages Wangata et 45% de ceux de Bolenge.

Paradoxalement, le pourcentage des ménages qui ne connaissent pas le schéma de transmission des maladies hydro-fécales est assez élevé pour chacune des trois zones de santé que compte la ville de Mbandaka. C'est ce qui justifie la permanence de l'épidémie de Choléra en 2011 et 2016, avec taux les plus élevés des cas voir même de morts.

De tout ce qui précède, nous recommandons ce qui suit:

- Aux ministères concernés (Santé, Environnement, ...) de vulgariser les textes légaux en matières, et les Lois pour réglementation de la gestion durable des ordures ménagères à tout le niveau;
- A l'autorité urbaine de mettre en place une brigade de salubrité chargée de la collecte des déchets dans tous les quartiers de la ville:
 - ✓ Installer des décharges publiques dans la ville de Mbandaka;
 - ✓ Redynamiser et sensibiliser le service d'hygiène et assainissement pour assurer la surveillance et le contrôle;
 - ✓ Appliquer le principe du «pollueur-payeur» dans la ville de Mbandaka en tenant compte du niveau de vie de la population.
- Aux chercheurs d'élargir les recherches sur les autres aspects de la gestion des déchets dans la ville de Mbandaka.
- A la communauté productrice des déchets, de prendre conscience sur la gestion responsable en appliquant l'éthique et déontologie de bonne gestion des ordures ménagères dont elle est le premier responsable et de tous les effets qui en découlent.

REFERENCES

- [1] Aina. M.P; Expertise de centre d'enfouissement, Techniques des déchets Urbains dans le pays en voie de développement, éd. Dalloz, Paris 2006.
- [2] Bindungwa Marcous; Comment élaborer un travail de fin de Cycle ? éd. Medias – Paul, Kin, 2008.
- [3] Gaufaux; Développement en Afrique, éd. Dalloz Kin, 1995.
- [4] Dumont René, Cité par Nsimanda; L'Afrique Noire et mal partie, éd. Du seuil, Paris 1962.
- [5] Navara; Gestion et Traitement de déchets; Techniques de l'ingénieur, Traité généralités et Construction, éd. Paradis, 1998.
- [6] MarkSwilling; Gestion des déchets Urbains; éd. PUF, Paris, 2006.
- [7] Maspere François, La Question Urbain sur le Déchet, éd. PUF, Paris, 1972.
- [8] Pelmont J; Bactéries et Environnement adoptions – Physiologiques, éd. Presse Universitaire de Grenoble, Paris, 1988.
- [9] PICHAT. Phillipe, La gestion des déchets, Ed. Évreux dominos flamaris, Paris, 1995.
- [10] Pinto R. et Grewitz M, Cité par Kuyusabidum Gilbert et Shomba. S Initiation aux méthodes de recherche en sciences sociales, éd. PUZ, Paris, 1995.
- [11] Record; Aide à la définition des déchets dits bio dégradables, fermentes cibles, méthamisables, compostables, éd. Paris 2002.
- [12] Roz Sohazy, Cité par Shomba Kinyamba, Méthodologie de recherche et épistémologie de recherche scientifique, PUK, Kin 2012.

