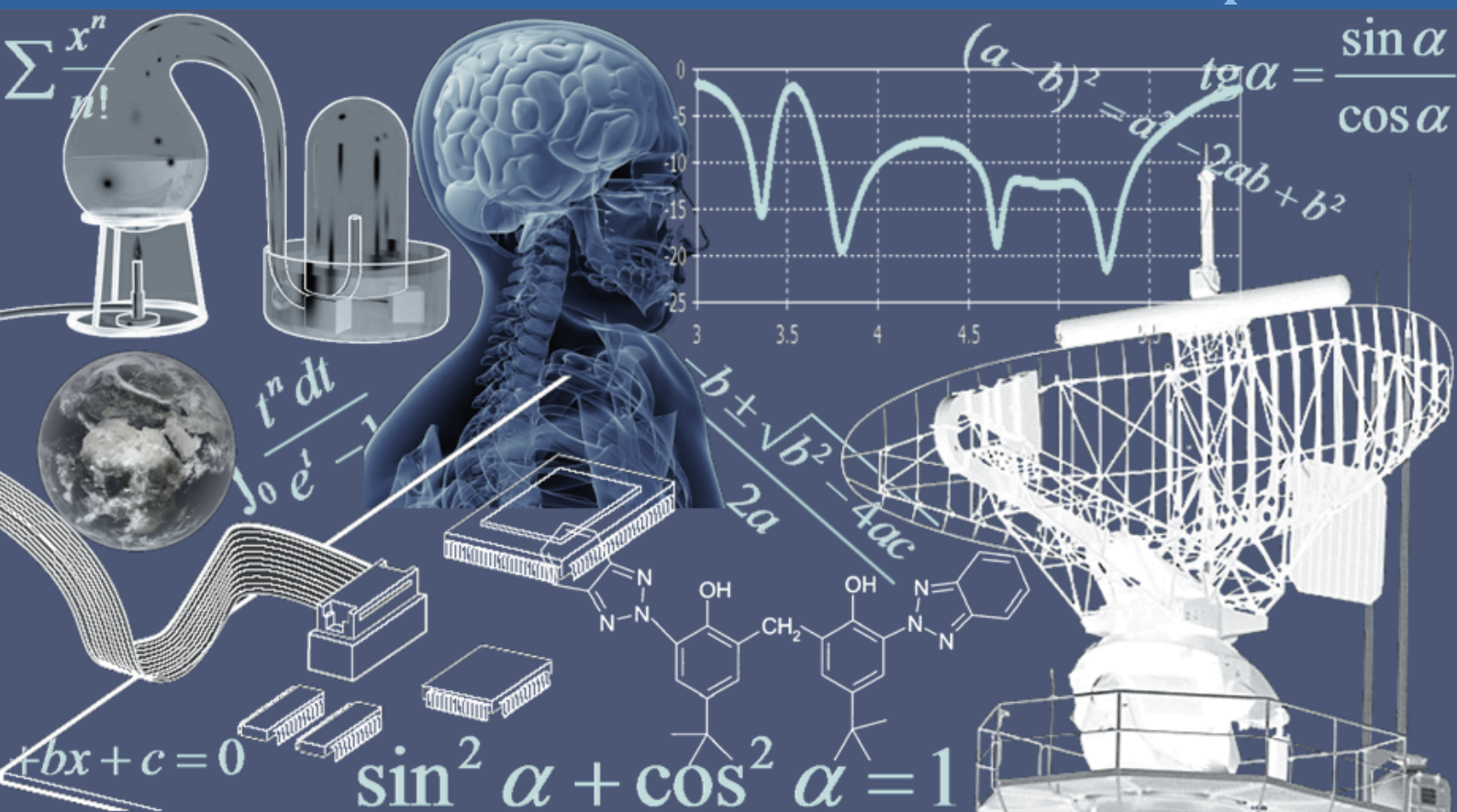


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 42 N. 2 April 2024



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Applied Studies***

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

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

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

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

## ***Editorial Advisory Board***

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

|                                                                                                                                                                                                                    |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Physical characterization of five Ivorian mango varieties with a view to their contribution to the energy mix of Côte d'Ivoire                                                                                     | 206-213 |
| <i><u>Dokatiéné Abdoulaye Coulibaly, Wanignon Ferdinand Fassinou, and Olga Yolande Ako</u></i>                                                                                                                     |         |
| A New Perspective on Experimental Analysis of Biomass Cookstove to Improve Energy Efficiency                                                                                                                       | 214-219 |
| <i><u>Noufou Bagaya, Windé Nongué Daniel Koumbem, Bouwèreou Bignan Kagomna, Issaka Ouédraogo, Thierry Sikoudouin Maurice Ky, and Sié Kam</u></i>                                                                   |         |
| Electrical and mechanical study of a medium-voltage overhead distribution line                                                                                                                                     | 220-232 |
| <i><u>Cossi Téléphore Nounangnonhou, Guy Clarence Semassou, Kossoun Alain Tossa, and Maryse Assogba</u></i>                                                                                                        |         |
| Effect of seed priming on physiological and biochemical performance of rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) seedlings                                                                                                    | 233-242 |
| <i><u>KONE Tchoa, BADIÉL Babdoua, Yaya TOURE, COULIBALY Idrissa, OUATTARA Zana Lassina, and Mongomaké KONE</u></i>                                                                                                 |         |
| Analyse spatio-temporelle de l'occupation des sols dans le secteur de Mawanga                                                                                                                                      | 243-251 |
| <i><u>Laurent Kikeba Mbala, Gilbert Pululu Mfwidi Nitu, Antoine MUMBA DJAMBA, and Idi Eca Idrissa</u></i>                                                                                                          |         |
| Co-evolution des variables climatiques et du cycle biologique du criquet puant ( <i>Zonocerus variegatus</i> Linné)                                                                                                | 252-263 |
| <i><u>Laurent Kikeba Mbala, Alphonse Kambi Dibaya Okito Longo, Gilbert Pululu Mfwidi Nitu, Antoine MUMBA DJAMBA, and Idi Eca Idrissa</u></i>                                                                       |         |
| Structure de marché de quelques produits agricoles de consommation courante et propension de l'agrobusiness familial au Sud-Kivu montagneux en RD Congo                                                            | 264-281 |
| <i><u>Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI</u></i>                                                                                                                                                                   |         |
| Déterminants du succès de l'agrobusiness familial dans le Sud-Kivu montagneux en République Démocratique du Congo                                                                                                  | 282-294 |
| <i><u>Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI</u></i>                                                                                                                                                                   |         |
| Perception des changements climatiques sur le bilan hydrologique et opportunités naturelles d'exploitation de l'énergie solaire dans la zone de Kouroussa                                                          | 295-306 |
| <i><u>Moriba Kourouma, Daouda Keita, Mory Kourouma, and Ousmane Djènè Kaba</u></i>                                                                                                                                 |         |
| Caractérisation des processus détritiques sur le littoral Ivoirien: Cas d'Abidjan (Côte d'Ivoire)                                                                                                                  | 307-319 |
| <i><u>GBAMBLE Bi Youzan Aimé, EGORAN Blandine Akissi Épouse KOUASSI, and AHOURE N'Guessan Donald</u></i>                                                                                                           |         |
| Effectiveness of ophtascan 2 diabetes screening in Lubumbashi: Pilot study on screening for cancer and type                                                                                                        | 320-325 |
| <i><u>Désiré Kamba Banza, Robert Mbuli Lukamba, Simon Henry Opio-Emuna, Cilundika Phillippe, Amani Chuma, Jean-Paul Mande Ngoy, Dophra Nkulu Ngoy, Albert Tambwe Nkoy Mwembo, and Oscar Numbi Luboya</u></i>       |         |
| Détermination des paramètres physiques et mécaniques du sol de la région de Niamey (Niger) à l'aide des essais géotechniques in situ et au laboratoire                                                             | 326-337 |
| <i><u>Baraou Souley Idi, Sani Abdoulwahid, and Moussa Konaté</u></i>                                                                                                                                               |         |
| Production of biogas with household peelings in households and estimation of energy potential in Côte d'Ivoire                                                                                                     | 338-351 |
| <i><u>Sahi Louh, Theophile Roch Ori, Kamenan Blaise Koua, and Prosper Gbaha</u></i>                                                                                                                                |         |
| Characteristics and management method of agro-pastoral waste in the agricultural watershed of Sassandra case of the departments of Sassandra, Soubré, Daloa and Issia                                              | 352-364 |
| <i><u>Amenan Anne Mary Kouassi-Kouadio, Ouattara Pétémanagnan Jean-Marie, Kouassi Nguessan Sergei, Coulibaly Talnan Jean Honoré, and Lacina Coulibaly</u></i>                                                      |         |
| Représentation sociale des maladies mentales en milieu urbain congolais                                                                                                                                            | 365-370 |
| <i><u>Ozowa Latem Josue, Mula Eric, and Jules Richard Botembe</u></i>                                                                                                                                              |         |
| Effect of physical parameters of the porous medium on natural convection in a partitioned cavity                                                                                                                   | 371-381 |
| <i><u>Souleye FAYE, Sidy Mactar SOKHNA, Sory Diarra, and Vincent SAMBOU</u></i>                                                                                                                                    |         |
| Connaissances de maladies de mains sales et pratiques de l'hygiène de mains dans les ménages de la zone de santé Tshopo, ville de Kisangani                                                                        | 382-389 |
| <i><u>Boande Losangola Gaston, Basandja Longembe Eugene, Jacques Ossinga Bassandja, Iseavembe Bosalo Raphael, Olonga Atike Rachel, Mokoto Lokoni Véronique, Panda Kitronza John, and Joris Losimba Likwela</u></i> |         |
| Evaluation de la qualité de l'examen macroscopique en anatomie pathologique: Laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca                                                                    | 390-397 |

Mohamed Belcaid, Oussama Aazzane, Nadia Anibat, Abderahman Mellouki, Fatima Zahra Bakhtaoui, Saida Stitou, Abdeljalil Rezzaki, Nabil Gaougaou, and Mehdi Karkouri

La réflexivité: Compétence incontournable pour optimiser l'enseignement des soft skills dans l'enseignement supérieur au Maroc 398-410

Samira Fadili and Belhaj Laila

Méthode électro-analytique pour la détection du cuivre à l'aide d'une électrode à pâte de carbone modifiée par l'acide éthylène diamine tétra-acétique 411-419

Bernadette EHUI AVO BILE, De Serifou MATYLA, Olivier François Aristide Bertrand KOFFI, Sakina TOUZARA, Abdelilah CHTAINI, Teadouanka Luciano LOUA, and Koffi Jules N'DA

## Physical characterization of five Ivorian mango varieties with a view to their contribution to the energy mix of Côte d'Ivoire

*Dokatiéné Abdoulaye Coulibaly<sup>1</sup>, Wanignon Ferdinand Fassinou<sup>2</sup>, and Olga Yolande Ako<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Environmental Sciences Laboratory, Nangui Abrogoua University, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratory of Material, Environmental and solar Energy Sciences (UFR-SSMT), Felix Houphouët Boigny University, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Environmental Sciences Laboratory, Nangui Abrogoua University, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2024 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 Floridian mango varieties Kent and Palmer, two of the exported varieties also used to produce dried mango, mango juice and jam, and three other varieties locally called: «Tête de chat», «Bouche longue» and «Mademoiselle» and translated in English as «Cat Head», «Long Mouth» and «Miss», were selected on the market and used for experiments. The mass of the pit, skin and pulp of each variety was determined by weighing. The operation was carried out on several ripe mangoes of each variety and the mass ratios of the pit and skins were determined. The ratios of a variety are used to predict the potential waste products (pit and skin) that can be produced by that variety. As results, the studied varieties Kent, Palmer, Cat Head, Miss and Long Mouth, have a mass percentage of waste (pit + skin), 5.93%, 14.00%, 22.69%, 14.60% and 18.00%, respectively, with an average value of 15.04%. According to the available data on Ivorian mango production, which, according to the sources, is between 140,000 and 150,000 tonnes or between 180,000 and 200,000 tonnes of mangoes per year, the resulting amount of waste would be between 21,056 and 22,560 or between 27,072 and 30,000 tonnes, respectively. This amount of waste could contribute to Ivory Coast 's energy mix if converted into energy.

**KEYWORDS:** Mango varieties; Kent; Palmer; Energy mix; Côte d'Ivoire.

### 1 INTRODUCTION

Côte d'Ivoire is an agricultural country that produces many fruits, including several varieties of mangoes. Its current annual production of mango (*Mangifera Indica L.*) is between 140, 000 tonnes and 150,000 tonnes all combined varieties according to PROMAK AFRIC [1] and the interprofessional association called INTERMANGUE [2]. On the other hand, its annual production is estimated to be between 180,000 and 200,000 tonnes according to the Interprofessional Fund for Agricultural Research and Advice (FIRCA) and the Government Information and Advice Center (CICG) [3]. According to Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Ivorian mango production is estimated to be around 180,000 tonnes in 2021 compared to 45,206 tonnes in 2010, i.e. an annual growth of 15% [4]. These different figures illustrate the difficulty of obtaining reliable statistics on Ivorian mango production. Only 10% of the estimated annual production of 32,000 tonnes is exported to Europe and some countries in the sub-region [2], while 40% is lost in the form of waste due to its perishable nature [3]. To mitigate these losses, 39 pre-export fresh mango packaging units and 37 processing units have been set up [2]. Processing units typically produce dried mango, mango juice and jam and produce organic compound waste, mango pits and peels. In order to determine the waste that is produced by mango production and processing units, it is important to assess the mass proportions of the pits, pulp and skins produced by different mango varieties. Such study has not yet been undertaken for several mangoes varieties of Côte d'Ivoire, at least to our knowledge, hence the originality of the present study. To achieve the set goal, the choice fell on two Florida varieties, Kent and Palmer, and three other varieties, 'Cat Head', 'Miss' and 'Long Mouth' which are widely produced and consumed locally. Kent is the most produced, exported and used variety by processing units in Côte d'Ivoire. It

accounts for 80% of all dried mangoes in Côte d'Ivoire [1]. The same variety is used by processing units in Mali [5]. On the other hand, the varieties mainly processed in Burkina Faso, which is one of the major exporters of dried mango in the West African sub-region, are Amélie, Brooks, Kent, Lippens and Springfield. The Amélie variety is the most processed in all processing units in this country [5]. These varieties, which are used in processing units, do not contain fiber and are much sweetened [5]. There are several varieties of mangoes and their presence differs from country to country for various reasons. There are at least 14, 13, 35 and more than 150 varieties in Chad, Senegal, Mali and Haiti respectively [6]; similarly, more than forty varieties have been identified in Burkina Faso [7]. These few examples show the diversity of mango varieties that exist according to geographical space. This diversity could also be explained by the gradual penetration of varieties in different countries according to national or international market demand for products resulting from the processing of this fruit. Indeed, the more a variety is in demand on the world market, the more other countries that do not have it rush to domesticate it in order to reap the resulting financial benefits.

The present work will adopt the following plan. The different percentages of waste skin + pit of each mango variety determined experimentally will be presented. This will be followed by the analysis of these results, which will serve as a basis for the total estimation of waste resulting from mango production in Côte d'Ivoire. Based on these results, the contribution of this waste to Côte d'Ivoire's energy mix will then be evaluated. The originality of this work also results in the fact that this waste is evaluated with a view to contributing to the energy production (thermal or electrical) of Côte d'Ivoire and other African countries, unlike its basic use as livestock feed in most mango-producing countries [8].

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 EQUIPMENT

#### 2.1.1 DATA ON MANGOES

Côte d'Ivoire produces between 140,000 and 150,000 tonnes of mangoes each year, of all varieties according to INTERMANGUE [2] and PROMAK AFRIC [1]. It is also the leading producer and exporter of mangoes in West Africa and the 3rd largest supplier to the European market with around 32,000 tonnes [9] or 35,000 tonnes [10] exported in 2022. But according to experts, this quantity will decrease in 2023 due to the vagaries of the weather and will be around 20,000 tonnes [9]. The evolution of the quantity of mango exported from 2010 to 2023 is presented in Table 1 [2]. Quantities delivered to the international market have steadily increased until reaching a peak of 33,100 tonnes in 2016. They then almost stagnated at around 33,000 tonnes before falling in 2020 following the coronavirus pandemic [2].

**Table 1. Evolution of the quantity of mangoes exported by Côte d'Ivoire from 2010 to 2021 [2] and from 2022 to 2023**

| Years                        | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022* | 2023** |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Quantity of mangoes exported | 12975 | 19179 | 15267 | 16515 | 20475 | 23000 | 33100 | 33040 | 33000 | 32000 | 25296 | 32811 | 32000 | 20000  |

“\*” [10] et “\*\*” [9]

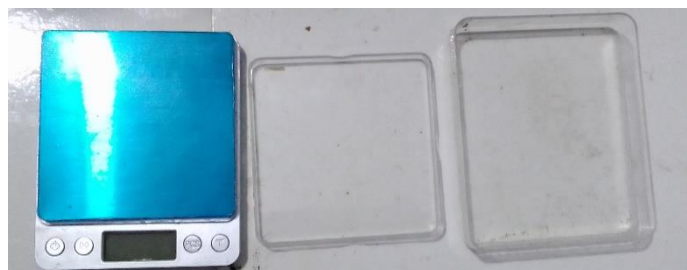
#### 2.1.2 CHOICE OF MANGO VARIETIES

In this preliminary study, five varieties of mangoes, two of which are widely exported, “Kent” and “Palmer”, and three varieties which are produced and consumed locally and called “Tête de chat”, “Bouche longue” and “Mademoiselle” and translated in English as “Cat Head”, “Long Mouth” and “Miss” in the paper, were used for the experiments. Of course, there is a wide variety of mangoes as explained above, but the choice fell on certain varieties commonly marketed and consumed in Côte d'Ivoire and available in Abidjan at the time of the present study. However, the Amélie varieties (early variety), Keitt and Brooks (late variety) which are also produced, exported and used by processing units in Côte d'Ivoire were not taken into account due to lack of availability on the central market of mangoes in Abidjan at the time of the study. It should be noted that the Kent variety is the most produced, the most exported and also the most used by Ivorian dried mango processing units. In fact, it accounts for 80% of all dried mangoes produced [2]. The prospective study will therefore focus on the Kent variety because data on it are available unlike the other varieties. It is the most appreciated and sought after variety on the market in the countries of the European Union [5] where it is considered the reference for mangoes sold [11]. By comparison, Burkina Faso, a major producer and processor of the varieties used in descending order by the processing units are Amélie, Brooks,

Kent, Lippens and Springfield [12]. To determine the amounts of waste produced from the mangoes, samples of the selected varieties were cut and weighed to assess the mass of skin, pulp and pit contained in each mango variety.

### **2.1.3 MEASURING APPARATUS**

For the determination of the different masses, two scales were used. These are: The Mini Electronic Scale "Professional Digital Table Top Scale" brand: GE070HA1H8XLMNAFAMZ, maximum load: 600g with an accuracy of 0.01g (Figure 1) and the "Denver Instrument" brand S.602 electronic scale; Maximum load: 600g and accuracy: 0.01g (Figure 2).



**Fig. 1.** Mini multifunction electronic scale "Professional digital table top scale" from GE070HA1H8XLMNAFAMZ with its two trays



**Fig. 2.** Denver Instrument Electronic Scale

## **2.2 DETERMINATION OF DIFFERENT MASSES**

Each sample of ripe mango was weighed and then cut to separate the skin, pulp and pit. The pit and skin were then cleaned and stripped of the pulp. They were weighed separately and the mass of the pulp was obtained by the difference between the initial mass of the mango and those of the skin and pit. Figure 2 below shows a mango cut into two parts as well as wet waste extracted. The masses of the pits and skins were determined by direct weighing on a scale as shown in Figure 3, while the masses of the pulp were obtained by difference as explained above. The study was carried out with several mango samples of each variety. The percentages of skin, pulp and pit were then calculated in relation to the initial mass of the mango. Statistical averages of these percentages have been reported in Table 2.



Fig. 3. On the left a mango cut into two parts and on the right the removed pit and skin of this mango

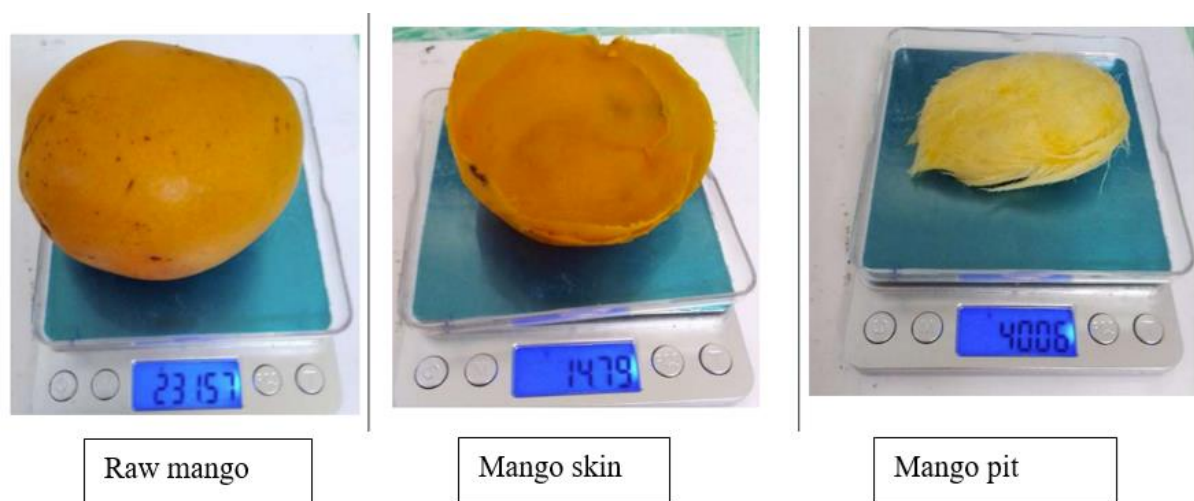


Fig. 4. Experimental determination of the mass, skin and pit of a mango

### 3 RESULTS AND ANALYSES

#### 3.1 PERCENTAGES OF THE DIFFERENT COMPONENTS OF A MANGO FOR THE VARIETIES STUDIED

Table 2. Summary of the experimental determination of the different components of the mango varieties studied

|                                         | Mango variety name | Gross mass of mangoes used(g) | Average Percentage by Weight of Pulp (%) | Average Mass Percentage of pit (%) | Average Percentage by Weight of skin (%) | Average Percentage by Weight of pit and skin (%) |
|-----------------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Florida varieties (for export)          | Kent               | 470.14 -537.71                | 94.07                                    | 02.18                              | 3.75                                     | 5.93                                             |
|                                         | Palmer             | 248.21 -589.99                | 85.97                                    | 09.57                              | 4.43                                     | 14.00                                            |
| Local varieties (for local consumption) | Tête de chat       | 140.05 -322.02                | 77.31                                    | 16.23                              | 6.46                                     | 22.69                                            |
|                                         | Mademoiselle       | 164.38 -245.60                | 85.50                                    | 10.20                              | 4.40                                     | 14.60                                            |
|                                         | Bouche longue      | 145.50 -196.38                | 82.10                                    | 13.20                              | 4.80                                     | 18.00                                            |

The analysis of Table 2 shows the following observations. Varieties intended for export (Kent and Palmer) have a higher pulp content (85.97 and 94.07%) than locally consumed varieties with a content of 85.50%; 82.10% and 77.31%, respectively, for varieties Tête de chat, Mademoiselle and Bouche longue. This high pulp content would be an asset for these varieties intended for export. As a result, they have the lowest waste rates skin and pit of 5.93% and 14.00% for Kent and Palmer, respectively. Compared to the three landraces, these two varieties also have the highest gross mango masses. They range from

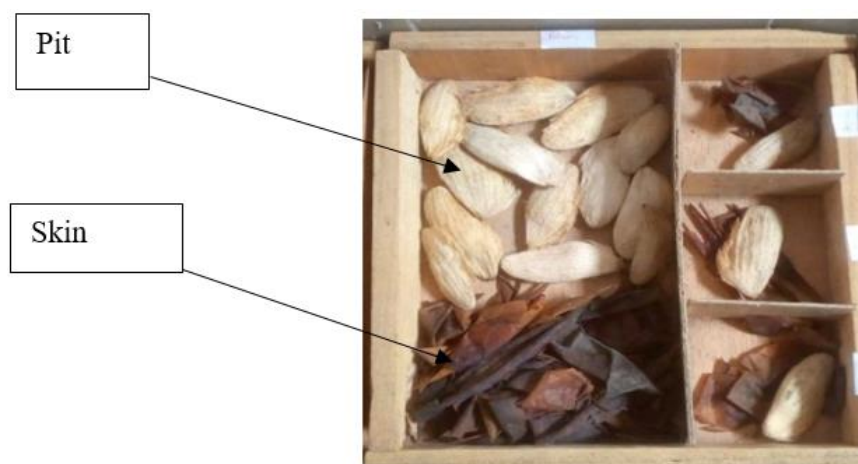
470.14g to 537.71g for the Kent and between 248.21g and 589.99g for the Palmer; however, these varieties may have higher masses than those encountered in this study. The varieties intended for local consumption, which are Tête de chat, Mademoiselle and Bouche longue, have lower gross masses of mango than those intended for export; they vary between 140.05g and 322.02g, 164.38g and 245.60g and 145.50g and 196.38g, respectively, for the first, second and third variety. They have lower pulp contents. It is equal to 77.31%, 82.10% and 85.50%, respectively for Tête de chat, Mademoiselle and Bouche longue. Moreover, their pit and skin content are higher than for commercial varieties. On the one hand, it is 16.23%, 13.20% and 10.20%, for the cores and on the other hand, 6.46%, 4.80% and 4.40% for the skin, respectively for Tête de chat, Bouche longue et Mademoiselle varieties. The latter varieties will therefore have a higher mass of waste that will vary between 14.60 and 22.69%. From the above, it appears that these local varieties have less advantage than the processed and exported varieties Kent and Palmer, for which a high pulp content and no fibre and a very low waste rate are sought. It should be noted that the mass percentages of pulp, pit and skins are very similar for the Palmer (14.00%) and Mademoiselle (14.60%) varieties, although they have very different mangoes gross masses between 248.21 and 589.99 g for the former and between 164.38 and 245.60 g for the latter.

### 3.2 COMPARATIVE ANALYSIS

The determination of the physical characteristics of mangoes has been carried out by some researchers. For example, Kanté-Traoré et al have characterized, for Burkina Faso, 14 species of mangoes that are almost unknown to local processors [7]; while the four best-known varieties: Amélie, Brooks, Kent and Keitt have been characterized by other researchers [13]. Passannet et al [14] did the same for 14 varieties of mangoes from Chad. The varieties common to the three studies in the present work are Palmer and Kent. For a comparative study, the characteristics of these varieties have therefore been summarized in Table 4. For the Kent variety, the gross mass of the mango used for the study varies between 441.14 and 582.57g for mangoes from Chad; those of Côte d'Ivoire are in the same range while those of Burkina Faso have a mass of up to 750g. For the Palmer variety, the Burkinabe mangoes used in their study have a higher mass (between 503 and 790 g) than that of Chad and Côte d'Ivoire. For the percentages of Kent mango pulp, they are between 80.4 and 83.40% for Burkinabe and Chadian mangoes, while the average determined for Ivorian mangoes, which is 94.07%, is higher. Similarly, for the Palmer, the pulp content of the Ivorian mango (average 85.97%) is higher than that of Burkina Faso (between 78.78% and 80.02%) and that of Chad (between 79.22% and 80.38%). It should be noted that during the Ivorian experiments, all the pulp was removed from the skin and the pit to have a skin and a pit entirely devoid of pulp (Figure 4). This approach will result in lower skin and pit percentages in the case of Ivorian fruits compared to those of Burkina Faso and Chad. However, the percentage of the pit of the Ivorian Palmer (09.57%) is higher than that of Chad and lower than that of Burkina Faso (11.71 and 12.33%). The difference between the percentages of pulp, pit and skin could be due to the techniques used to obtain and evaluate them, on the one hand, and to the environmental and climatic conditions in which the plants grow on the other...

**Table 3. Comparison of Mango Variety Characteristics: Kent and Palmer**

| Varieties | Gross Mass Used (g) | Pulps average %MS(%) | Pits average %MS(%) | Skins average %MS(%) | Origin       | Reference        |
|-----------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|
| Kent      | 470.14 – 537.71     | 94.07                | 02.18               | 3.75                 | Ivory Coast  | The present work |
| Palmer    | 248.21 -589.99      | 85.97                | 09.57               | 4.43                 |              |                  |
|           |                     |                      |                     |                      |              |                  |
| Kent      | 441.27 – 582.57     | 81.21 – 83.40        | 5.94 – 7.08         | 10.79 – 11.08        | Chad         | [14]             |
| Palmer    | 325.48 – 509.86     | 79.22 – 80.38        | 7.04 – 8.57         | 12.34 – 11.95        |              |                  |
|           |                     |                      |                     |                      |              |                  |
| Kent      | 750                 | 80.4                 | 6.2                 | 13.4                 | Burkina Faso | [13]             |
| Palmer    | 502.77 – 790.23     | 78.78 – 80.02        | 11.71 – 12.33       | 7.93 – 9.65          |              | [11]             |



**Fig. 5.** Pit and skin of the Palmer variety obtained after total extraction of the pulp

### 3.3 ASSESSMENT OF THE AMOUNT OF MANGO WASTE PRODUCED IN CÔTE D'IVOIRE AND ITS CONTRIBUTION TO ITS ENERGY MIX

The local varieties of mangoes are not professionalized and even have a name of wild mangoes or <mango>. As a result, they are not quantified and therefore data on their production are not available. The varieties most produced for local consumption are Tête de chat, Bouche longue, Miss. But their annual production is not available and is not quantified by the stakeholders. The export varieties “Kent” and “Palmer” are professionalised and estimates for the processing of mango by drying, particularly for the Kent variety, are available. Estimates of waste quantities initially focused on this single mango variety using the data in Table 2. From these results, calculations were made to determine the total quantity of mango produced in Côte d'Ivoire. The annual amount of dried pulp produced by mango drying units from 2017 to 2021 is given in Table 4 below as well as that of fresh mangoes used for this production [1], [2]. As for the amount of fresh Kent mango, it is estimated to be 80% of this total amount of fresh mangoes processed. The mass of wet waste and mango pulp is estimated from the different percentages in Table 2. The various results obtained are summarized in Table 4.

**Table 4.** Estimated wet waste and pulp (tonnes) of Kent produced by drying units from 2017 to 2021

| Years | Amount of fresh mangoes used [2] | Amount of dried pulp obtained | Fresh Kent mango quantity | Fresh Kent pulp quantity | Amount of Kent Kernels Produced | Quantity of Kent pelts produced | Quantity of Kent Waste produced |
|-------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 2017  | 1239.81                          | 88.558                        | 0991.85                   | 933.03                   | 21.62                           | 37.19                           | 58.81                           |
| 2018  | 2428.87                          | 173.491                       | 1943.10                   | 1827.87                  | 42.36                           | 72.87                           | 115.23                          |
| 2019  | 2625.04                          | 187.503                       | 2100.03                   | 1975.50                  | 45.78                           | 78.75                           | 124.53                          |
| 2020  | 4137.25                          | 295.517                       | 3309.80                   | 3113.53                  | 72.15                           | 124.12                          | 196.27                          |
| 2021  | 8300.60                          | 592.900                       | 6640.48                   | 6246.70                  | 144.76                          | 249.01                          | 393.77                          |

The amount of waste (Pit and skin) from the drying of Kent mango by processing units increased from approximately 59 tonnes in 2017 to over 394 tonnes in 2021. It should be noted that the current dried mango production does not cover the entire demand of the international market [2]. This estimate shows that Kent, with the smallest core, can produce waste from 59 to 394 tonnes in five years. This waste production will therefore increase if its production increases because of strong demand on the international market. It should be noted that these estimates do not yet take into account other mango varieties. The latter are expected to increase the total amount of waste resulting from the mango sector.

As data on each mango variety produced in Côte d'Ivoire was not available to refine the calculations and determine the total amount of mango waste in this country, an average of all mango waste values in Table 2 was made. It amounts to 15.04% by weight for the five mango varieties studied. The Ivorian quantity of mangoes produced is between 140,000 and 150,000 tonnes per year according to the inter-professional association called INTERMANGUE [1] and PROMAK AFRIC [2]. With the average waste of 15.04%, the amount of mango waste would be approximately between 21,056 and 22,560 tonnes per year. If data from FIRCA and CICG data [3] are considered, the amount of waste produced is estimated to be between 27,072 and

30,000 tonnes. These quantities represent a first approach to be refined if reliable statistics were available. These quantities of mango waste, if recovered for energy, would increase the share of biomass in Côte d'Ivoire's energy mix.

Based on the studies of Kanté-Traoré et al. [7] and Passannet et al. [14], the average percentage of mango waste in Burkina Faso and Chad was estimated to 25.27% and 21.14% respectively in relation to the initial mass of mangoes. These percentages are higher than those of Côte d'Ivoire which is 15.04% for the reasons explained above. With an annual mango production between 160,000 and 300,000 tonnes [15] and a waste rate of 25.27%, Burkina Faso could inject between 40,432 and 75,810 tonnes of mango waste into its energy mix. According to data from Tridge [16], the average annual production of mangoes in Chad from 2011 to 2022 is about 35,000 tonnes. With a waste rate of 21.14%, this country could use 7,350 tonnes of mango waste in its energy mix.

The present study shows that in all countries where mangoes are produced, the waste (more than 20% on average) that is inherent and incompressible can contribute to their energy mix. This energy recovery will make it possible to combat environmental pollution and consequently climate change, because this waste, if not used as livestock feed or for other purposes, rots in nature.

#### 4 CONCLUSION

This study deals with the identification of wastes resulting from mango production. The mass percentages of pulp, pit and skin were determined experimentally for five local mango varieties: Kent, Palmer, Bouche longue, Mademoiselle and Tête de chat. Since statistics are available only for the Kent variety, the annual projections of mango waste produced in Côte d'Ivoire were first made for this variety alone before being generalized. The amount of waste resulting from its production and processing alone increased from more than 59 to 394 tonnes between 2017 and 2021. With the assumption of a total mango waste production estimated at 15% with an annual mango production of between 140,000 and 150,000 tonnes [1, 2], the annual quantity of mango waste that Côte d'Ivoire could inject into its energy mix would be between 21,056 and 22,560 tonnes or between 27,072 and 30,000 tonnes if this annual production was between 180,000 and 200,000 tonnes [3]. This quantity is likely to be upgraded due to the increase of this fruit production and its demands. This waste could be an important link in Côte d'Ivoire's energy mix. For the time being, they are not recovered in the majority of cases and left in nature; in this way, they contribute to environmental pollution.

The next step of the study will be to determine the calorific value of mango waste and therefore to assess its energy contribution to Ivory Coast's energy mix in terms of electrical or thermal power.

#### REFERENCES

- [1] PROMAK AFRIC, «Description et analyse des chaînes de valeurs de la filière mangue». Rapport Provisoire. Projet N°2000001058. Financement: FIDA prêt N° 2000001951 signé le 27 mars 2018/ OFID Prêt N° 1301P. Octobre 2022 – Rép. de Côte d'Ivoire, 2022.
- [2] S. Sekongo, *les unités de transformation de la mangue en côte d'ivoire en 2022*, Étude commissionnée par Interprofession de la mangue de Côte D'Ivoire. Etude financé par CBI, Ministry of Foreign Affairs. Mai 2022, 2022.
- [3] Centre d'Information et du Conseil Gouvernemental (CICG), *180000 tonnes, Production de la filière mangue*, 2019, [Online] Available: [www.gouv.ci](http://www.gouv.ci), <https://news.abidjan.net/chiffres-cles/2-economie/3468-avec-une-production-denviron-1> (Jully 28, 2023).
- [4] Sikafiance, *Investir-en-cote-d-ivoire-la-transformation-de-la mangue\_41606*, 2023. [Online] Available: <https://www.sikafinance.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.sikafinance.com%2Fmarches%2F>. (December 18, 2023).
- [5] H. kante-traore, H. Sawadogo-Lingani, I. Seogo, D. Kabore and M. H. Dicko. «Procédés de transformation de la mangue et niveau de connaissance des normes de qualité par les unités de production au Burkina Faso», *International Journal of Biological an Chemical Sciences*, vol. 11, no.1 pp. 195-207, 2017.
- [6] A. S. Passannet, J. Aghofack-Nguemezi and D. Gatsing, «Diversité de variétés, de production et de conservation de mangues au Tchad», *International Journal of Biological an Chemical Sciences*, vol. 11, no 3, pp. 1145-1164, 2017.
- [7] H. Kanté-Traore, M. Dufrechou, D. Le Meurly. V. Lançon-Verdier, M. H. Dicko, H. Sawadogo-Lingani, «Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de 14 variétés de mangue du Burkina Faso peu vulgarisées, pour une meilleure valorisation», *Revue burkinabè de la recherche. Sciences naturelles et appliquées*. vol. 39, no. 2 (1), pp. 221-245, 2020.
- [8] K. Timbilfou, M. L. Youssouf, I. Georges et K.-Z. Chantal-Yvette, «Procédés de production d'aliments non conventionnels pour porcs à base de déchets de mangues et détermination de leurs valeurs alimentaires au Burkina Faso», *Journal of Applied Biosciences* vol. 67, pp. 5261 – 5270, 2013.

- [9] Radio France internationale (RFI) - Emission: CHRONIQUE DES MATIÈRES PREMIÈRES, Mangue ivoirienne: une saison en demi-teinte Published on: the 22/05/2023 - 00: 04 by RFI).
- [10] T. Mutombo., Hausse de la production des mangues en Côte d'Ivoire, 2021.  
[Online] Available: <https://sahutiafrica.net>. Novembre 18, 2021 (December 8, 2023).
- [11] CBI (Centre for the Promotion of imports from developing countries). 2015. Caractéristiques produits pour les mangues fraîches. [www.cbi.eu/disclaimer](http://www.cbi.eu/disclaimer).
- [12] H. Kante-Traore, H. Sawadogo-Lingani, I. Seogo, D. Kabore and M.H. Dicko «Procédés de transformation de la mangue et niveau de connaissance des normes de qualité par les unités de production au Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.11, no 1, pp. 195-207, 2017.
- [13] N. Ouédraogo, M. Boundaogo, A. Drabo, R. Savadogo, M. Ouattara, E.C dioma, M. Ouedraogo, *Guide de la transformation de la mangue pour le séchage*, Decembre 2017, Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques Programme d'Appui aux Filières Agro-Sylvo-Pastorales (PAFASP) Édition graphique: (<https://duddal.org>), 2017.
- [14] A.S. Passannet, J. Aghofack-Nguemezi and D. Gatsing. «Variabilité des caractéristiques physiques des mangues cultivées au Tchad: caractérisation de la diversité fonctionnelle», *Journal of Applied Biosciences*, vol.128, pp.12932 -12942, 2018.
- [15] Bambio, Z. François, Mangues: un chiffre d'affaires brut de plus de 17 milliards de F.CFA en 2021, 2022. [Online], Available: <https://www.investirauburkina.net/secteurs-et-marches/fruits-et-legumes/mangues-un-chiffre-daffaires-brut-de-plus-de-17-milliards-de-f-cfa-en-2021.html> (December 8, 2023).
- [16] Production de Mangue fraîche en/au (x) Tchad, 2023.  
[Online] Available: <https://www.tridge.com/fr/intelligences/mango/TD/production> (December 12, 2023).

## A New Perspective on Experimental Analysis of Biomass Cookstove to Improve Energy Efficiency

**Noufou Bagaya<sup>1</sup>, Windé Nongué Daniel Koumbem<sup>1</sup>, Bouwèrou Bignan Kagomna<sup>1</sup>, Issaka Ouédraogo<sup>2</sup>, Thierry Sikoudouin Maurice Ky<sup>1</sup>, and Sié Kam<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Energies Thermiques Renouvelables (L.E.T.RE). Département de Physique, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>2</sup>Département Energie. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT). Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

---

Copyright © 2024 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:** Improving a home's energy efficiency allows the reduction of biomass consumption and therefore human pressure on forests and improves users' health. This work aims to highlight the performance of an improved cooker based on the protocol of a water boiling test (WBT) said advanced. A suitable charcoal or firewood type is tested with wood from the province of KADIOGO, Burkina Faso. The tests took place for a month using pot number 3 with the presence and absence of its lid. The energy lost by the openings, walls, and fumes of the Cook Stove is 73.01%. The thermal performance is estimated at  $\eta = 26,99\%$  and a maximum cooking time of 40 minutes. The improvements of this Cook Stove made it possible to achieve a gain of 10% unlike three-stone fireplaces generally have yields of about 20%. The result shows that an optimization of the cookstove that can reduce the openings is possible. The study will continue with the development of a digital method to propose a cook stove with optimal energy performance.

**KEYWORDS:** Wood burning; Cookstove; WBT advanced; Improved Performance.

### 1 INTRODUCTION

Wood biomass remains the most important source of energy production from renewable energy sources. Burkina Faso's ever-increasing population (20,505,155 in 2022)[1] and the unavailability of modern fuels are the main reasons for the increase in the use of firewood today [2]. Combustion is the main technology applied to produce heat from wood being economically feasible and controlled by households in rural areas. Also, it is a cheap and renewable source of energy but with increasing desertification, finding a solution to reduce the high demand for wood in the kitchen becomes necessary. In addition to the choice of wood with a high calorific value, the cookstove model is also an important property in the determination of energy performance. Traditionally, in Burkina Faso, the first cookstove used in the kitchen is the three-stone one. It is the simplest and cheapest cookstove to produce because it requires only three stones of the same height placed in a certain orientation [3]. The design and control of a combustion chamber reduce energy losses. Improved stoves remain much more efficient in terms of performance and safety. In recent decades, various improvements in the cookstove have been implemented through experimental studies [4]. However, there are still many parameters that need to be studied and worked on. With biomass as the main fuel, experimental studies on these stoves are needed to produce more thermally efficient and safer cookstoves. Laboratory tests have been developed to understand the gasification process in such stoves. There are many techniques used to assess range performance parameters, but the most commonly accepted is the boiling water test [5]. The Boiling Water Test (WBT) is a rough simulation of the boiling water cooking process that aims to help cookstove designers understand how energy is transferred from fuel to the pot [6]. It can be performed on almost all types of cookstoves around the world. Thus, this is the technique we have adopted to evaluate the performance of this cookstove. In addition to this protocol, we have included a procedure for measuring energy transfer from fuel combustion, ash, wall losses, and flue gas. This test determines changes in various performance parameters over time. The outputs obtained include the energy produced by the fuel, the energy

consumed, and the thermal efficiency concerning time. The model of the cookstove was studied in recovered steel painted white. The originality of this study compared to the previous WBT test is the addition of the observation of the thermal compartment of the fire after the extinction of the flame. The objective of this work is to show that this type of household is more economical compared to traditional models. The document first presents the introduction, then the materials and methods, and finally the results followed by a conclusion.

## 2 MATERIALS AND METHODS

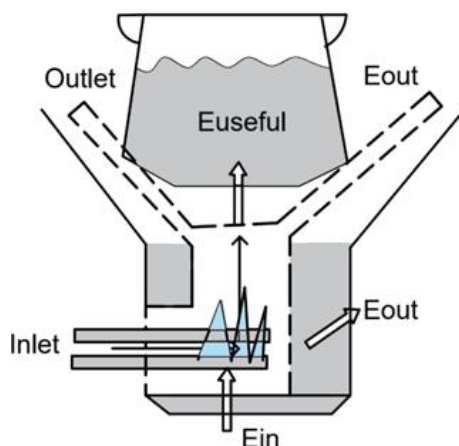
### 2.1 TEST PROTOCOL

The fuel with a mass ranging from 0.2kg to 2 kg is used to feed the cookstove. A total of 12 tests were conducted in the presence and absence of the lid. The test is first conducted at low pressure of boiling 7L of water. This amount represents 2/3 of the capacity of the pot. This phase ends when the water temperature reaches the boiling point of 99°C. Then, a high-pressure phase, with a new pot of the same volume with water is changed by keeping the cookstove warm. The water is heated to a boiling point. Finally, the test ends at the simmering phase where the water of the second boiling phase is kept on the fire for 45 minutes as planned in the study by Bagaya et al, 2021[7]. A regular check of the pot is made to avoid a descent below 6 degrees below 99°C. This last step is essential because it allows the simmering of meals during real cooking. A plus on the boiling water test was brought in this study, we extinguished the fire and left for 40 minutes to observe the behavior of the walls in the restitution of energy. The complete experiment is shown in Figure 1.



**Fig. 1. Water boiling test device**

The cookstove is a standard metal frame of conical shape of diameter 40 cm, of height 32cm and the wall has a thickness of 10 mm. Thermocouples in the number of 03 of type K and 03 of type J have been used for the taking of temperatures with precision of  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  and connected to the datalogger Midi Logger LG220 whose reading tolerance is 0.05%, and accuracy  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . The numerical balance has an accuracy of g. The physical model of the experiment is given by Figure 2.



**Fig. 2. Schematic of cook stove cross-section with heat transfer modes**

## 2.2 ENERGY BALANCE

The thermal balance in the cookstove is summed up in the three forms of energy. The energy dissipated in the smoke and the walls representing the upper part are named  $E_{out}$ . The thermal balance of the cookstove is determined according to the energy flows entering and leaving the cookstove. The thermal balance of the system is written in Equation 1.

$$E_{in} + E_{useful} + E_{out} = 0 \quad (1)$$

Energy supplied by fuel (kJ)  $E_{in}$  in the equation 2, is evaluated from the lower calorific value (LCV) of the wood,  $m_{wood}$  the biomass mass and  $m_{ash}$  ash mass.

$$E_{in} = (m_{wood} - m_{ash}) \text{ LCV} \quad (2)$$

Useful energy (kJ)  $E_{useful}$  in the equation 3, is all the energies served at boiling water between temperature intervals  $T_1$ , and  $T_2$  during heating time  $t$ .

$$E_{useful} = \frac{m(C_p + C_{pW})(T_f - T_i) + m_{H_2O} L_w}{t} \quad (3)$$

With  $m$  the mass of the pot loaded with water (kg),  $t$  the time (in seconds), and  $L_w$  the latent heat of vaporization ( $\text{kJ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) and,  $C_p$  the aluminum specific heat ( $\text{kJ kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$ ) and  $C_{pW}$  the aluminum specific heat ( $\text{kJ kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$ ).  $m_{H_2O}$  represent the mass of water lost in the vaporization ( $\text{kg}$ ). Thermal losses (kJ)  $E_{out}$  come down to the conduction calculated according to the Fourier law, the radiation with the Stefan-Boltzmann law, and the convection calculated by equation 4.

$$E_{out} = \frac{k A dT}{dx} + h A \Delta T + \varepsilon A \sigma T^4 \quad (4)$$

With  $x$  the cooker thickness, thermal conductivity ( $\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ),  $A$  heating area ( $\text{m}^2$ ),  $h$  convection coefficient ( $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ ),  $\varepsilon$  thermal emissivity and  $\sigma$  Boltzmann constant.

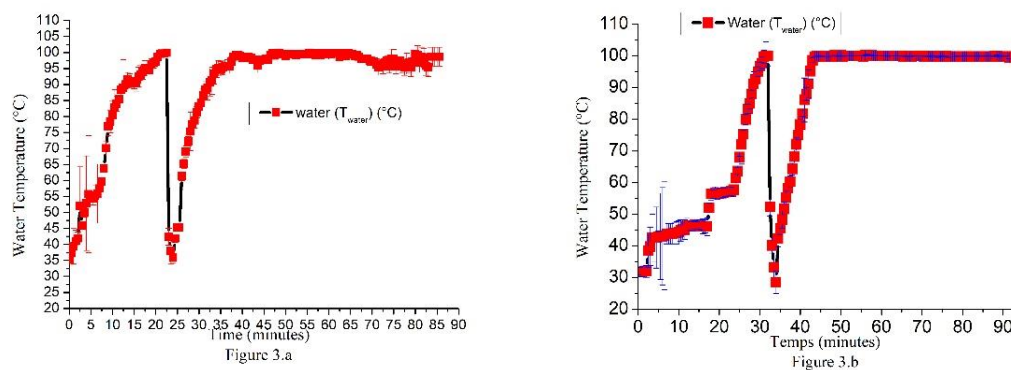
The energy efficiency ( $\eta$ ) of the cookstove is given by the equation 5. This result defined the quotient of the energies received by the water by the energies coming from the combustion of wood.

$$\eta = 100\% \frac{\sum E_{useful}}{\sum E_{in}} \quad (5)$$

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 COMPARISON OF BOILING TEMPERATURES

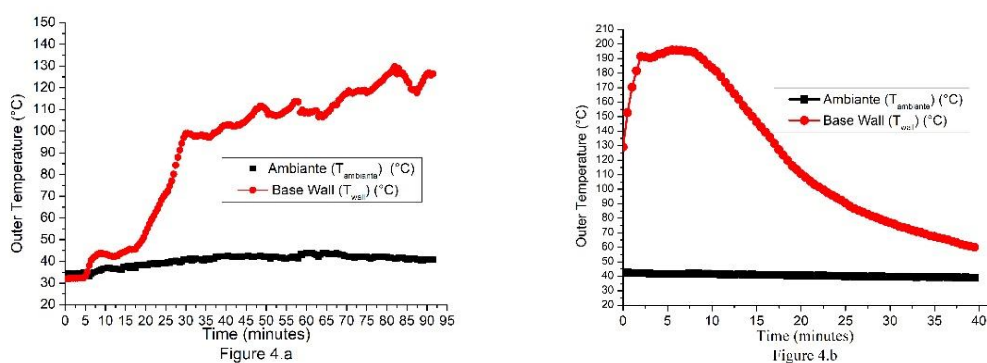
Figure 3 shows the boiling water temperatures during the three WBT test phases as a function of time. In total, an average time of about 95 minutes was used for the test. Figure 3.a shows the test with a lid and Figure 3.b without a lid. It is noted that the boiling temperature of water increases rapidly in 20 minutes to reach  $99^\circ\text{C}$ . Such a speed provides the advantage of cooking meals faster and saving wood. For the first two phases the time to reach boiling is almost identical around 30 minutes, this explains the low inertia of the cookstove because the hot start should reach boiling faster. In the third phase, the temperature remained constant around  $99^\circ\text{C}$  during the 45 minutes. This is a good clue for the quivering of meals because any sudden temperature change can spoil meals. Also, the study shows that low fuel consumption is observed for the test with a lid. This good result is due to the effect of the lid reducing the losses in the pot arriving very quickly to a boil (20 minutes). Also, this good result is because the combustion chamber is close to the pot ( $h = 10\text{cm}$ ) allowing a good transfer of energy to the pot.



**Fig. 3. Boiling temperature of water with lid (left) and without lid (right)**

### 3.2 THERMAL INERTIA OF THE COOKER

Figure 4 shows the evolution of ambient and low temperatures of the cooker deposited on the ground as a function of time. Figure 4.a shows during heating and 4.b shows the cooling period. We notice a temperature reaching 140°C showing energy losses in this wall directly in contact with the combustion chamber. But nevertheless, this result remains acceptable compared to the temperature of the ash at  $T_{char} = 500^{\circ}\text{C}$ , so about 300°C is retained by this wall. Figure 4b shows a rapid drop in temperature from 140 to 40°C, indicating low inertia of the steel. Nevertheless, for 15 minutes after flame extinguishing, the temperature is still 80°C showing good model performance.



**Fig. 4. Ambient and base temperatures of the cookstove during heating and cooling**

### 3.3 HIGH TEMPERATURES REACHED

Figure 5 shows the flame and coal temperatures during the test. The maximum flame temperature is 900°C and is very close to a liquefied petroleum gas (LPG) flame[8]. This result shows that the combustion was complete and that the combustion chamber is well ventilated. This temperature allowed in 20 minutes of combustion to reach a boil. The combustion time is 100 minutes showing the energy performance of the cookstove ( $\eta = 26.99\%$ ). Figure 5b shows the evolution of the heat in the chamber after the flame is removed. The two curves of this figure are practically identical because it is the hot ash that maintains this heat within the chamber.

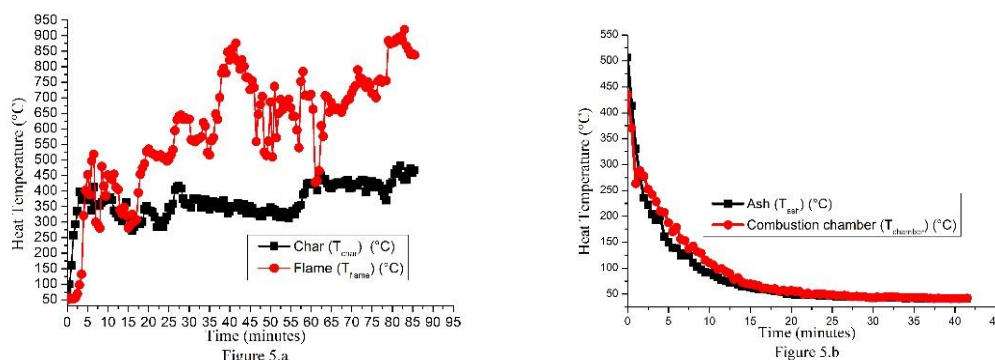


Fig. 5. Temperature trends in the combustion chamber before and after heating

### 3.4 TEMPERATURES OF THE VERTICAL WALLS OF THE COOKSTOVE

Figure 6 shows the temperature profile of the top wall of the cookstove reached 190°C in 5 minutes of cooking. Thereafter we observe a sinusoidal evolution ranging from 110°C to 170°C. This is due to the variation in the rate of wood combustion in the chamber. As soon as the flame dies out (Figure 6.b), the temperature of the firebox wall drops rapidly within 20 minutes to reach ambient temperature (40°C). This result shows that the inertia of the cookstove is low. Indeed, all the heat of the combustion zone passes by conduction through the wall of the cooker. The internal and external temperature of the cookstove wall is almost identical.

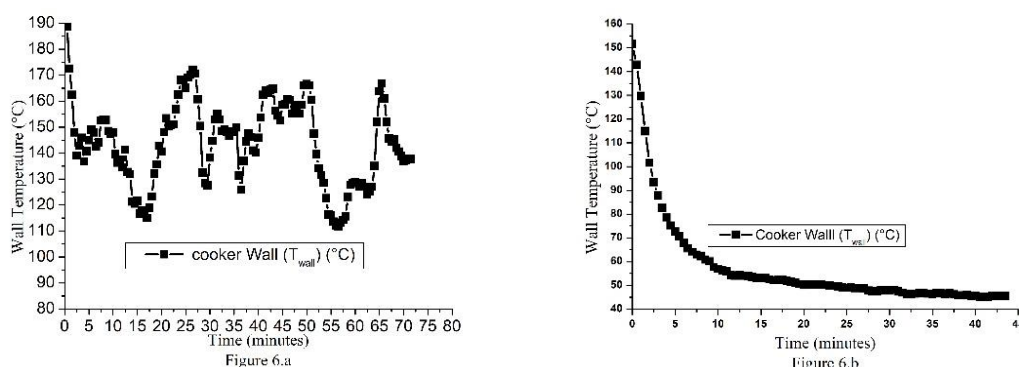


Fig. 6. Temperature evolution of the vertical wall of the cooker before and after heating

### 3.5 THERMAL BALANCE

Finally, the energy performance of the cookstove is presented in Table 2. During the test, the initial water temperature is 29°C and the boiling temperature is 99°C. This gives the average burner yield of 26.99% and losses of about 73%. The average partial yield of boiling is  $\eta = 31.3 \%$ .

Table 1. Baseline energy balance result

| Energy       | $E_{in}$ | $E_{useful}$ | $E_{out}$  |
|--------------|----------|--------------|------------|
| Energie (kJ) | 20496    | 5531.8758    | 14964.1242 |
| Energie (%)  | 100      | 26.99        | 73.01      |

The average boiling time is about 20 min. This result is superior to the improved yields which are around 20% [9].

## 4 CONCLUSIONS

The design of a prototype wood cookstove and a pot of 11 liters diameter 40cm was realized. An improved water boiling test was performed to measure overall and partial performance using wood fuel. The highest overall thermal efficiency of

26.99% while the average partial thermal efficiency is 31.3%. The study indicated that heat was concentrated inside the combustion chamber due to the shape of the combustion chamber. The implementation of a new perspective including temperature control in the WBT gave satisfactory results. The low temperatures are those of the vertical wall (150°C) and the kitchen environment (40°C). The heat flow generated indicated that the wall thickness of the cookstove can be increased as well as aeration in the chamber to achieve better performance.

#### COMPETING INTERESTS AND ETHICAL ISSUES

The authors declare that they have no competing interests. The different authors certify that this manuscript is the original work of the authors, and all data collected during the study are as presented in this article, and no data from the study has been or will be published separately elsewhere.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors thank the Laboratoire d'Energies Thermiques Renouvelables (L.E.T.RE) and Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT) for accepting to host this study. The authors also acknowledge the financial support of the International Science Programme (ISP) through the BUFO1 project.

#### REFERENCES

- [1] B. Faso, «Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso,» 2022.
- [2] Gouvernement, «communiqué BF, prix du gaz.pdf,» 2021, p. 02, [Online]. Available: <https://www.sig.gov.bf>.
- [3] N. Bagaya and S. Diop, «Modeling and Validation of Biogas Consumption Prediction in Cook Stove Using a Network Approach ' Nongu e Younoussa Moussa Bald e Sette Diop c and Si e,» vol. 10, no. 4, pp. 16–27, 2022, doi: 10.9734/AJOPACS/2022/v10i4187.
- [4] C. M. Quist, M. R. Jones, and R. S. Lewis, «Insights on thermal efficiency analysis for the water boiling test,» *GHTC 2016 - IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. Technol. Benefit Humanit. Conf. Proc.*, pp. 395–400, 2016, doi: 10.1109/GHTC.2016.7857311.
- [5] L. K. Kaushik, «Performance and Feasibility Assessment of Porous Radiant Burner Aided Cook-stoves for LPG, Biogas and Waste Cooking Oil Fuels Doctor of Philosophy by Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Guwahati Department of Mechanical En,» 2019.
- [6] J. Okino, A. J. Komakech, J. Wanyama, H. Ssegane, E. Olomo, and T. Omara, «Performance Characteristics of a Cooking Stove Improved with Sawdust as an Insulation Material,» vol. 2021, no. May, pp. 0–12, 2021, doi: 10.1155/2021/9969806.
- [7] I. O. b Bagaya, I. Ouedraogo, D. Windé, N. Koumbem, G. W. Sandwidi, and F. P. Kieno, «Energy Performance Analysis of B1-3. 5mm Burner Model of Fasobio-15 Biodigester Biogas Cookstoves,» vol. 25, no. 7, pp. 11–21, 2021, doi: 10.9734/PSIJ/2021/v25i730268.
- [8] L. K. Kaushik and P. Muthukumar, «Thermal and economic performance assessments of waste cooking oil /kerosene blend operated pressure cook-stove with porous radiant burner,» *Energy*, vol. 206, p. 118102, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118102.
- [9] M. N. Gandigude Aashish, «ScienceDirect Simulation of Rocket Cook-Stove Geometrical Aspect for its Performance Improvement,» *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 3903–3908, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.645.

## Electrical and mechanical study of a medium-voltage overhead distribution line

*Cossi Télésphore Nounangnonhou<sup>1,2</sup>, Guy Clarence Semassou<sup>1</sup>, Kossoun Alain Tossa<sup>1</sup>, and Maryse Assogba<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratory of Energetics and Applied Mechanics (LEMA), University of Abomey-Calavi, Benin

<sup>2</sup>Laboratory of Electrotechnics, Telecommunications and Applied Informatics (LETIA), University of Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2024 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 Benin Sustainable and Secure Access to Electrical Energy Project (PADSBEE), initiated by the Government of Benin, aims to develop sustainable access to electricity through the construction of new lines to extend distribution networks. The construction of overhead distribution lines requires perfect knowledge and application of the climatic, electrical and geometric constraints to which they are subject. Our work thus consists in designing a software package for the electrical and mechanical dimensioning of medium-voltage overhead lines, with its application to the 3 km long 20 kV overhead line in the town of Come, in the Mono department. Based on the characteristics of the conductor to be used, the current criteria and the maximum permissible voltage drop, the electrical dimensioning allowed us to determine an Almelec conductor with a cross-section of 75.5 mm<sup>2</sup> and composite insulators with a 490 mm creepage distance. From a mechanical point of view, verification of clearances to obstacles led to the selection of reinforced concrete supports 12 m in line and at a standstill, and 13 m at an angle. Wind and conductor loads on the supports led to the selection of Class A supports with a force of 300 daN in alignment, a Class A support with a force of 800 daN at an angle, and Class C supports with a force of 2000 daN at a stop. Reinforcements are of the sheet-vault type in alignment, horizontal stirrup in angle and single cross-member anchorage in stop.

**KEYWORDS:** Medium voltage; power line; dimensioning; software; reinforced concrete.

### 1 INTRODUCTION

The provision of energy services is essential for the social and economic well-being of populations. In developing countries, the situation of access to electricity remains highly contrasted between urban and rural areas. With a national electricity access rate of 30.39%, 5.70% in rural areas and 57.36% in urban areas, Benin shows in 2020 a growing imbalance between the rapid development of urban areas and the socio-economic situation of rural areas<sup>1</sup>. Mindful of this situation, the Beninese government has decided to sand up the Benin Sustainable and Secure Access to Electrical Energy Project (PADSBEE). The main objective of this project is to develop sustainable access to quality electricity for domestic, commercial and industrial use, in compliance with safety, environmental and social standards. Through the implementation of this project, Benin aims to achieve a national coverage rate of 75% by 2025, including 50% in rural areas and 90% in urban areas, and to ensure that the voltage plan is maintained at all nodes<sup>2</sup>. The distribution component of this project involves the construction of new lines for the Reinforcement, Densification and Upgrading (RDMN) of the distribution network for which Beninese Electric Power Company (SBEE) is the concessionaire. Generally speaking, the construction of overhead lines for medium-voltage distribution networks varies according to the location, energy requirements and construction assumptions. Consideration of the elements involved and the severity of the electrical, geometrical and climatic constraints to which overhead lines are subjected are important factors in the choice of the various components that make them up<sup>3</sup>. For this reason, it is essential to carry out a good electrical and mechanical study of medium-sized overhead distribution lines in order to guarantee quality service at an affordable price.

A great deal of work has already been done on the electrical and mechanical design of overhead medium-voltage distribution lines<sup>4</sup>. Notably in the sub-region, such as in Burkina-Faso for the construction of the 33 kV inter-urban PA-DEDOUGOU power link, for the construction of the 15 kV Bobo-Dioulasso power distribution line<sup>5</sup>, for studies to supply MV/LV substations in the city of OUAGADOUGOU or for the construction of a 20 kV line in the Maourey housing estate<sup>4,5,6,7</sup>. In Togo, with the design of a software package for electrical and mechanical calculations of overhead distribution lines; and even in Benin, with the construction of 33 kV HTA power lines in the north<sup>8,9</sup>. However, the mechanical calculation method for supports and fittings does not correspond to that developed by standard NFC

11-201 (which defines the construction rules for overhead power lines in medium-voltage distribution networks<sup>10</sup>. The NFC 11-201 standard takes account of stresses along the axes of the line elements. What's more, these various projects were carried out under different constraints (electrical, climatic and geometric). For this reason, the technical specifications for the PADBSEE project recommend the use of the NFC 11-201 standard.

The present work involves an electrical and mechanical study of overhead medium-voltage distribution lines.

**Table 1. Nomenclature**

| Elements                                              | Symbols  | Units (SI)      |
|-------------------------------------------------------|----------|-----------------|
| Staking angle                                         | $\beta$  | °               |
| Coefficient of linear expansion                       | $\alpha$ | -               |
| Coefficient of simultaneity                           | $k_s$    | -               |
| Coefficient of transverse support force               | $\tau$   | -               |
| Downgrading coefficient                               | $\eta$   | -               |
| Temperature coefficient                               | $\zeta$  | K <sup>-1</sup> |
| Short-circuit current                                 | $I_{cc}$ | A               |
| Permissible current                                   | $I_{ad}$ | A               |
| Rated current                                         | $I_n$    | A               |
| Horizontal transverse force                           | $h$      | N               |
| Horizontal longitudinal                               | $i$      | N               |
| Vertical force                                        | $Q$      | N               |
| Wind load along the axis of the large support inertia | $Z_H$    | N               |
| Wind force along axis of small support inertia        | $Z_I$    | N               |
| Deflection                                            | $F$      | M               |
| Height                                                | $H$      | M               |
| Vanishing line                                        | $L_f$    | cm              |

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 MATERIALS

In order to carry out this study we used:

- VBA Excel;
- MATLAB.

### 2.2 METHODS

#### 2.2.1 METHOD USED FOR THE ELECTRICAL DIMENSIONING OF A MEDIUM-VOLTAGE OVERHEAD LINE

The electrical sizing of a medium-voltage overhead line involves determining the conductor characteristics (material, cross-section) and the insulator characteristics.

##### 2.2.1.1 SIZING THE ELECTRICAL CONDUCTOR

##### 2.2.1.1.1 CHOICE OF MATERIAL

The choice of material for the electrical study of conductors is essential. Line losses depend on the type of conductor. For the same transmission distance, line losses and voltage drop are greater when the resistivity of the conductor used is higher. On the other hand, influencing the cross-section of these conductors can help reduce resistance; however, this is not economical, as the larger the conductor cross-section used, the greater the weight of the conductor and the greater the need for oversized insulators and supports, which exaggerates the cost of line construction. Conductors must therefore be carefully selected to optimize construction costs, operating costs and line losses<sup>11</sup>.

Electrical conductors must:

- Have good electrical conductivity;
- Have good tensile strength;
- Be economical;
- Have good surface hardness;
- Be lightweight;
- Good corrosion resistance.

Table 1 below shows the advantages and disadvantages of the most commonly used materials.

**Table 2. Advantages and disadvantages of materials<sup>6</sup>**

| Materials | Advantages                                                                                                                 | Disadvantages                                                                                                                                                             |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Steel     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Withstands attraction (Good mechanical strength)</li> <li>- Good price</li> </ul> | Very poor resistivity                                                                                                                                                     |
| Copper    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Good resistivity</li> <li>- Good mechanical strength</li> </ul>                   | High price                                                                                                                                                                |
| Aluminum  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Good resistivity</li> <li>- Acceptable price</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Does not withstand attraction (poor mechanical strength)</li> <li>- Low breaking load</li> <li>- Used for small doors</li> </ul> |

From analysis of table 1 above, we can deduce that copper is an ideal material because of its good resistivity and mechanical strength. In addition, it has a high current density, with a fairly high current-carrying capacity of copper per unit cross-section<sup>12</sup>. However, due to its high cost and unavailability, it is rarely used. For these reasons, the use of aluminum is prioritized. Aluminum has an economic advantage in terms of price and ease of processing. To increase its hardness and mechanical strength, aluminum is treated and combined with other materials. The result is hard-drawn aluminum, annealed aluminum and alloyed aluminum (almelec).

Table 2 below shows the characteristics of the various materials used to select the conductor to be used.

**Table 3. Characteristics of different materials<sup>3</sup>**

| Materials                                 | Hard drawn aluminum | Almélec    | Annealed aluminum |
|-------------------------------------------|---------------------|------------|-------------------|
| Resistivity at 20°C (10 <sup>-8</sup> Ωm) | 2.825               | 3.26       | 2.92              |
| Stress at break (MPa)                     | 160 to 180          | 315 to 325 | 59 to 97          |
| Elongation at break                       | 1 %                 | 3 %        | ~ 20 %            |
| Maximum temperature (°C)                  | 75                  | 75         | 250               |

#### 2.2.1.1.2 DETERMINING CONDUCTOR CROSS-SECTION

To determine the conductor cross-section, we evaluated the power absorbed on the network using the power balance in order to determine the conductor cross-section according to three criteria:

- Rated operating current  $I_n$ ;
- $I_{cc}$  short-circuit current criterion;
- Voltage drop criterion

1) Determination of the power absorbed on the network  $P_m$

$$P_m = P_u (1 + \alpha)^n \quad (1)$$

2) Rated current criterion

$$I_n = \frac{P_m}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi} \quad (2)$$

$$I_{ad} = K \cdot S^{0.62} \quad (3)$$

$$\text{with } I_n \leq I_{ad} \quad (4)$$

## 3) Short-circuit current criterion

$$I_{cc} = \frac{U_n}{Z_{eq} \cdot \sqrt{3}} \quad (5)$$

$$I \frac{S \cdot a}{\sqrt{t_{cc} c_{ccmax}}} \quad (6)$$

$$I_{cc} \leq I_{ccmax} \quad (7)$$

## 4) Voltage drop criterion

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I (R \cos \phi + X \sin \phi)}{U} \quad (8)$$

$$\text{with: } \frac{\Delta U}{U} \leq 5\% \quad (9)$$

- $P_u$  : power used on the grid [kW];
- $U_n$  : nominal line voltage [kV];
- $S$ : conductor cross-section [mm<sup>2</sup>];
- $K$ : coefficient depending on the nature of the conductor material;
- $\cos \phi$  : power factor;
- $Z_{eq}$  : equivalent impedance of all impedances through which the short-circuit current flows [ $\Omega$ ];
- $U_n$ : nominal mains voltage;
- $S$  : cable cross-section [mm<sup>2</sup>];
- $t_{cc}$  : short-circuit time, often taken to be 1s;
- $a$  : factor depending on the nature of the conductor<sup>12</sup>;
- $a = 105.3$  for copper
- $a = 55.07$  for aluminum
- $a = 61.98$  for almelec

Table 4.  $K$  factor<sup>13</sup>

| K | Copper | Almelec | Alu-Steel |
|---|--------|---------|-----------|
|   | 21     | 17.1    | 16.4      |

## 2.2.1.2 INSULATOR SIZING

Insulator sizing depends on the type of material, the installation area, the leakage length and/or the number of plates.

## 2.2.1.2.1 CHOICE OF MATERIAL

The insulator must:

- Have good mechanical strength;
- Have good insulation resistance;
- Be economical;
- Be lightweight;
- have good corrosion resistance

The choice of material was based on an analysis of the advantages and disadvantages of the three (03) materials used to manufacture insulators, as shown in Table 4 below.

Table 5. Advantages and disadvantages of each isolator<sup>13</sup>

| Materials | Advantages                                                                                       | Disadvantages                                                                 |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Ceramic   | Can withstand high mechanical stress                                                             | High cost                                                                     |
| Glass     | - Low cost<br>- Easy to observe defects<br>- Can withstand sudden temperature changes            | - Heavy and difficult to handle<br>- Can only withstand low mechanical stress |
| Composite | - Lightweight<br>- High mechanical strength suitable for heavily polluted areas<br>- Medium cost | - Invisible aging                                                             |

#### 2.2.1.2.2 DETERMINING THE MINIMUM CREEPAGE DISTANCE

The creepage distance of an insulator is the most important parameter determining its electrical performance. It represents the distance measured across the surface of the insulating material. The creepage distance depends on the weather conditions on site.

The minimum creepage distance  $L_f$  is determined by the following formula:

$$L_f = 1.1 \times U_M \times \varphi \quad (10)$$

With:

- $U_M$ : Highest voltage allowed by the equipment [kV];
- $\varphi$ : bypass voltage [cm/kV]

#### 2.2.2 METHOD USED FOR THE MECHANICAL DIMENSIONING OF A MEDIUM-VOLTAGE OVERHEAD LINE

The mechanical design of overhead medium-voltage distribution lines involves determining the mechanical characteristics of conductors, the size of supports and the choice of fittings.

##### 2.2.2.1 DETERMINING CONDUCTOR CHARACTERISTICS

The mechanical calculation of conductors involves studying variations in mechanical stress and determining conductor deflections.

##### 2.2.2.1.1 DETERMINING THE CONDUCTOR'S FINAL MECHANICAL STRESS

We determined the conductor's final mechanical stress  $t_f$  from the change-of-state equation presented by the following expression:

$$t_f^3 + t_f^2 \left[ \frac{E \times a_{eq}^2 \times m_i^2 \times w^2}{24 \times t_i^2} + E \times \alpha (\theta_f - \theta_i) - t_i \right] = \frac{E \times m_f^2 \times a_{eq}^2 \times w^2}{24} \quad (11)$$

With:

- $\theta$  : temperature;
- $t$  : mechanical tension;
- $a_{eq}$  : equivalent span;
- $m$  : overload coefficient;
- $\alpha$  : coefficient of linear expansion;
- $w$  : specific weight of conductor;
- $E$  : modulus of elasticity;

The final mechanical stress of the conductor is that of the most restrictive climatic assumption not exceeding  $\frac{1}{k_1}$  of the conductor breaking load<sup>4</sup>. This tension is used to determine the support gauge.

### 2.2.2.2 DETERMINING THE SUPPORT TEMPLATE

#### 2.2.2.2.1 CHOICE OF SUBSTRATE TYPE

Supports must have the following properties:

- High mechanical strength to support conductor and wind loads;
- Low purchase and maintenance costs;
- Long service life;
- Easy maintenance of conductors.

The choice of supports was made between wood, concrete and mandal.

*Table 6. Characteristics of substrate types<sup>14</sup>*

| Nature   | Advantages                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Disadvantages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wood     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Substantially lower overall line cost than concrete or steel supports;</li> <li>Lighter than concrete or mandal equivalents;</li> <li>Easier to handle than other supports;</li> <li>Easy to climb</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Susceptible to termite attack;</li> <li>Susceptible to severe splitting, depending on wood type and origin;</li> <li>Normally require guying or bracing at corners and stops;</li> <li>Likely to catch fire in the event of fire or insulation failure;</li> </ul>                                                                                      |
| Concrete | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aesthetics ;</li> <li>Long service life ;</li> <li>Maintenance-free once installed;</li> <li>They are self-supporting (no shoring or bracing required);</li> <li>Better local content (cement, iron, labor, etc.);</li> <li>Very high mechanical strength.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Largely disadvantaged compared to wood or steel structures in terms of transport, handling and erection, due to their high mass and fragility;</li> <li>Problems associated with their manufacture (absence of material resistance tests during construction; careless selection and mixing of materials; insufficient drying period, etc.);</li> </ul> |
| Mandal   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Long service life</li> <li>Use of long spans ;</li> <li>Easy to transport and erect;</li> <li>Low maintenance;</li> <li>Self-supporting.</li> </ul>                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>No local content;</li> <li>Requires reinforced concrete foundations;</li> <li>More expensive than other types of support;</li> <li>Subject to corrosion;</li> </ul>                                                                                                                                                                                     |

#### 2.2.2.2.2 DETERMINING THE RESULTING SUPPORT FORCE

The resulting stress on the support represents the forces applied to the power line support, i.e.:

- The forces due to the conductors;
- Wind load on the support and on the fittings (armatures and insulators)

The resultant R on the support is determined by the formula below:

$$R = F_f + \frac{|H| + Z_H + \frac{|I| + Z_I}{\tau}}{\eta} \quad (12)$$

Where:

$$I = n \cdot \left( \left[ V \left( \frac{a_j}{2} - \frac{a_i}{2} \cdot \cos \beta \right) \right] \sin \frac{\beta}{2} + [(T_i - T_j)] \cos \frac{\beta}{2} \right) \quad (13)$$

$$H = n \cdot \left( \left[ V \cdot \left( \frac{a_i}{2} \cdot \cos^2 \beta + \frac{a_j}{2} \right) \right] \cdot \cos \frac{\beta}{2} + [(T_i + T_j)] \sin \frac{\beta}{2} \right) \quad (14)$$

$$Z_H = r \cdot V_V \cdot \cos^2 w' \quad (15)$$

$$Z_I = r \cdot V_V \cdot \sin^2 w' \quad (16)$$

With:

- $F_f$  : flat-rate force (for fittings, the following flat-rate values are used:  $F_{\text{ferrures}} = 15 \text{ daN at } 180 \text{ Pa}$ ,  $25 \text{ daN at } 480 \text{ Pa}$ ,  $30 \text{ daN at } 585 \text{ Pa}$  and  $35 \text{ daN at } 640 \text{ Pa}$ );
- $H$  and  $I$  : conductor forces on the support's axes of inertia;
- $Z_H$  and  $Z_I$  : wind components on the support;
- $\tau$  : coefficient of the transverse force of the support;
- $\eta$  : derating coefficient taking into account the offset of the bearing point of the forces due to the conductors in relation to the standardized reference, which is  $0.25\text{m}$  below the top of the support;
- $a_i$  : smallest span;  $a_j$  : largest span;
- $V$  : wind load on conductor;
- $\beta$  : staking angle;
- $V_V$  : conventional wind force;
- $r$  : wind pressure correction coefficient according to the hypothesis considered  $\left( = \frac{P_h}{P} \right)$ ;
- $P_h$  : wind pressure in the hypothesis considered;
- $P$  : Wind pressure for assumption A in normal wind zone;
- $w'$  : angle of the wind direction on the support with its axis of great inertia

$$w' = \frac{\pi}{2} - \Omega + \frac{\beta}{2} \quad (17)$$

- $\Omega$  : orientation angle: angle made by the support's axis of great inertia with the bisector of the staking angle ( $0^\circ$  in stop;  $90^\circ$  in alignment;  $\beta$  in angle<sup>15</sup>)

We look for the support with the force immediately greater than the calculated force.

#### 2.2.2.2.3 MINIMUM CONDUCTOR ATTACHMENT HEIGHT

The minimum conductor attachment height  $H$  depends on the ground clearance  $G$ , the conductor deflection  $f$  and the installation height  $h_0$ . It is determined by the following formula:

$$H = G + f_m + h_0 \quad (18)$$

With:  $G$  : ground clearance;  
 $f_m$  : maximum deflection;  
 $h_0$  : installation height.

This value is used to select the total height of the support.

#### 2.2.2.3 DETERMINING THE ARMING GAUGE

The choice of armament depends on the function of the support, the span of the line or the distance between conductors. The following Table 6 shows the criteria for selecting the armatures generally used.

Table 7. Armament selection<sup>13</sup>

| Support function |                                 | Span                | Armament type                                                                  |
|------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Alignment        |                                 | $\leq 60 \text{ m}$ | - Flag<br>- Alternating                                                        |
|                  |                                 | $> 60 \text{ m}$    | - Vaulted-tablecloth                                                           |
| Angle            | $\leq 10 \text{ Gr } (9^\circ)$ | -                   | - Flag<br>- Tablecloth                                                         |
|                  | $> 10 \text{ Gr } (9^\circ)$    |                     | - Harrow (crosspiece for TAD dual anchorage)<br>- Suspension bracket ETA (CUO) |
| Stop             |                                 | -                   | - Herse (crossbar for single anchorage TAS)<br>- Suspension bracket ETA (CUO)  |

The loads applied to an armature at each of a conductor's attachment points are determined by the following formulas:

- $h$ : Horizontal force

$$h = V \left( \frac{a_i}{2} \cdot \cos^2 \beta + \frac{a_j}{2} \right) \cdot \cos \frac{\beta}{2} + (T_i + T_j) \sin \frac{\beta}{2} \quad (19)$$

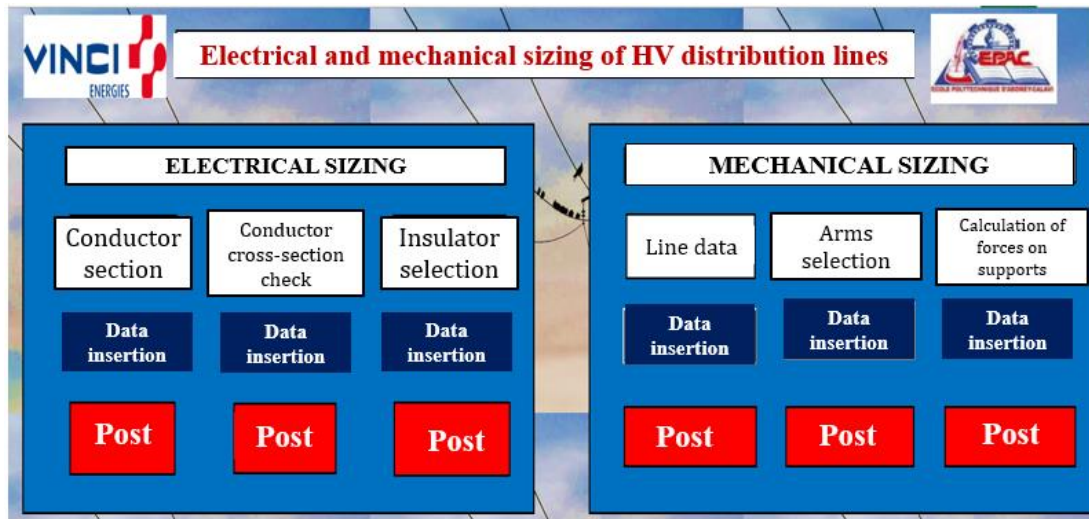
- $q$ : Vertical force

$$q = p \left( \frac{a_i}{2} + \frac{a_j}{2} \right) + T_i - T_j \quad (20)$$

With:

- $p$  : linear weight of conductor

To facilitate the electrical and mechanical study, we have designed a software package using the VBA language. Figure 1 below shows the software's main menu.



**Fig. 1. Software main menu**

Figures 2 and 3 below show the software's electrical and mechanical operating diagrams.

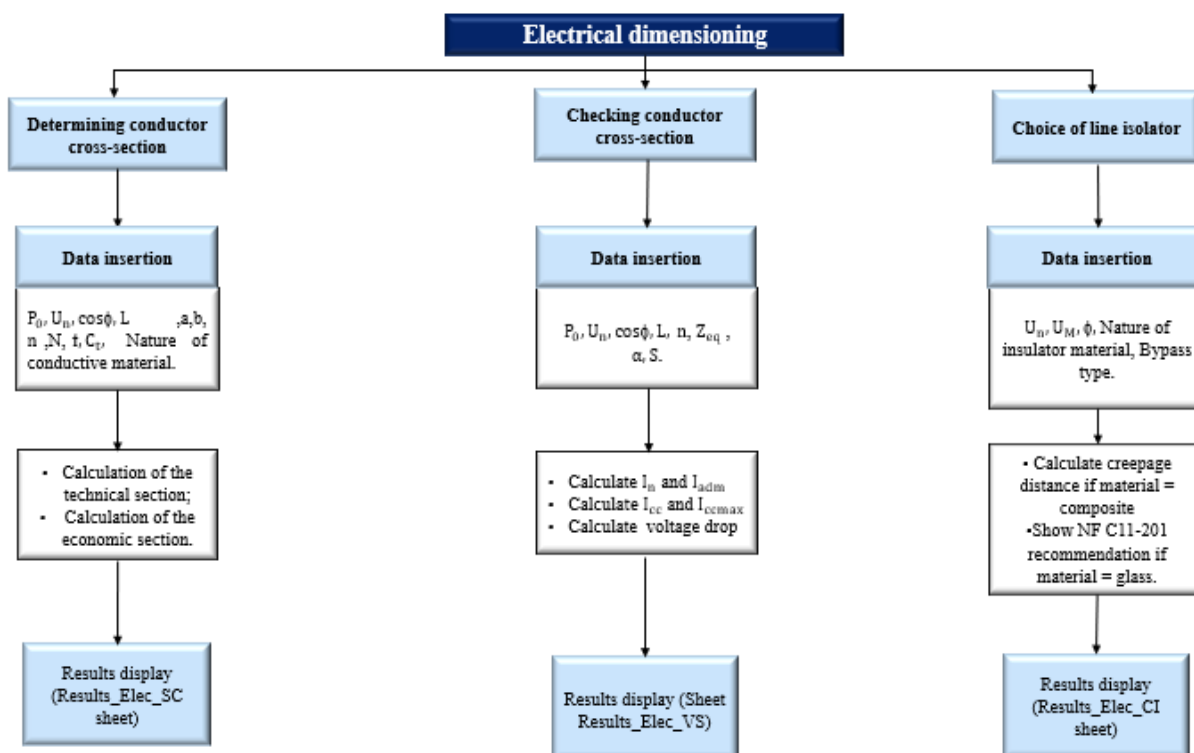


Fig. 2. Electrical sizing flow chart

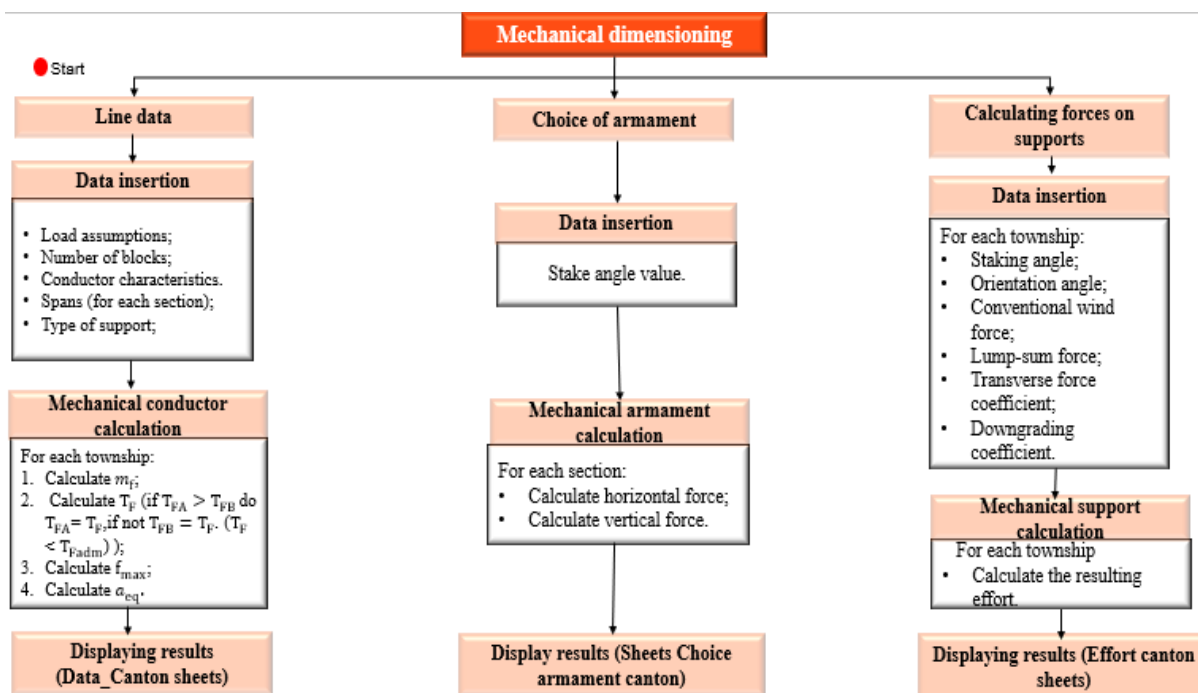
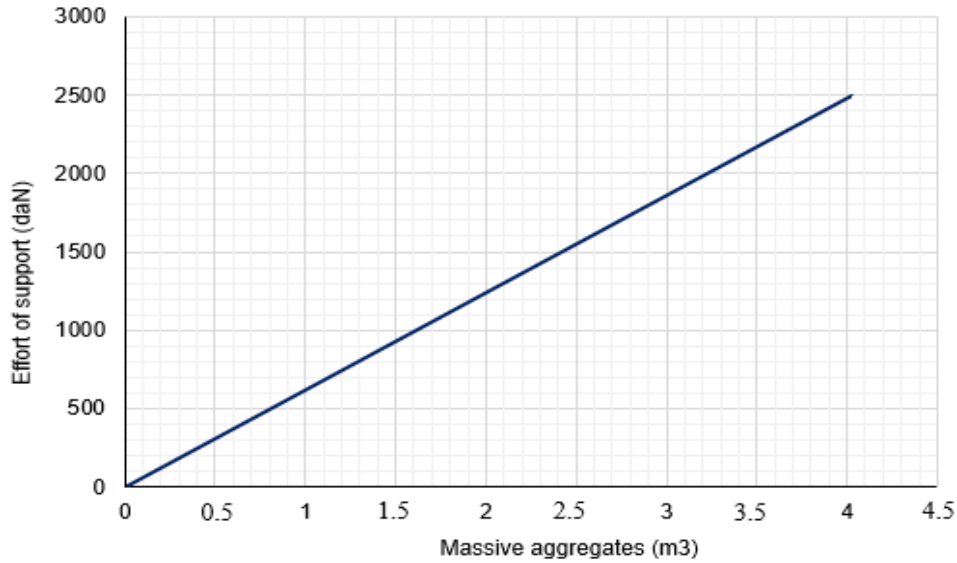


Fig. 3. Mechanical sizing flow chart

#### 2.2.2.4 OPTIMIZING A CLASS A CORNER SUPPORT

The size of the support is a decisive factor in the economic evaluation of overhead power line construction. Indeed, the greater the resultant force on the support, the greater the support gauge. However, when we speak of gauge, we are referring to the quantities of materials (cement, sand, gravel, etc.) used in the production of the support; this creates a relationship between gauge and quantity of mass (production cost).

Figure 4 below shows the variation in the quantity of aggregate used as a function of support effort.



**Fig. 4. Massive aggregates as a function of support force<sup>16</sup>**

It can be seen from this figure that the greater the support effort, the greater the quantity of massifs; it is therefore important to make a judicious choice of support gauge to optimize the cost of overhead line construction.

We have studied the influence of span  $a$  and staking angle  $\beta$  on the value of the resultant  $R$  (see equation 8) of the forces of a corner support ( $R = f(a, \beta)$ ).

For the resolution of the resultant  $R$ , we have taken into account the following values and variables:

- Values

$$F_f = 35 \text{ daN}; \eta = 1; \tau = 0.30.$$

- Variables

$$H = 3 \cdot \left[ 0.36 \cdot (a \cdot \cos^2 \beta + a) \cdot \cos \frac{\beta}{2} + 2T \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right] \quad (21)$$

$$I = 3 \cdot \left[ 0.36 \cdot (a - a \cdot \cos^2 \beta) \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right] \quad (22)$$

$$Z_H = 66.5 \cdot \cos^2 \left( \frac{\pi - \beta}{2} \right) \quad (23)$$

$$Z_I = 66.5 \cdot \sin^2 \left( \frac{\pi - \beta}{2} \right) \quad (24)$$

Solving this equation led to the development of a MATLAB code. The various developments carried out within the MATLAB code enable us to determine the values of the stress on the support.

### 3 RESULTS AND ANALYSIS

Copper is an ideal material because of its good resistivity and mechanical strength. In addition, it has a high current density, with a fairly high current-carrying capacity of copper per unit cross-section<sup>12</sup>. However, due to its high cost and unavailability, it is rarely used. For these reasons, the use of aluminum is prioritized. Aluminium has an economic advantage in terms of price and ease of processing. To increase its hardness and mechanical strength, aluminum is treated and combined with other materials, as shown in Table 1. Analysis of this table allows us to choose an Almelec phase conductor. Almelec has a higher mechanical strength ( $3.26 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$  à  $20^\circ \text{C}$ ) than hard-drawn aluminum ( $2.825 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$  à  $20^\circ \text{C}$ ) and annealed aluminum ( $2.92 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$  à  $20^\circ \text{C}$ ). s surface hardness is higher, roughly twice that of aluminum wire, which makes it less susceptible to injury during unwinding, thus reducing corona losses. What's more, its

homogeneous nature makes it perfectly resistant to corrosion, and stresses are more evenly distributed in the cross-section, not to mention its weight, which offers the best compromise of all.

Once the nature of the conductor had been chosen, based on the power absorbed on the network, we checked whether the 75.5 mm<sup>2</sup> cross-section met the needs of the town of Com  .

To serve 1,000 households, the network requires a power of **4843.80 kW**, i.e. a rated current of **155.36 A**, over a 20-year service life. A 75.5 mm<sup>2</sup> conductor, on the other hand, can only accept a maximum current of **249.65 A**. It can be seen that the admissible current of the 75.5 mm<sup>2</sup> conductor is much higher than the nominal network current ( $I_{ad}(249.65 A) > I_n(155.36 A)$ ). This means that the rated current criterion has been met.

Comparing the admissible short-circuit currents of the network and the conductor (**2886.75 A** and **4679.49 A** respectively), we see that the short-circuit current criterion ( $I_{ccmax}(4679.49 A) > I_{cc}(2886.75 A)$ ) is met.

Finally, the voltage drop generated by the cable along the **4.6%** line does not exceed that predicted by Benin **5%**: the voltage drop criterion has been met.

The simultaneous verification of the three criteria allows us to approve the conductor cross-section of 75.5 mm<sup>2</sup>; we therefore maintain this cross-section as the line's phase conductor.

The choice of a composite insulator is justified by its ability to establish a flexible connection between conductors and their supports, thus enabling better distribution of forces between spans, and by its high mechanical strength and medium cost compared with other types. Based on the line operating voltage equivalent to 24 kV and the average pollution level in the area corresponding to a creepage distance of 20 mm/kV, we obtained a creepage distance of **483.12 mm** for the insulator.

The line will be protected by an IACM 24kV/50A manually operated overhead switch installed at the start of the line. The downstream cables will be protected by a set of 3 surge arresters and 3 fuses; the arresters will be of the zinc oxide type with synthetic envelope.

The type of support chosen for the line is reinforced concrete. The choice because of its high mechanical strength, aesthetic appeal and long service life. Compared with other types of support, it requires no maintenance. What's more, the disadvantages of this type of support are manageable, not to mention the fact that it has better local content. Verification of the regulatory distances to the maximum deflection resulted in a total height of 12m for the aligned and stopped supports, and 13m for the angled support.

The reinforcement calculations led to the selection of NV1 50-50 sheet-arch reinforcement for the aligned supports, ETA hooking stirrup reinforcement for the angled support and single-anchored transverse harrow reinforcement (TAS) for the stopped supports.

Calculation of the forces on the supports yielded values ranging from 279.29 daN to 286.49 daN for the aligned supports. We therefore take the normalized force immediately above the values found, i.e. 400 daN. The same exercise was carried out for brackets at a standstill. However, the values obtained, 5407.57 daN and 5417.13 daN, are not part of the normalized force values for Class A reinforced concrete supports. We therefore substituted Class C supports of 2000 daN. For the corner support, we have chosen a Class A support with a force of 800 daN. The support manufacturer must take into account the breaking load of the supports with breaking load  $\geq$  support load \* 2,1 .

Figures 5 and 6 show the force variation curves for a Class A angle support as a function of span and staking angle respectively. Table 6 shows the variation in force as a function of angle and span.

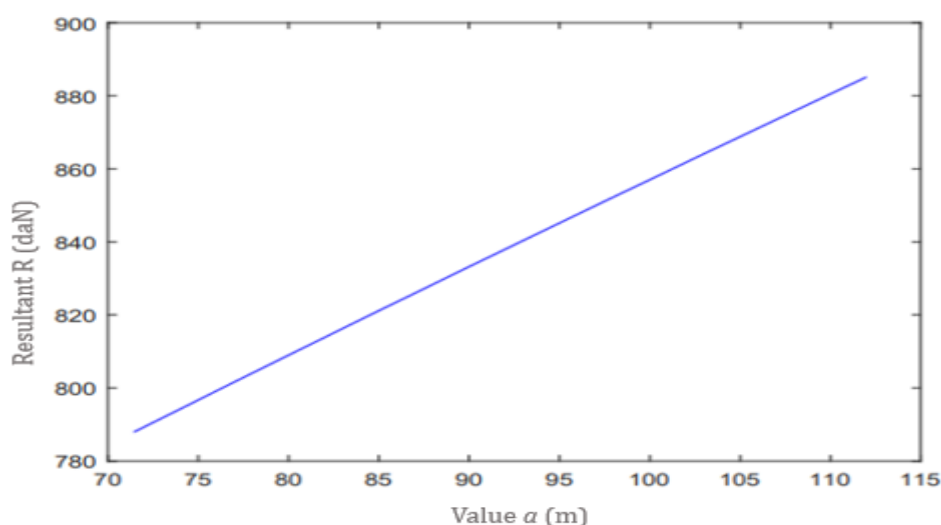
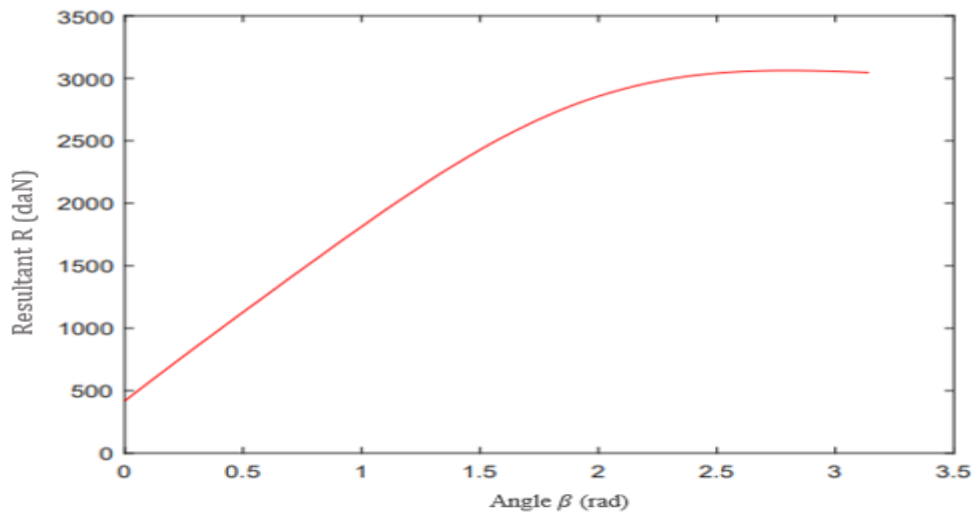


Fig. 5. Variation of Class A corner support force as a function of span



**Fig. 6.** Variation of Class A corner support force as a function of staking angle  $\beta$ .

Figure 5 shows the variation of the resultant force of the corner support as a function of span. From this graph, it can be seen that the greater the span, the greater the value of the resultant R. Figure 6 shows the variation in the resultant force of the corner support as a function of the staking angle. It can be seen from this graph that the greater the staking angle, the greater the value of the R resultant. We can therefore deduce that the staking angle and the line span have a major impact on the choice of angle support force. In order to determine which parameter has the greatest impact, we evaluate the variation of the support force as a function of angle and span, as shown in Table 7 below.

Figure 5 shows the variation of the resultant force of the corner support as a function of span. From this graph, it can be seen that the greater the span, the greater the value of the resultant R. Figure 6 shows the variation in the resultant force of the corner support as a function of the staking angle. It can be seen from this graph that the greater the staking angle, the greater the value of the R resultant. We can therefore deduce that the staking angle and the line span have a major impact on the choice of angle support force. To determine which parameter has the greatest impact, we evaluate the variation in support force as a function of angle and span, as shown in Table 7 below.

**Table 8.** Table 7: Variation of force as a function of angle and span.

| Span a (m)            | 70                 | 111                |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Staking angle $\beta$ |                    |                    |
| 0°                    | 151.2 daN          | 239.76 daN         |
|                       | <b>1970.79 daN</b> | <b>88.56 daN</b>   |
|                       |                    | <b>1987.94 daN</b> |
| 90°                   | 2121.99 daN        | 2227.70 daN        |
|                       |                    | <b>148.71 daN</b>  |

Analysis of Table 7 shows that the differences in force values for fixed angles and varied spans (88.56 daN and 148.71 daN) are smaller than the differences in force values for fixed spans and varied angles (1970.79 daN and 2227.70 daN); we therefore conclude that the staking angle is the most sensitive parameter in the choice and calculation of the force of a corner support.

For technico-economic optimization, we propose that in the choice of the optimum line layout, the use of angle values  $\beta < 90.8^\circ$  for Class A corner supports should be taken into account.

For a Class A corner support with:

- a staking angle  $\beta > 16^\circ$ , a force  $F=800$  daN is sufficient;
- a staking angle  $16^\circ \leq \beta < 19.3^\circ$ , a force  $F=1000$  daN is sufficient;
- a staking angle  $19.3^\circ \leq \beta < 33.9^\circ$ , an effort  $F=1250$  daN is sufficient;
- a staking angle  $33.9^\circ \leq \beta < 46.5^\circ$ ,  $F=1600$  daN is sufficient;
- a staking angle  $46.5^\circ \leq \beta < 71.62^\circ$ , an effort  $F=2000$  daN is sufficient;
- a staking angle  $71.62^\circ \leq \beta < 90.8^\circ$ , an effort  $F=2500$  daN is sufficient

## 4 CONCLUSION

The electrical study of the line consisted in selecting the phase conductor and insulators. This study revealed the use of bare 75.5 mm<sup>2</sup> Almelec conductors and composite insulators with a 490 mm creepage distance for a mechanical load of 70 kN. As for the mechanical study, it enabled us to determine the various forces exerted on the conductors, the armatures and the supports in order to define the gauge of the supports and armatures to be used. Reinforced concrete supports were chosen for this project. These supports are grouped into three categories, according to the forces applied to them and their function on the line. These are: alignment supports 12 A 400 daN (height 12 m, class A, force 400 daN) with NV1 50-50 sheet-arch reinforcement, a corner support 13 A 800 daN with CUO horizontal clamp reinforcement and stop supports 12 C 2000 daN with single-anchor harrow reinforcement. Also, in the distribution of supports for overhead medium-voltage distribution lines, it is preferable to avoid angles; for a Class A corner support, angle values  $\beta < 90.8^\circ$  are recommended.

## REFERENCES

- [1] Ministère de l'Énergie du Bénin. Politique nationale de maîtrise d'énergie 2020-2030. [https://pspdb.dev.gouv.bj/server/storage/app/PolitiqueFichiers/63\\_PONAME\\_VF.pdf](https://pspdb.dev.gouv.bj/server/storage/app/PolitiqueFichiers/63_PONAME_VF.pdf). 26 mai 2023.
- [2] Ministère de l'Énergie du Bénin. Projet d'Accès Durable et Sécurité du Bénin à l'Énergie Électrique (PADSBEE 2019-2025). <https://energie.gouv.bj/page/projet-dacces-durable-et-securise-du-benin-a-lenergie-electrique-padsbee-2019-2025>. 15 juillet 2022.
- [3] Médiapart Bénin. Mise en œuvre du PADSBEE : Objectif, 75% de taux d'accès à l'électricité d'ici 2025. <https://mediapartbenin.com/article/675/benin-mise-en-%C5%93uvre-padsbee-objectif-75%25-taux-acces-a-electricite-ici-2025/>. 31 mars 2022.
- [4] Zougba I. (2013). Etude et dimensionnement de la liaison électrique interurbaine Pa-Dédougou : Tronçon 33kV Safané-Wona. Mémoire de Master en génie électrique, énergétique et énergie renouvelable. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso.
- [5] Ye J. R. (2019). Construction d'une ligne de distribution électrique hta de 15 kV et restructuration d'un réseau électrique bta au secteur 30 de bobo-dioulasso (Mémoire d'Ingénieur avec grade de Master en génie électrique et énergétique). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso.
- [6] Madeca M. M. (2019). Etudes techniques d'alimentation de postes hta/bta sur portique dans la ville de ouagadougou : cas du poste 122 à nonsin (Mémoire d'Ingénieur avec grade de Master en génie électrique et énergétique). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso.
- [7] Houssamatou Doudou M. K. (2018). Étude de la construction d'une ligne haute tension catégorie A (20 kV) et la conception d'un réseau HTA/BT pour l'alimentation en énergie électrique de la cité MAOUREY. (Mémoire d'ingénieur avec grade Master en génie électrique et énergétique). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina-Faso.
- [8] Alvarez-Hérault M.-C. (2009). Architectures des réseaux de distribution du futur en présence de production décentralisée (Thèse de doctorat en génie électrique). Institut polytechnique de Grenoble, Grenoble, France.
- [9] Moustapha A. (2011). Projet d'alimentation électrique de la localité de Yaba: Construction d'une ligne d'interconnexion HTA 33kV and le réseau HTA/BTA de Yaba (Mémoire de Master en génie énergétique et énergie renouvelable). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina-Faso.
- [10] Tefegium V. S. (2014). Etude de la construction d'une ligne électrique haute tension 90 kV PA-WONA (Mémoire de Master en Génie électrique et énergétique). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso.
- [11] TUO K. (2020). Etude électrique et mécanique d'une ligne électrique aérienne interurbaine HTB 90 kV KOSSODO-ZINIARE (Mémoire d'ingénieur avec grade Master en génie électrique et énergétique). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso.
- [12] Belaid F. (2014). Contribution au dimensionnement des lignes électriques de transport de l'électricité (Mémoire de Fin d'Etudes de Master professionnel en Génie Electrique). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- [13] Avril C. (1974). Construction des lignes aériennes à haute tension, Edition Eyrolles, 61, boulevard Saint-Germain, Paris V<sup>e</sup> p. 623.
- [14] N'diaye Modou (2000). Problématique de la conception d'un nouveau type de poteau pour les réseaux d'électrification rurale au Sénégal (Mémoire d'ingénieur de conception en électromécanique). Ecole Polytechnique de Thiès, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal.
- [15] Enedis. Manuel utilisateur Camelia (version 4,5). [https://www.alpamayo.fr/images/uploads/camelia/Camelia-Calcul\\_v4.50\\_Manuel-Utilisateur.pdf](https://www.alpamayo.fr/images/uploads/camelia/Camelia-Calcul_v4.50_Manuel-Utilisateur.pdf). 13 juin 2022.
- [16] Hatim A. et Salim R. (2015). Etude de la téléconduite des OCR et de la DPS (Rapport de stage de fin d'étude en Licence des Sciences et Techniques, option: électronique, électrotechnique et automatique). Université Hassan 1<sup>er</sup>, Maroc.

## Effect of seed priming on physiological and biochemical performance of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings

KONE Tchoa<sup>1</sup>, BADIEL Babdoua<sup>2</sup>, TOURE Yaya<sup>3</sup>, COULIBALY Idrissa<sup>3</sup>, OUATTARA Zana Lassina<sup>1</sup>, and KONE Mongomaké<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unit of Plant Physiology, Training and Research Unit in Natural Sciences, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Department of Plant Biology and Physiology, Laboratory of Biosciences, Training and Research Unit in Life and Earth Sciences, Université Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>3</sup>Training and Research Unit, Agronomic, Forestry and Environmental Engineering, Université de Man, BP 20 Man, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2024 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 decline in rice production in Côte d'Ivoire in recent years is partly due to the poor condition of seeds at the time of planting. In this context of climate change, it is important to explore other alternatives for higher production. The aim of this study is to understand the physiological mechanisms involved in the growth of rice plants from primed seeds. Seeds of rice variety C26 (*Oryza sativa*) were primed in different solutions and grown under rainfed and rainfed lowland conditions. Treatments included control, water priming, sucrose priming and NaCl priming. Seeds primed with water and sucrose favored rice plant growth. The number of leaves under these conditions varied from 20 to 53. Plant height and number of tillers varied from 15 to 45 cm and from 5 to 12 tillers respectively. Seeds treated with NaCl showed the lowest values. Photosynthetic pigment levels were highest in plants growing under rain-fed conditions between the 4th and 7th weeks after planting. As for phenolic compound content, it was higher in growing plants in the lowland system and lower in rainfed conditions. Rice seed priming improved plant growth. The C26 rice variety is better adapted to lowland conditions.

**KEYWORDS:** Seed priming, *Oryza sativa*, growth, cropping system, biochemical compounds.

### 1 INTRODUCTION

Rice (*Oryza sativa* L.) is the most widely grown cereal in the world after wheat, accounting for 22% of global cereal consumption FAO (2020). At regional level, Côte d'Ivoire is the third largest paddy producer in the ECOWAS region, after Nigeria and Mali. Rice cultivation, which accounts for 57% of the area sown to cereals, provides 26% of the country's total food production and contributes around 17% of total agricultural employment. Rice production in 2018 was estimated at 1.3 million tonnes (Ouédraogo et al., 2021). This production is achieved through three types of rice production systems (rainfed upland rice, rainfed lowland rice and irrigated rice). Upland and lowland rice production is mainly rain-fed, with average productivity of 1.2 t/ha for upland and 2.5 to 3 t/ha for lowland. Rice consumption in Côte d'Ivoire continues to increase by at least 3% each year, with a need for around 1.8 million tonnes of rice per year (ADERIZ, 2020). At present, the country imports almost 50% of its rice consumption needs from Asia, the cost of which continues to rise. To offset this deficit, the Ivorian government has set up a structure to revitalize the rice industry (APRAO, 2012). But despite all these efforts, the country's rice deficit remains a recurring problem. One of the constraints of this production deficit is the use by producers of cultivation techniques that may or may not be adapted. Lage (1997) has described the constraints on rainfed rice production as climatic (scarcity, irregularity and inadequacy of rainfall), parasitic (prevalence of blast and helminthosporiosis), edaphic (decline in soil chemical fertility) and varietal (low-productivity cultivars).

For irrigated lowland and rainfed lowland rice, the main constraints are due to lack of control over irrigation water, yellow mottle, blast and iron toxicity. In order to help improve the germination performance, development and yield of plant species, as well as their tolerance to abiotic stresses, the priming technique has generally been used. It accelerates and synchronizes germination (Bradford, 1986; Taylor and Harman, 1990; McDonald, 2000). It also promotes better growth, earlier flowering, greater tolerance to stress and higher yields (Harris et al., 2002; Basra et al., 2006; Moosavi et al., 2009). In this context of climate change, it is important to gather information on the growth of plants derived from grains that have undergone priming, in order to initiate suitable approaches. With this in mind, this study was undertaken to understand the physiological mechanisms involved in the growth of rice plants following the priming technique.

## **2 MATERIALS AND METHODS**

### **2.1 PLANT MATERIAL**

The plant material used in this experiment consisted of rice seeds of variety C26. They were supplied by AMC-FC (Agricultural and Mangement Company Food and Commerce) based in Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). This variety is characterized by its 50% semi-maturity cycle, which takes 102 days. It is tolerant to lodging and drought, with a weak aroma and long grain type (CORAF, 2018). It is adapted to rainfed and lowland conditions and has a potential yield of 7.5 t/h.

### **2.2 METHODS**

#### **2.2.1 EXPERIMENTAL SET-UP**

The experimental set-up used in this study was a factorial block design, consisting of three blocks and two factors. This set-up consisted of twenty-four elementary plots containing the treatments.

Each block took into account the cropping system factor (rainfed uplands and lowlands) and the pregerminative treatment (priming), which comprises four modalities (Control, water priming, sucrose priming and NaCl priming). The eight defined treatments were established randomly on the elementary plots of each block. Each elementary plot was 3 m long and 2 m wide. Each block consisted of two rows of elementary plots. The elementary plots in a block were separated by 1 m on the line and by 2 m on the two lines. The blocks were spaced 3 m apart and 1 m apart with the border. Seeding points were separated by 20 cm on the row and between rows. Plant density on an elementary plot was 126 plants. The total surface area of the plot was 408 m<sup>2</sup>.

#### **2.2.2 DIFFERENT TREATMENTS AND CULTIVATION METHODS**

Low-lying areas were created so that all plots were under the same experimental conditions. Water was added on a permanent basis. After a flotation test to identify viable seeds, they were divided into four 0.5 kg batches. The first batch (T0) was the Control and did not undergo priming. The second batch (T1) underwent 43 hours of priming in water. Seeds were soaked in 1 liter of distilled water. The third and fourth batches of seeds were soaked in 1 liter solutions of NaCl (1 mol/l) and sucrose (0.18 mol/l). The seeds were soaked for 43 h, then dehydrated by drying in the open air but in the shade in a room for two days. Room conditions were  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  with a relative humidity of 70-80%. Seeds were weighed regularly until they reached a constant weight, close to their initial weight. The seeds were stored for two weeks and used as seed.

Direct sowing was carried out at a depth of 3 cm.

#### **PARAMETER EVALUATION**

Evaluation began in the fourth week after sowing and ended in the ninth week after sowing. These were the number of leaves (NF) emitted by hand-counting, plant height using a decameter, number of tillers per bunch by hand-counting, average leaf length of expanded leaves of rows 3, 4 and 5 using the same decameter, total chlorophyll and carotenoid content of according to the formulas of Lichtenthaler and Buschmann (2001) and phenolic compound content (Kouakou, 2009).

#### **2.2.3 STATISTICAL ANALYSIS**

The data collected during the experiments were analyzed using STATISTICA version 7.1 software. The conditions for carrying out the analysis of variance were verified. The evaluation for each treatment was carried out on 36 plants. The homogeneity of variance was then tested using Bartlett's test with a threshold of 5%. Two-factor analysis of variance (ANOVA) (type of rice

cultivation and type of priming) was adopted to assess the influence of the different treatments on morphological and biochemical parameters. In the absence of interaction between the two factors, an ANOVA 1 was performed for the main effects. When this analysis showed a difference between the means of the factors at the 5% threshold, Tukey's test at the 5% threshold was performed to classify the means.

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 RESULTS

##### 3.1.1 COMBINED EFFECT OF PRIMING AND CROPPING SYSTEMS ON RICE PLANT GROWTH

###### Number of leaves

Statistical analysis of the data revealed an interaction between priming and cropping system ( $P < 0.001$ ) on the number of leaves in all weeks. Plants from seeds primed with water (H<sub>2</sub>O) and sucrose in the lowland system induced more leaves, ranging from 20 to 55, from weeks 4 to 9. In contrast, the other treatments induced fewer leaves, ranging from 13 to 38 (Figure 1).

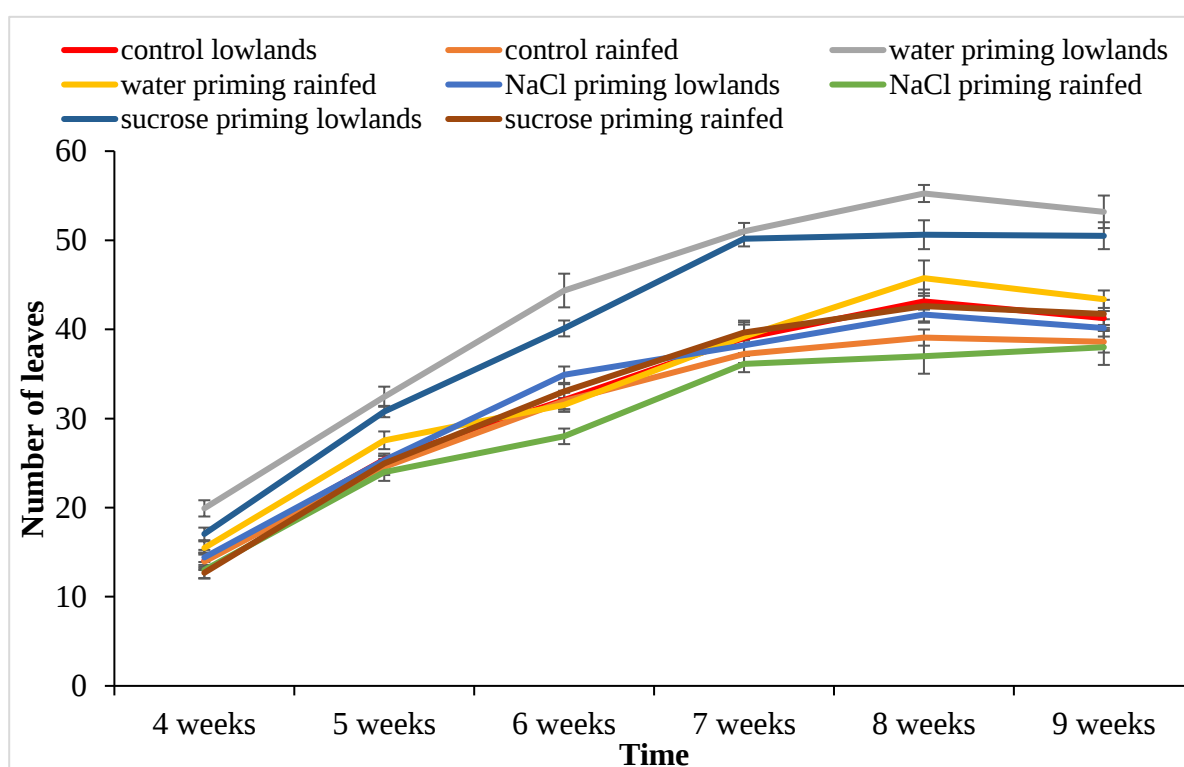
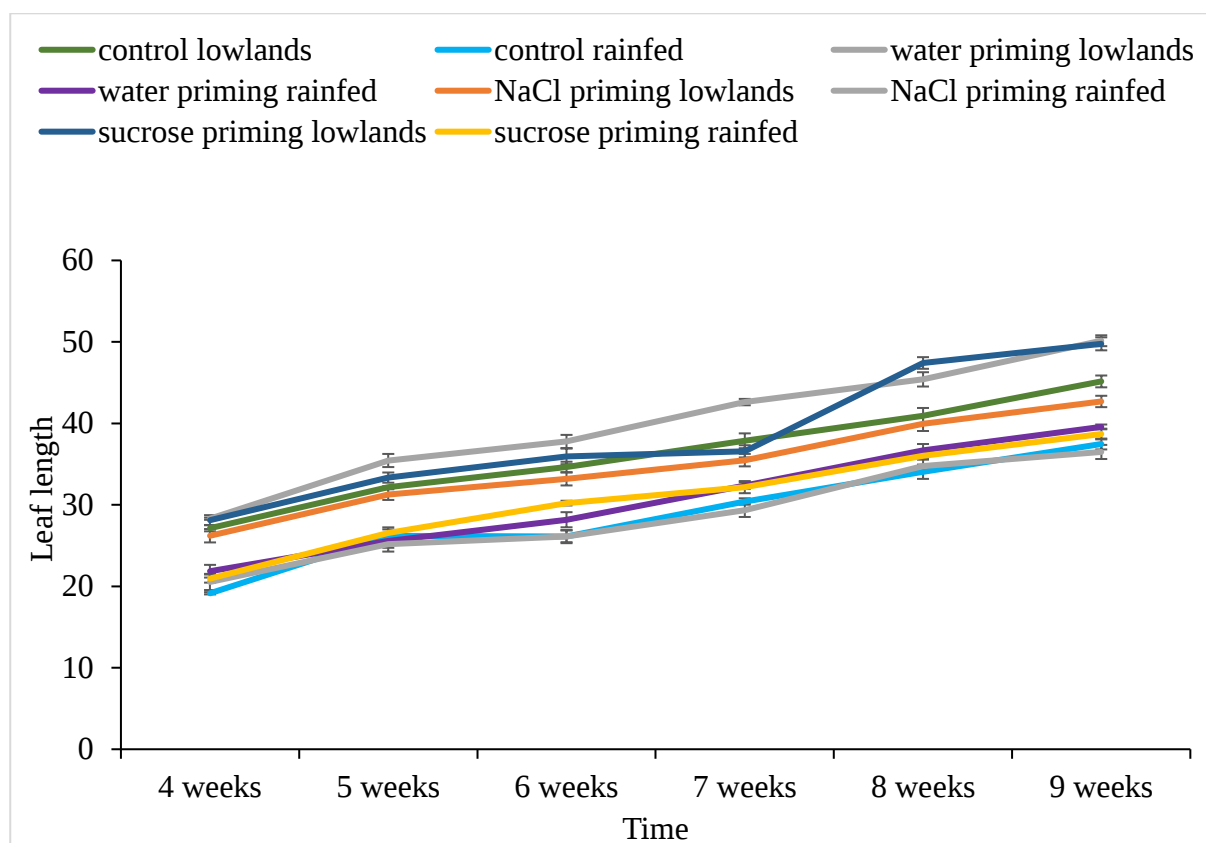


Fig. 1. Foliar emission of rice plants grown from seeds initiated during growth under rainfed upland and rainfed lowland conditions

Comparison carried out at each time between treatments.  $P_{\text{interaction}}$ : ( $P_{\text{Week 4}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{Week 5}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{Week 6}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{Week 7}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{Week 8}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{Week 9}} < 0,001$ ); mean  $\pm$  standard error.

###### LEAF LENGTH

Figure 2 shows that plants growing in the lowland system produced the longest leaves for all primed seeds, particularly in water, where leaf length reached around 50 cm by week 9. Plants from the rainfed upland system showed short leaf lengths for all primed seeds. NaCl priming and the growing control in the rainfed tray system induced short lengths that ranged from 20 cm to 37 cm.



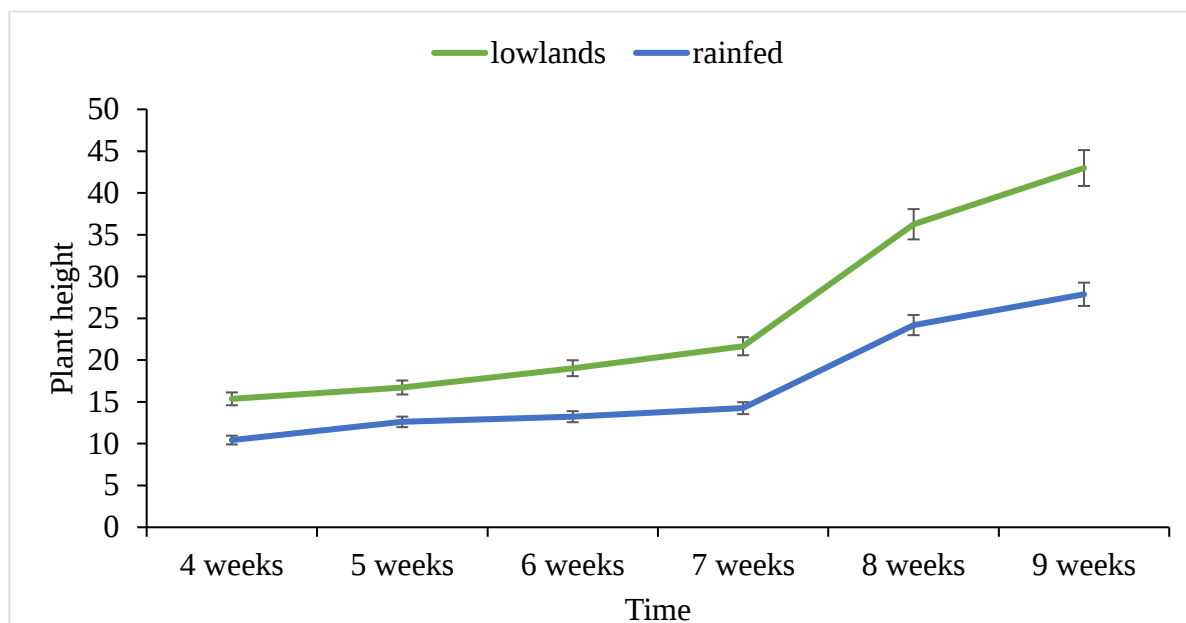
**Fig. 2.** Evolution of leaf length during the growth of rice plants from different treatments in rainfed and lowland conditions

Comparison carried out at each time between treatments.  $P_{interaction}$ : ( $P_{week\ 4} < 0.001$ ); ( $P_{week\ 5} < 0.001$ ); ( $P_{week\ 6} < 0.001$ ); ( $P_{week\ 7} < 0.001$ ); ( $P_{week\ 8} < 0.001$ ); ( $P_{week\ 9} < 0.001$ ); mean  $\pm$  standard error.

#### PLANT HEIGHT

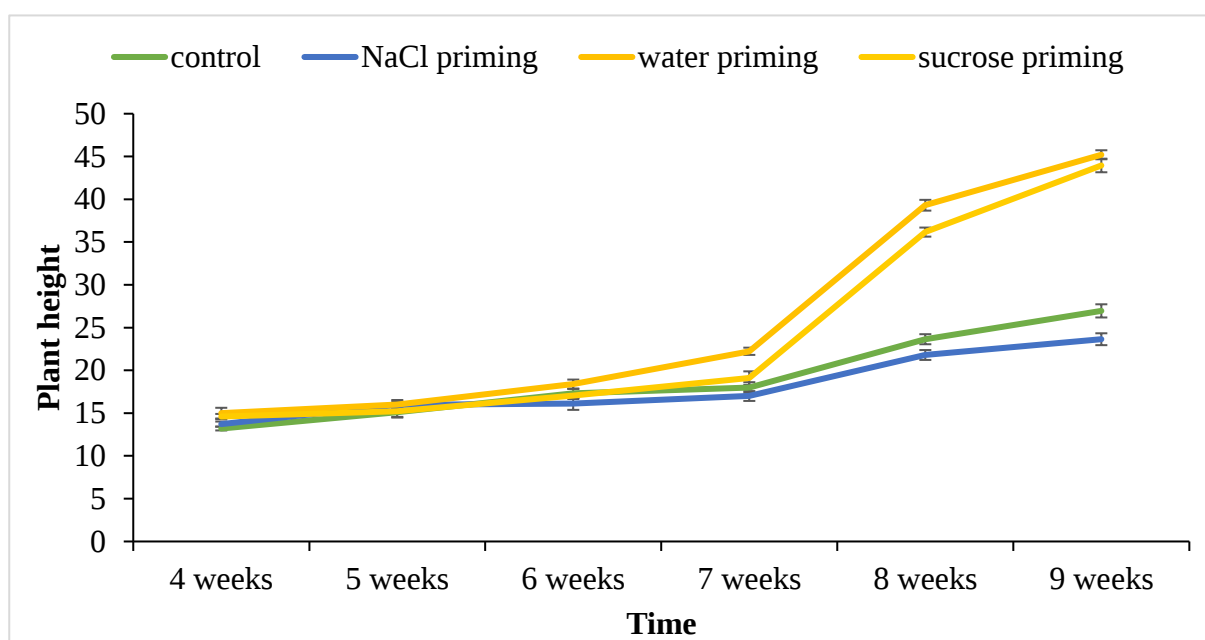
Statistical analysis of the data revealed no interaction between growing system and priming ( $P_{interaction} > 0.05$ ). However, a cropping system effect and a priming effect were observed for plant height ( $P < 0.001$ ). Thus, the rainfed lowland system favored better rice seedling growth than the rainfed upland system (Figure 3).

Seeds primed with NaCl induced the lowest heights, ranging from 12 to 19 cm. In contrast, priming with water and sucrose induced the highest plant heights, ranging from 13 to 45 cm (Figure 4).



**Fig. 3.** Height of rice plants in rainfed and lowland conditions during growth

Comparison between treatments at each stage.  $P_{\text{significant}}$  ( $P_{\text{semaine 4}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 5}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 6}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 7}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 8}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 9}} < 0,001$ ); mean  $\pm$  standard error.



**Fig. 4.** Evolution of plant height from primed seeds during growth

Comparison made at each stage between treatments.  $P_{\text{interaction}}$ : ( $P_{\text{week 4}} = 0,0023$ ); ( $P_{\text{week 5}} = 0,003$ ); ( $P_{\text{week 6}} = 0,001$ ); ( $P_{\text{week 7}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 8}} < 0,001$ ); ( $P_{\text{week 9}} < 0,001$ ); mean  $\pm$  standard error.

#### NUMBER OF TILLERS

The evolution of the number of tillers is shown in figure 5. Statistical analysis of the data revealed an interaction between seed priming and cropping system over the 9 weeks ( $P < 0.001$ ). In fact, seed priming with water and sucrose favored tillering of growing plants in the rainfed lowland. The number of tillers varied from 4 to 12 from week 4 to week 9. However, seedlings

from NaCl-primed seeds and those from the control in the rainfed upland system showed a lower number of tillers, ranging from 3 to 8.

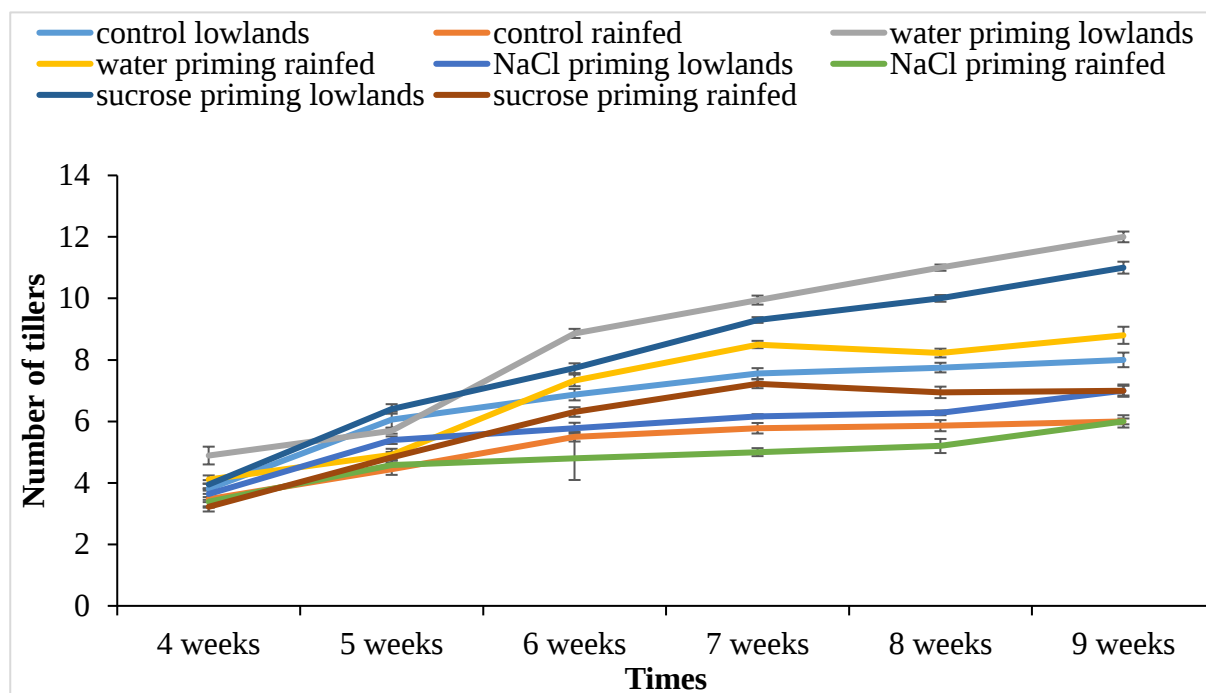


Fig. 5. Tillage of rice plants from different treatments in rainfed and lowland conditions

Comparisons made between treatments at each stage.  $P_{interaction}$ : ( $P_{week\ 4} < 0,001$ ); ( $P_{week\ 5} < 0,001$ ); ( $P_{week\ 6} < 0,001$ ); ( $P_{week\ 7} < 0,001$ ); ( $P_{week\ 8} < 0,001$ ); ( $P_{week\ 9} < 0,001$ ); mean  $\pm$  standard error.

### 3.1.2 COMBINED EFFECT OF PRIMING AND CROPPING SYSTEMS ON TOTAL CHLOROPHYLL (CHLT) AND CAROTENOID CONTENT OF RICE LEAVES

#### TOTAL CHLOROPHYLL CONTENT

Data analysis revealed a cropping system  $\times$  seed priming interaction effect ( $P < 0.001$ ). In general, chlorophyll content was higher in plants from seeds primed with water, NaCl and sucrose growing in the rainfed upland system from week 4 to week 7. However, carotenoid content was higher in plants from the rainfed lowland system from weeks 8 to 9 (Figure 6).

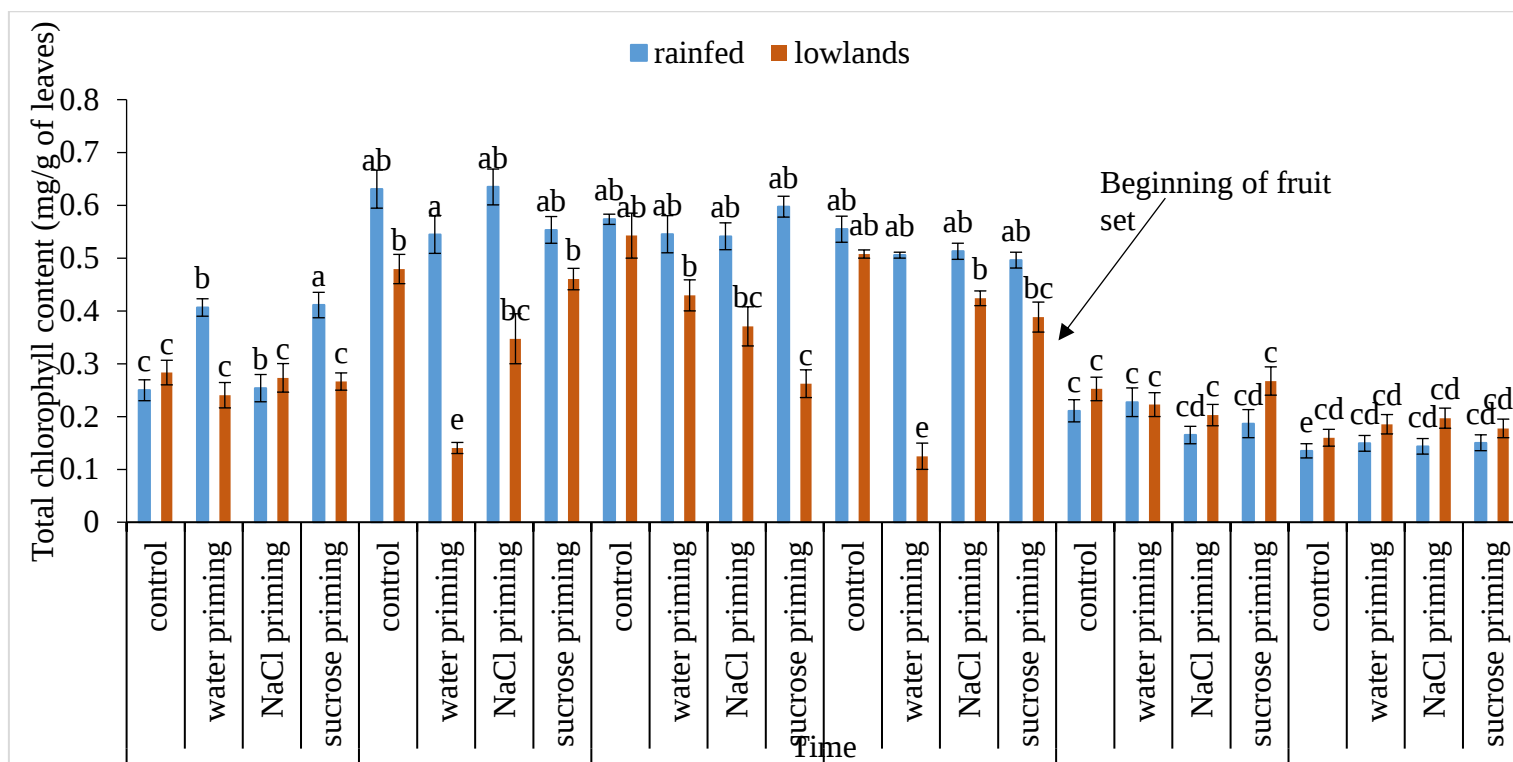
#### CAROTENOID CONTENT

Carotenoid content is shown in Figure 7. Statistical analysis of the data revealed a priming type  $\times$  cropping system interaction effect ( $P < 0.001$ ). Carotenoid content was high in all plants except those primed with water ( $H_2O$ ), from weeks 4 to 7. This content was lower from week 8 onwards. At the start of the seedling cycle, carotenoid content was very high in both growing systems in all seedlings grown from primed seeds. However, from week 8 onwards, at the start of fruit set, carotenoid levels dropped significantly in all plants.

### 3.1.3 EFFECT OF PRIMING ON THE PHENOLIC CONTENT OF RICE SEEDLINGS

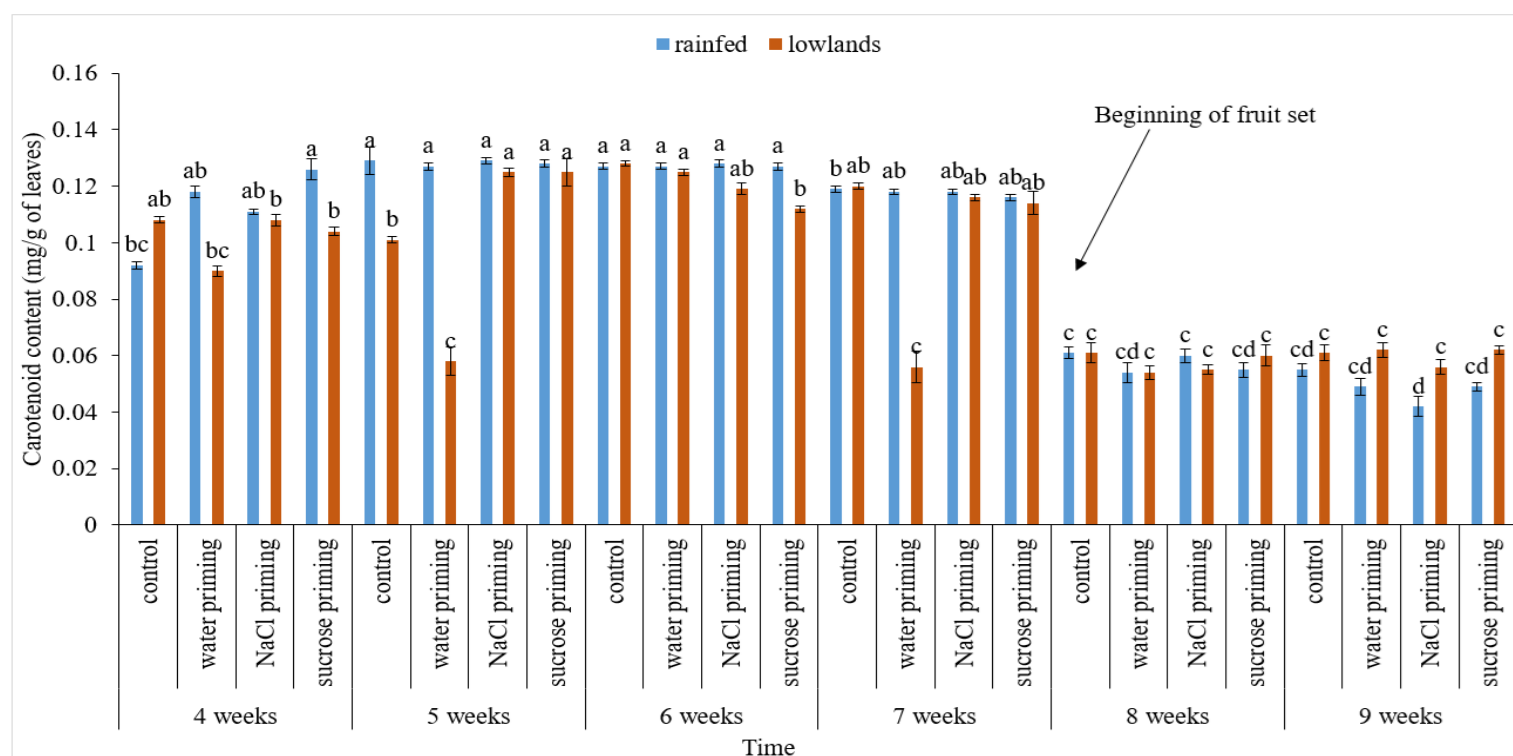
The evolution of phenolic compound content in seedlings from primed seeds is shown in Figure 8. Statistical analysis showed that there was a priming type  $\times$  growing system interaction effect ( $P < 0.001$ ).

Phenolic content decreased from week 4 to week 9 in both control and NaCl-primed seedlings. However, a gradual increase in phenolic compound content was observed in plants from the lowland system, with seeds primed with water and sucrose respectively.



**Fig. 6.** Total chlorophyll content of rice plants grown from seeds primed during growth in rainfed and lowland conditions

Histograms marked with the same letter are statistically identical at the 5% threshold - Tukey's test (mean  $\pm$  standard error).



**Fig. 7.** Carotenoid content of rice plants from treatments during growth in rainfed and lowland conditions

Histograms marked with the same letter are statistically identical at the 5% threshold - Tukey's test (mean  $\pm$  standard error).

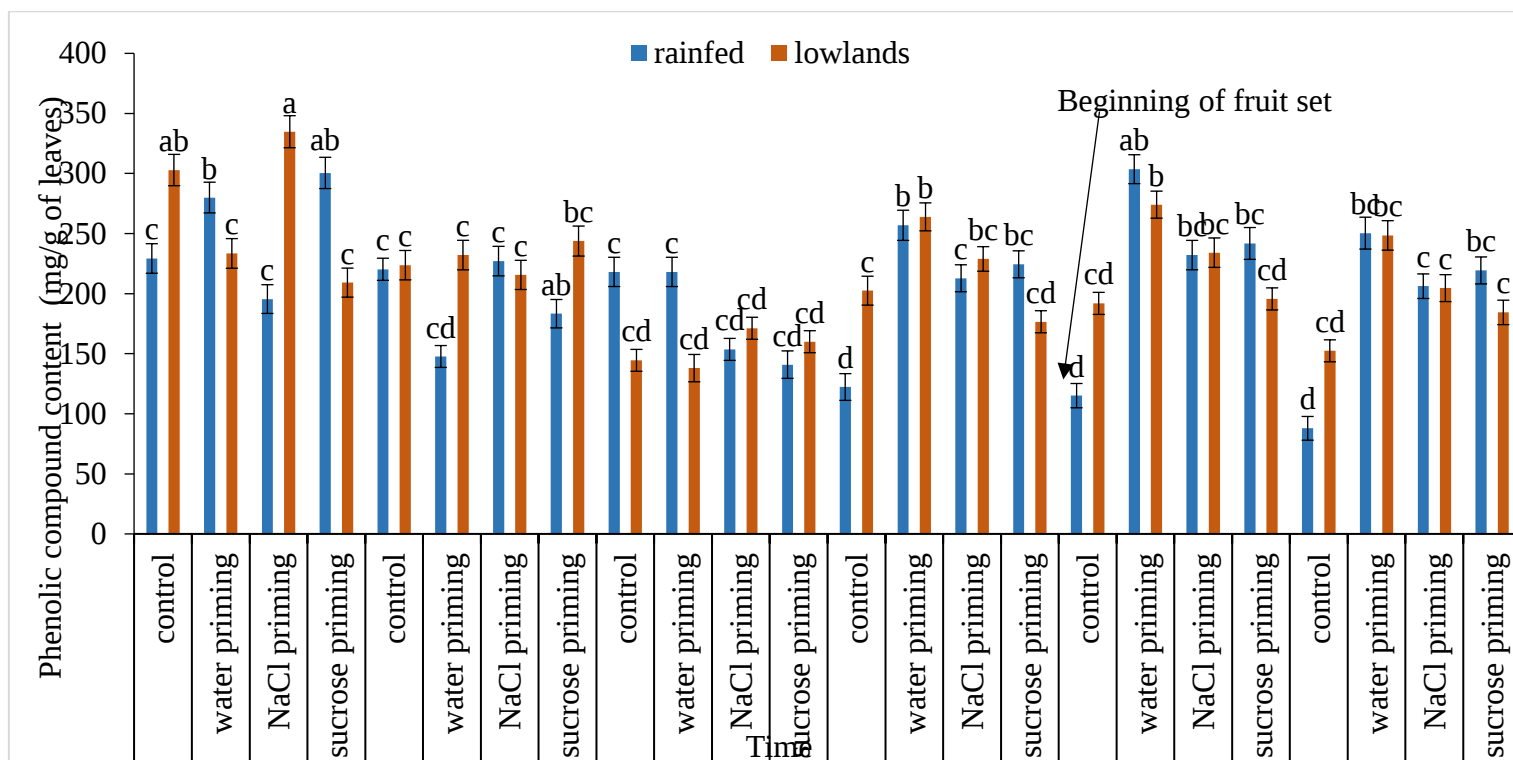


Fig. 8. Phenolic compound content of rice plants from different treatments in rainfed and lowland conditions during growth

Histograms surmounted by the same letter are statistically identical at the 5% threshold -Test of Tukey (Mean  $\pm$  standard error)

### 3.2 DISCUSSION

The results of the study revealed the influence of priming and cropping systems on the morpho-physiological parameters assessed. NaCl priming induced delayed growth in rice plants in terms of height and number of leaves in both cropping systems. This growth delay in the NaCl-primed plants could be explained by the fact that, rice being a glycophyte species, a low salt concentration would lead to a drop in cell turgor pressure, resulting in poor cell division and expansion. This, in turn, slows plant height growth and the number of leaves. The low growth rates favored by NaCl priming can be explained by the fact that it reduces cell division and expansion (Benmahioul et al., 2009; Sobhanian et al., 2010; Mohammed et al., 2012).

Under our growing conditions, water priming (hydropriming) induced the best growth performance in rice plants. The high growth rates induced by hydropriming could be explained by the fact that the water used for priming led to hydrolysis of endosperm tissue and stimulation of endo- $\beta$ -mannanase activity, resulting in strong growth. In addition, hydropriming would have favored the breakdown of mechanical resistance for cell elongation in the embryo and embryonic coverage. Plant growth parameters were thus stimulated by water imbibition, while NaCl priming had an inhibitory effect.

The results of this study showed that the variation in chlorophyll content was a function of plant age. Compared with the control, the chlorophyll content of primed plants evolved in almost the same way. When the plant is at a younger stage (4 weeks after sowing), chlorophyll content is lower. Photosynthetic activity is highest at the young plant stage (5 to 7 weeks), and during the production phase (8 weeks) photosynthetic activity drops sharply. This could be explained by the fact that at the younger stage, the plant is in an intense vegetative phase, during which the organs are setting up and developing, hence the low chlorophyll content.

On the other hand, the young plants have reached an optimal level of development. Chlorophyll levels are at their optimum, and photosynthetic activity is intense. At the 8-9 week stage, corresponding to the last phase of the plant life cycle, photosynthetic activity is more focused on caryopsis maturation. The drop in chlorophyll content in rain-fed plants is the result of reduced stomatal opening to limit water loss through evapotranspiration and increased resistance to the entry of atmospheric CO<sub>2</sub> required for photosynthesis (Bousba et al., 2009). The observed drop in chlorophyll content in rainfed plants is the result of the synergy of several factors: reduced stomatal opening, which limits water loss through evapotranspiration and increased resistance, and reduced entry of atmospheric CO<sub>2</sub> required for photosynthesis. Reduced chlorophyll content

disrupts the redistribution of assimilates stored by the stem to the various parts of the plant, disrupting growth (Karima et al., 2012).

Carotenoid content rises at the beginning of the cycle, only to fall slightly after the fruiting period, while chlorophyll content declines very rapidly. These results could be explained by the fact that when the leaves reach their adult stage, they begin to supply the elements required for plant growth. The pigment apparatus controls its optical properties in the visible range, thanks to the high concentration of chlorophyll and carotenoids. Once this mature phase has passed, the leaf begins to senesce, and some of its elements are mobilized towards storage organs. Numerous studies detail the dynamics of pigments during the life of the leaf (Matile, 2000; Hörtensteiner and Feller, 2002).

The results of this study also revealed a progressive increase in the quantity of phenolic compounds during the growth of rice seedlings from water- and sucrose-primed seeds. Thus, the amount of phenolic compounds in plants from NaCl-primed seeds and the control decreased progressively from week 4 to week 9. The high level of phenolic recorded in the water-primed rice leaves could be explained by the rapid growth of the water- and sucrose-primed seedlings, compared with the delayed growth of the control and NaCl-primed plants. This indicates that phenolic compounds are involved in such varied roles as defense reactions against aggressors, cell growth, organogenic differentiation, bud dormancy, flowering, fruiting and induction of somatic embryogenesis (Bovy, 2004; Boizot and Charpentier, 2006). Seed priming induced significant quantities of phenolic compounds.

#### 4 CONCLUSION

At the end of this study, it clearly appears that water priming (hydropriming) and sucrose priming (osmopriming) were the best pregerminative treatments. In fact, these treatments produced the best growth performance in rice plants, in terms of number of leaves, plant height, number of tillers and leaf length. Sucrose priming had almost the same effect on the plants as water priming. The lowland cropping system outperformed the rainfed system in terms of plant growth for rice variety C26. Leaf pigment content was more influenced by the cropping system than the type of priming. Seed priming resulted in intense phenolic compound activity in seedlings produced by water and sucrose priming. The physiological mechanisms involved in growth are cell division, cell expansion and cell hydrolysis.

#### REFERENCES

- [1] ADERIZ (2020). Tableau de bord de la filière riz 2012- 2018. ADERIZ working document (excel file) base de données l'étude, 27 p.
- [2] APRAO, (2012). Projet d'amélioration de la production du riz en Afrique de l'Ouest en réponse à la flambée des prix des denrées alimentaires composante Sénégal. Mai, 49 p.
- [3] Basra S. M. A., Afzal.I., Anwar.S., Muhammad.A. et Kashif M. (2006). Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). Seed Technology., 28: 36-46.
- [4] Benmahiou B., Daguin F et Kaid-Harche M. (2009). Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). Comptes Rendus Biologies, 332 (8): 752-758.
- [5] Boizot N. et Charpentier J.P. (2006). Méthode rapide du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre fruitier, INRA-Amélioration génétique et physiologie forestières. Cahier des Techniques de l'INRA, pp.79-80.
- [6] Bousba R. Ykhlef N., et Djekoun A., (2009). Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). World Journal of Agricultural Sciences, 5: 609 -616. 39
- [7] Bovy A. (2004). Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. Phytochemistry, 65, (19): 2631-2648.
- [8] Bradford K.J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Horticultural Science*, 21: 1105-1112.
- [9] CORAF (2018). Catalogue régional des espèces et variété végétales. CEDEAO-UEMOA-CILSS, variétés homologuées, 2 p.
- [10] FAO (2020). Perspectives de l'alimentation, rapport semestriel sur les marchés alimentaires mondiaux, novembre 2020. Rome. 17p.
- [11] FAO (2022). Situation alimentaire mondiale: Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales. Publié le 06/05/2022.
- [12] Harris D., Rashid A., Hollington P.A., Jasi L. et Riches C. (2002). Prospects of improving maize yields with 'on-farm' seed priming: priming: In: Rajbhandari, N.P., Ransom J.K., Adikhari K., Palmer A.F.E. (Eds.). Sustainable Maize production systems for Nepal. NARC and CIMMYT, Kathmandu. Pp 180-185.
- [13] Hörtensteiner S. et Feller U. (2002). Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany*, 53 (370): 927-937.

- [14] Karima K. et Louhichi B. (2012). Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (*Triticum Aestivum* L.) Cultivées en Algérie. 39 p.
- [15] Kouakou T.H. (2009). Embryogenèse somatique chez le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.): variation des composés phénoliques au cours de la callogenèse et de la culture des suspensions cellulaires. Thèse d'état, de l'Université Abobo-Adjamé (Abidjan-Côte d'Ivoire), 137 p.
- [16] Lage M. (1997). Production rizicole et consommation de riz au Maroc. In: Chataigner J. Activité de recherche dur le riz en climat méditerranéen. Montpellier: CIHEAM, 1997. Cahiers Options Méditerranéennes, Pp 147-150.
- [17] Lichtenthaler H. et Buschmann C. (2001). Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization, 13 (5), 431-438.
- [18] Matile P. (2000). Biochemistry of Indian summer: physiology of autumnal leaf coloration. *Experimental Gerontology*, 35: 145-158.
- [19] McDonald M.B. (2000). Seed priming. In Black M and Bewley J.D. *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, England, pp. 287-325.
- [20] Mohammed A.M.A., Mohamed, H. I., Zaki L. M et Mogazy A. M. (2012). Pre-exposure to gamma rays alleviates the harmful effect of salinity on cowpea plants. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 8 (4): 199- 217.
- [21] Moosavi A., Tavakkol-Afshari R., Sharif-Zadeh F. et Aynehband A. (2009). Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenoloxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7 (3-4): 353-358.
- [22] Ouédraogo S.A., Bockel L., Arouna A., Fatognon I. et Gopal P. (2021). Analyse de la chaîne de valeur riz en Côte d'Ivoire: Optimiser l'impact socio-économique et environnemental d'un scénario d'autosuffisance à l'horizon 2030. Accra, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1506fr>.
- [23] Sobhanian H., Motamed N., Rastgar J.F., Nakamura T. et Komatsu S. (2010). Salt stress induced differential proteome and metabolome response in the shoots of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae), a Halophyte C4 Plant. *Journal of Proteomic Research*, 9: 2882-2897.
- [24] Taylor A.G. et Harman G.E. (1990). Concepts and technologies of selected seed treatments. *Review Phytopathology*, 28: 321-339.

## Analyse spatio-temporelle de l'occupation des sols dans le secteur de Mawanga

### [ Spatio-temporal analyze of land occupation in the Mawanga sector ]

Laurent Kikeba Mbala<sup>1</sup>, Gilbert Pululu Mfwidi Nitu<sup>2</sup>, Antoine Mumba Djamba<sup>3</sup>, and Idi Eca Idrissa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Loyola du Congo, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe, Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

<sup>4</sup>Université Espoir du Congo, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This study aims to trace the situation of land use from 2005 to 2020 and its future at the end of this period to identify changes likely to establish a co-evolution between the state of ecosystems and the proliferation of stinking locusts. To achieve this, Landsat 7 and 8 images from 2005, 2010, 2015 and 2020 were uploaded to the US Geological Survey website platform: <https://earthexplorer.usgs.gov>. A classification was carried out using the ENVI software and the results were exported to ArcGIS for the editing and production of maps. During the 15-year period studied, forest cover decreased by 202.5 km<sup>2</sup>. As for the grassy and shrub savannah, they increased by 194.4 and 32.8 km<sup>2</sup> respectively. The recorded decrease in forest in favor of an increase in grassy and shrub savannah in the Mawanga sector during the 15 years under study can explain the proliferation of stinking locusts infesting cassava cultivation. The increase in the area of grassy savannah and the decrease in that of forest present favorable conditions for the proliferation of stinking locusts. Despite the increase in the area of shrub savannah, this situation masks the degradation of this ecosystem favoring low humidity conducive to the multiplication of the stinking locust.

**KEYWORDS:** Land use, Mawanga, Kasongo Lunda, DRC.

**RESUME:** Cette étude vise à tracer la situation de l'occupation des sols de 2005 à 2020 et son devenir au terme de cette période pour identifier des changements susceptibles d'établir une co-évolution entre l'état des écosystèmes et la prolifération des criquets puants. Pour y parvenir, des images Landsat 7 et 8 des années 2005, 2010, 2015 et 2020 ont été téléchargées dans la plateforme du site de l'US Geological Survey: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Une classification a été réalisée grâce au logiciel ENVI et les résultats de celle-ci ont été exportés dans ArcGIS pour l'habillage et la production des cartes. Au cours de la période de 15 ans étudiée, la couverture forestière a diminué de 202,5 Km<sup>2</sup>. Quant à la savane herbeuse et arbustive, elles ont augmenté de 194,4 et 32,8 Km<sup>2</sup> respectivement. La diminution enregistrée de la forêt en faveur de l'augmentation de la savane herbeuse et arbustive dans le secteur de Mawanga pendant les 15 années sous-étude peut expliquer la prolifération des criquets puants infestant la culture de manioc. L'augmentation de la superficie de la savane herbeuse et la diminution de celle de la forêt présentent des conditions favorables à la prolifération des criquets puants. En dépit de l'augmentation des superficies de la savane arbustive, cette situation masque la dégradation de cet écosystème favorisant une faible hygrométrie propice à la multiplication du criquet puant.

**MOTS-CLEFS:** Occupation des sols, Mawanga, Kasongo Lunda, RDC.

## 1 INTRODUCTION

Avant les années 2015, le criquet puant existait dans le secteur de Mawanga mais ne constituait pas une contrainte majeure de production aussi bien pour le manioc ou autres cultures.

Avant de développer des moyens de lutte contre ce ravageur, il importe de comprendre les conditions bio-physique, socioéconomique qui ont favorisé sa prolifération pour mieux adapter les moyens de lutte au contexte du territoire touché et alimenter des comportements

adaptés des populations humaines à une gestion propice à la résilience des agroécosystèmes à ce bioagresseur. Le criquet puant présente un comportement sédentaire, évite le sous-bois forestier et préfère la végétation herbeuse [1].

Cette étude cherche à élucider comment les changements d'occupation des sols ont évolué avant et depuis l'augmentation de la population de ce ravageur.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 MILIEU D'ÉTUDE**

Mawanga est situé en RDC, dans la province de Kwango et territoire de Kasongo Lunda. Les coordonnées géographiques de ce site sont de -6,3128°S et 17,4258°E.

Le climat du secteur de Mawanga est de type Aw<sub>3</sub> selon la classification de Koppen.

### **2.2 MATÉRIEL**

Le matériel principal de cette partie de la recherche est un ordinateur qui a permis le téléchargement, le stockage et le traitement des images satellitaires.

### **2.3 MÉTHODES**

La démarche a consisté en une analyse comparée des classes d'occupation des sols avec les images satellitaires pour en dégager les changements en termes de surface perdue ou reconstituée sur 15 ans.

#### **2.3.1 TÉLÉCHARGEMENT DES IMAGES SATELLITES**

Les images Landsat 7 et 8 pour les années 2005, 2010, 2015 et 2020 ont été téléchargées dans la plateforme du site de l'US Geological Survey: <https://earthexplorer.usgs.gov>

#### **2.3.2 ELIMINATION DES RAYURES**

Il a été question ici d'éliminer ou de supprimer des rayures qui surviennent lors de l'enregistrement des images, qui sont causées par des irrégularités ou des erreurs dans la réponse du capteur, ou par la transmission et l'enregistrement des données.

#### **2.3.3 CORRECTION ATMOSPHÉRIQUE ET CORRECTION RADIOMÉTRIQUE**

Avant de commencer le traitement des images satellites, certains effets atmosphériques et de lumières sur les images ont été corrigés.

#### **2.3.4 COMPOSITION COLORÉE**

La composition colorée est le résultat de la superposition des trois bandes Bleu-Vert-Rouge. Dans le cadre de cette recherche, seules les bandes 3, 4 et 5 ont été utilisées des 8 bandes spectrales que comprend une image Landsat 7, pour la composition colorée. De même, de 9 bandes spectrales que comprend une image Landsat 8, seules les bandes 4, 5 et 6 ont été utilisées.

#### **2.3.5 DÉCOUPAGE DE L'IMAGE**

Vu la taille des images téléchargées, avec une surface de 185 km × 185 km, celles-ci ont été découpées en fonction de la limite de la zone d'intérêt sous-étude.

#### **2.3.6 CLASSIFICATION**

La classification consiste au regroupement des pixels présentant les mêmes valeurs de réflectance. Celle-ci nécessite des connaissances de la zone à priori. Cette connaissance peut venir de plusieurs sources (connaissance, collecte de données sur le terrain, etc.). Dans le cadre de cette étude, cela a été fait sur base de l'usage de l'application Google Earth aidant à la meilleure reconnaissance des objets géographiques sur fond d'image Landsat.

Cette classification a été réalisée grâce au logiciel ENVI. Parmi les multiples algorithmes proposés par le logiciel ENVI, nous avons choisi l'algorithme « Maximum Likelihood» (Maximum de vraisemblance) qui classe les pixels selon une méthode probabiliste.

### 2.3.7 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

Dans cette section, il a été question de comparer la proportion de chaque classe d'occupation du sol ainsi que les changements observés entre ces différentes années.

### 2.3.8 PRODUCTION DES CARTES

Les résultats de la classification ont finalement été exportés dans un logiciel de Système d'Information Géographique, soit ArcGIS pour l'habillage et la production des cartes. La figure 1 présente de manière synthétique la démarche pour la production des cartes d'occupation des sols.

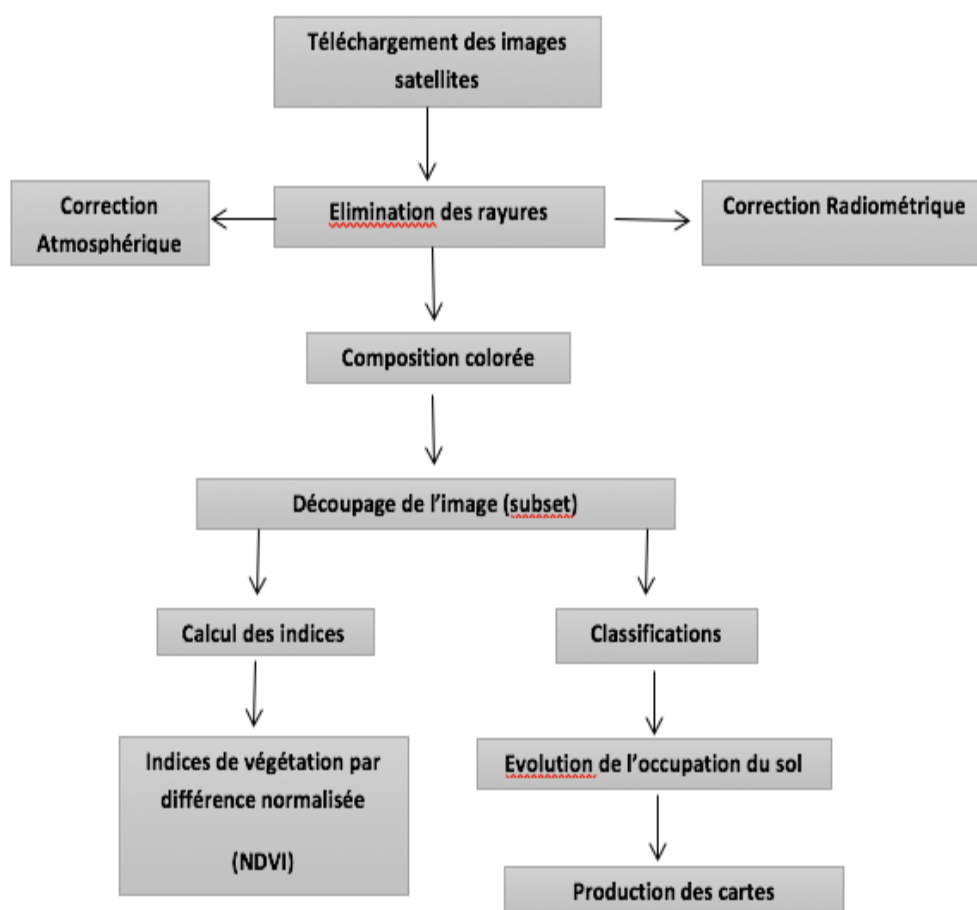
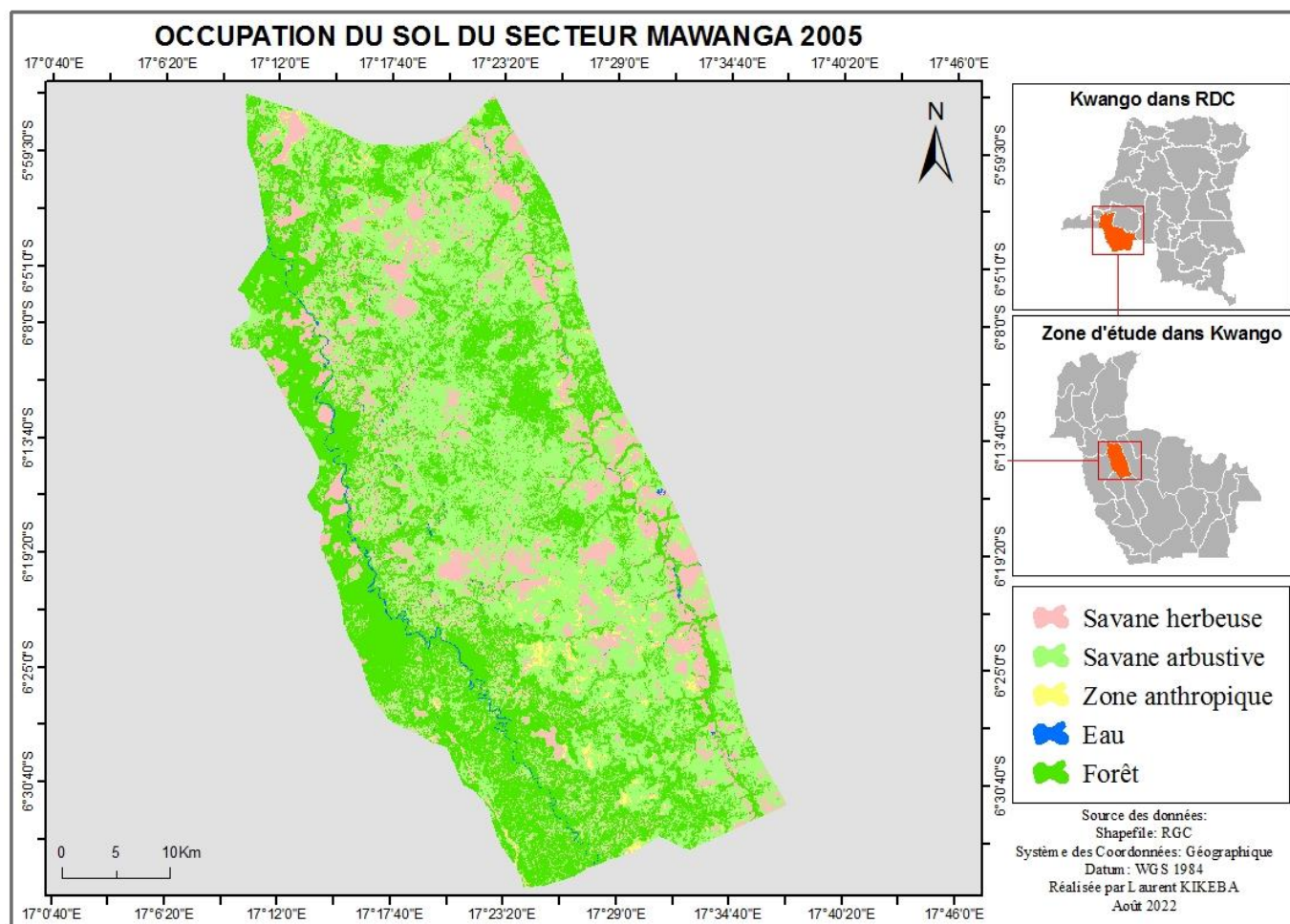


Fig. 1. Méthode d'élaboration des cartes d'occupation des sols

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 OCCUPATION DU SOL

La carte 1 et la figure 2 illustrent les changements de l'occupation du sol du secteur Mawanga pour l'année 2005.



Carte 1. Occupation du sol 2005

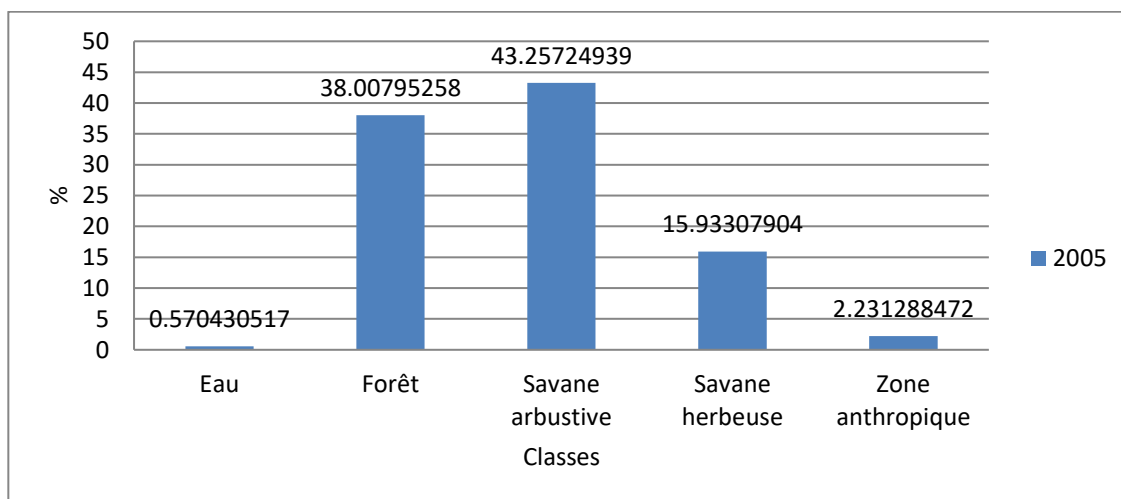
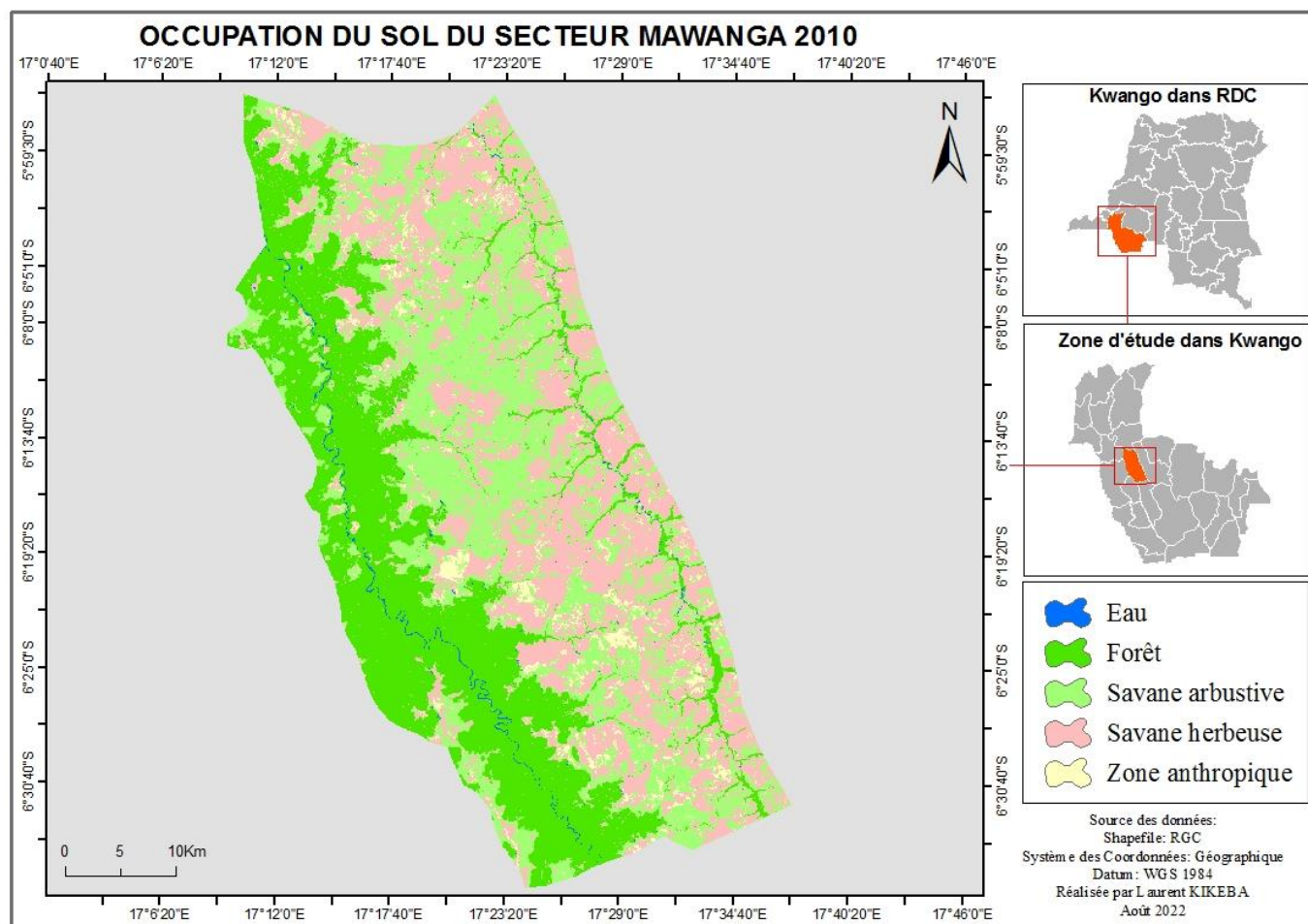


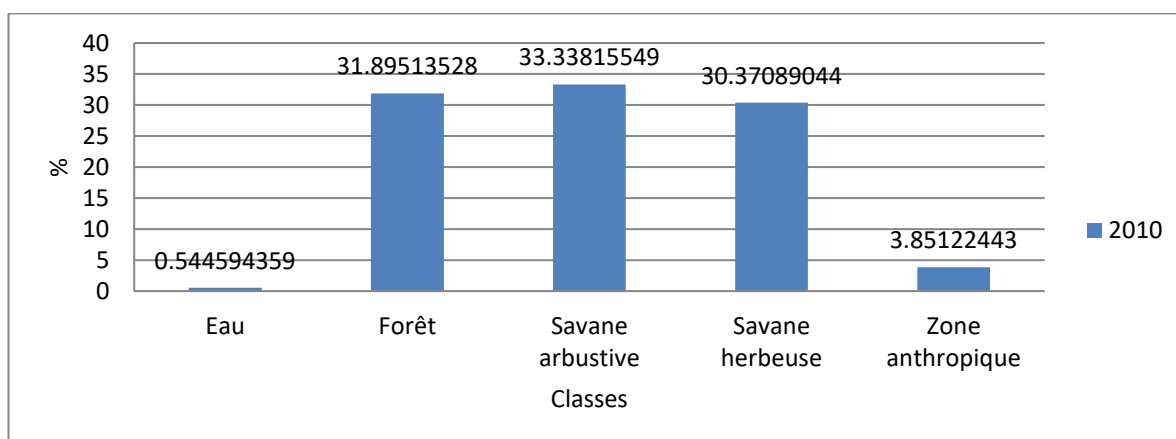
Fig. 2. Proportion d'occupation du sol de différentes classes pour 2005

Il ressort de la carte 1 et la figure 2 que l'occupation du sol de la zone sous étude était plus dominée par la savane arbustive, soit 43,3% suivie de la forêt, soit 38,0 %. La faible proportion était occupée par la zone anthropique avec 2,2%.

La carte 2 et la figure 3 présentent l'occupation du sol pour l'année 2010.



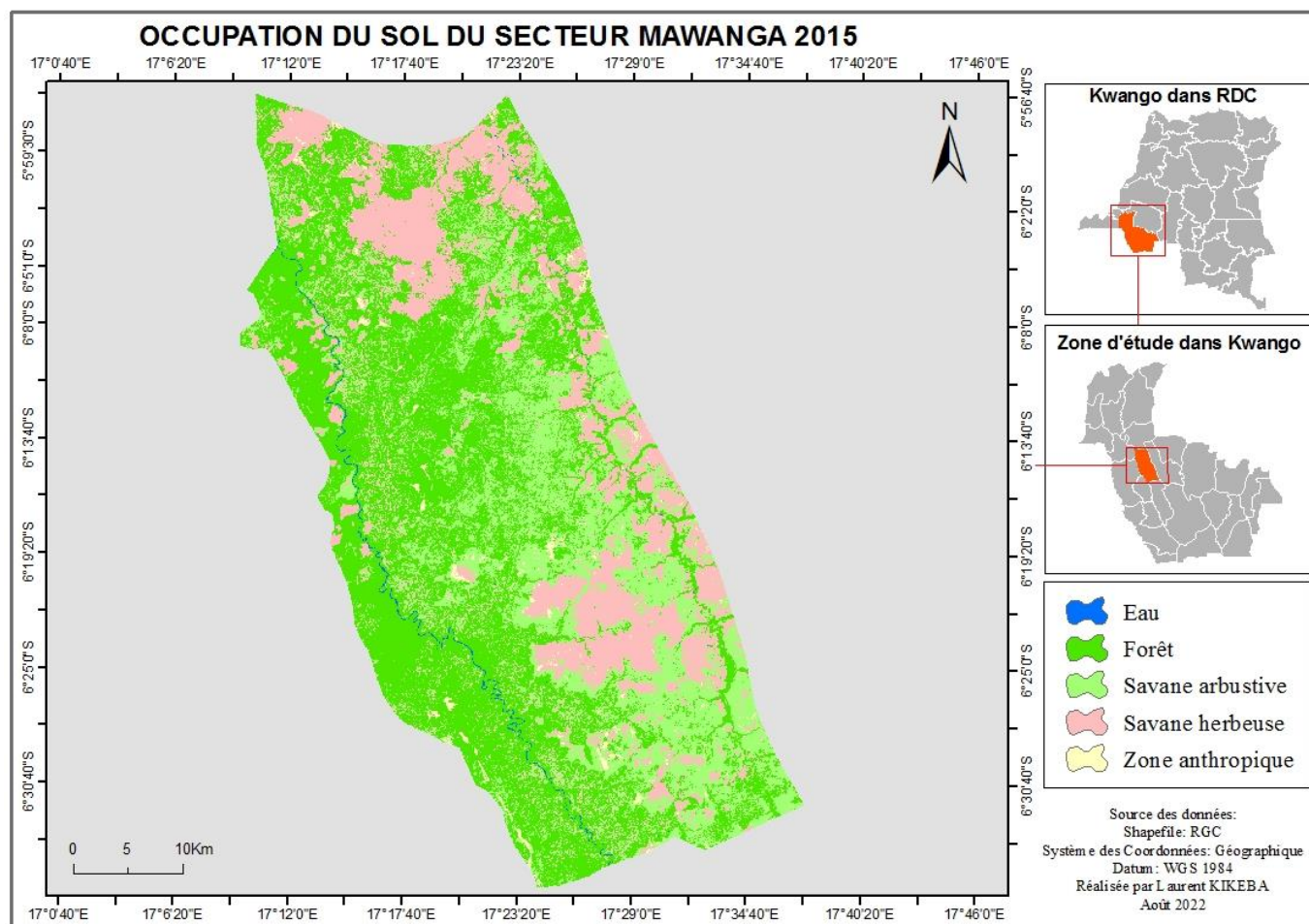
**Carte 2. Occupation du sol en 2010.**



**Fig. 3. Proportion d'occupation du sol des différentes classes pour 2010**

Il ressort de la carte 2 et la figure 3 qu'en 2010, l'occupation du sol dans le secteur de Mawanga a été plus dominé par la savane arbustive avec une proportion de 33,3 % suivie de la forêt avec 31,9 %. Avec une faible proportion dans la zone anthropique, soit 3,9 %.

La carte 3 et la figure 4 présentent les résultats de l'occupation du sol pour l'année 2015.



Carte 3. Occupation du sol en 2015

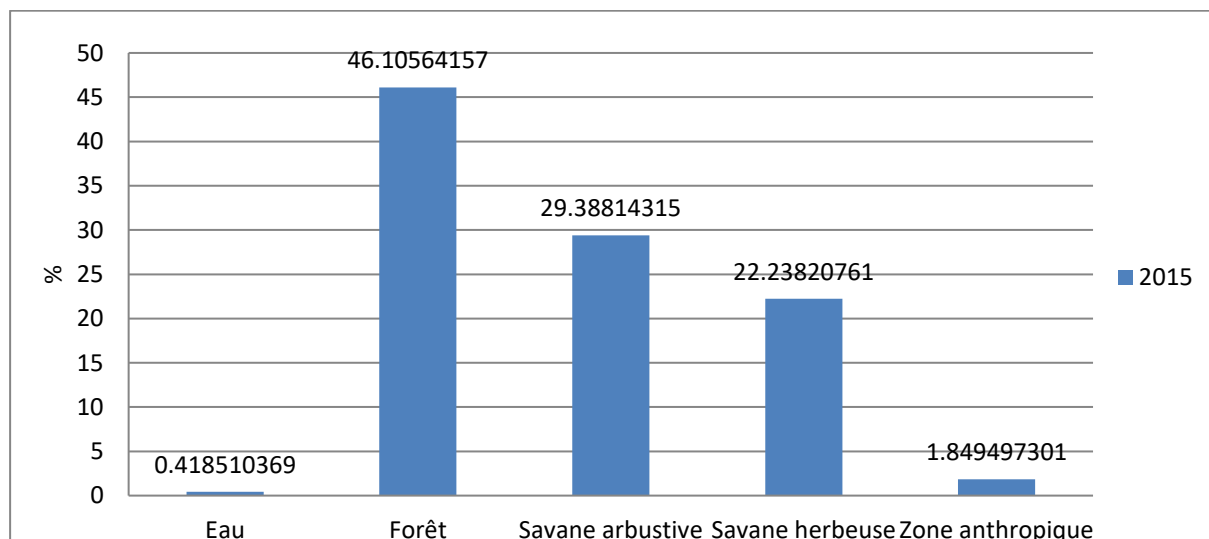
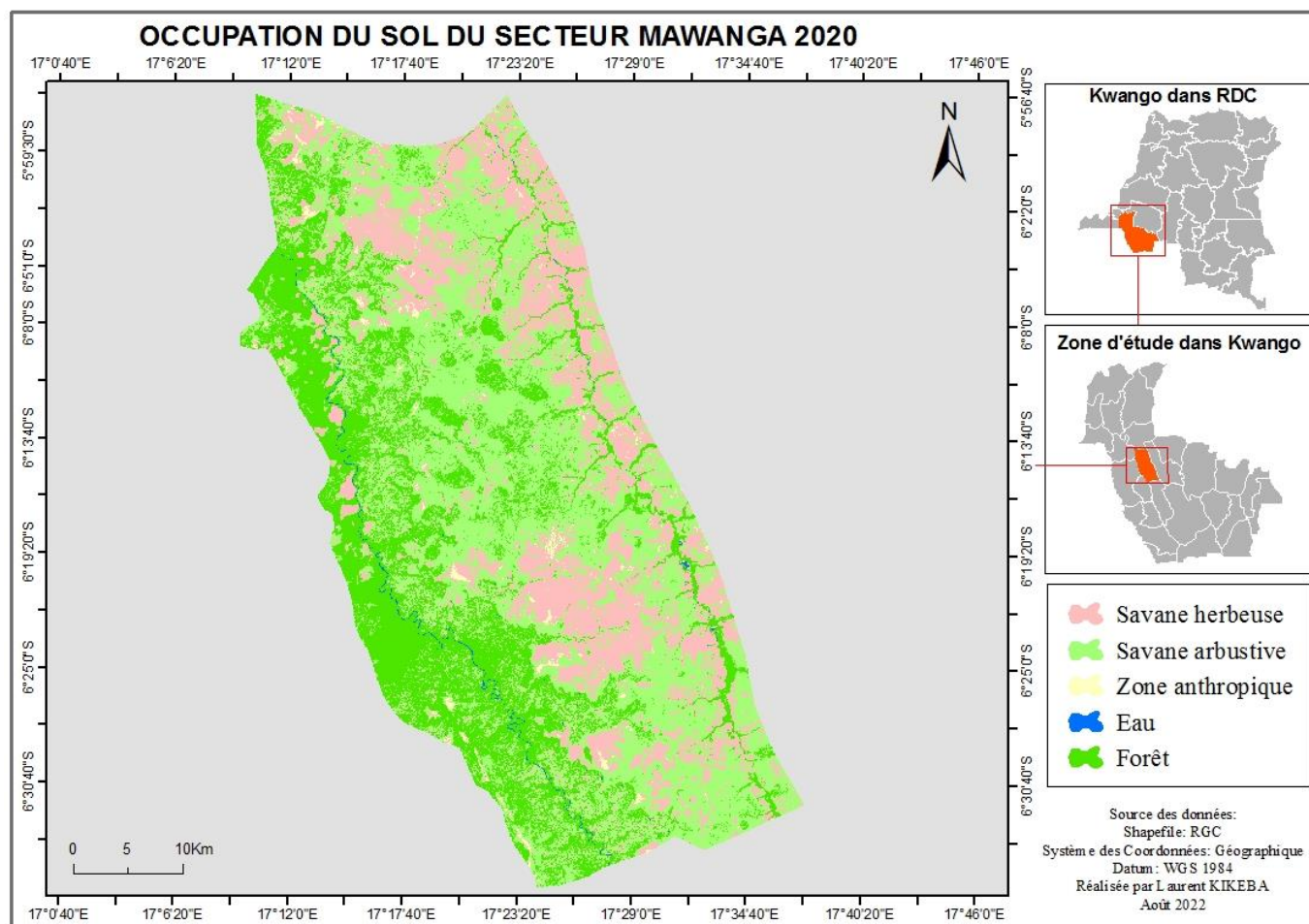


Fig. 4. Proportion d'occupation du sol des différentes classes pour 2015

L'analyse de la carte 3 et la figure 4 pour l'année 2015 révèle que la forêt présente une forte proportion de la couverture végétale, soit 46,1%, suivi de la savane arbustive avec 29,4%.

La carte 4 et la figure 5 présentent les résultats de l'occupation du sol pour l'année 2020.



Carte 4. Occupation du sol 2020

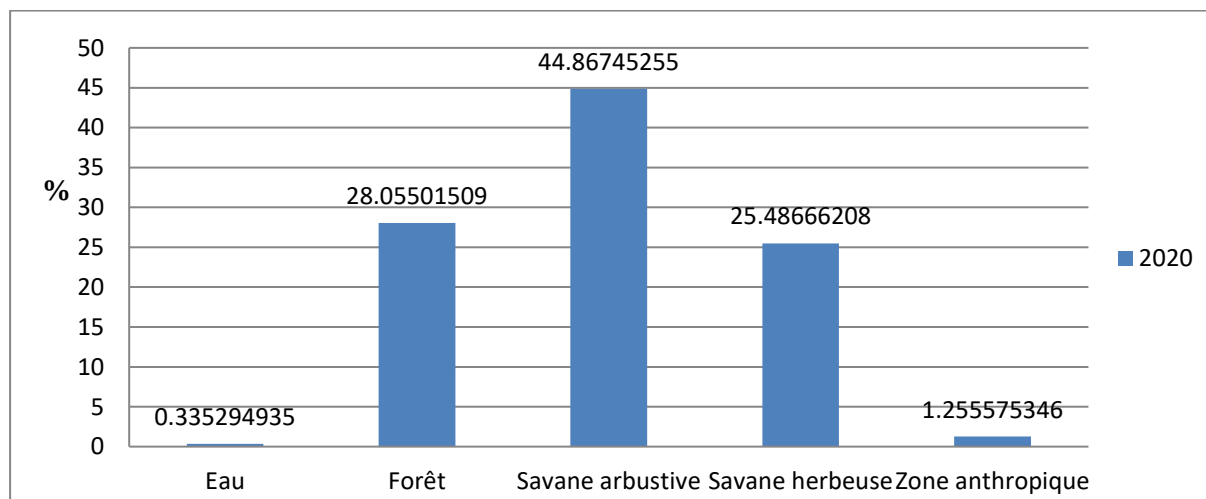


Fig. 5. Proportion d'occupation du sol de différentes classes pour 2020

La carte 4 et la figure 5 révèlent qu'en 2020, la zone sous étude manifeste une forte proportion de la savane arbustive avec 44,9 %. Cette forte proportion relevée dans la classe de savane arbustive est le résultat la réduction de la pression humaine sur celle-ci et de son augmentation sur la forêt et la zone anthropique soit 28,1% et 1,3% respectivement.

## 3.2 EVOLUTION DE LA SUPERFICIE DE CHAQUE CLASSE D'OCCUPATION DU SOL ENTRE 2005 ET 2020

Tableau 1. Superficies de chaque classe d'occupation du sol

| Classes en km <sup>2</sup> | 2005  | 2010  | 2015  | 2020  |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Eau                        | 11,6  | 11,1  | 8,5   | 6,8   |
| Forêt                      | 773,2 | 648,9 | 938,0 | 570,7 |
| Savane arbustive           | 880,0 | 678,2 | 597,9 | 912,8 |
| Savane herbeuse            | 324,1 | 617,9 | 452,4 | 518,5 |
| Zone anthropique           | 45,4  | 78,3  | 37,6  | 25,5  |

Entre 2005 et 2010, la tendance de l'occupation du sol a été caractérisée par une légère diminution des eaux de surface. Tandis qu'elle l'a été de l'ordre de 4,3 Km<sup>2</sup> entre 2010 et 2020.

Cette réduction des eaux de surface peut s'expliquer par les tendances à la hausse de la température et à la baisse des précipitations observées depuis 1985.

Pendant la période allant de 2005 et 2020, la couverture forestière a baissé de 202,5 Km<sup>2</sup>.

Il s'agit essentiellement de l'exploitation de la galerie forestière logeant la rivière Wamba qui abrite le plus grand bassin de production agricole du secteur de Mawanga et expliquant ainsi cette perte. C'est le cas de la zone Ouest des groupements Mulopo Ndindi, Mubuku, Kabaka Mbangi et Mwaku Yala.

[2] a documenté la même tendance baissière de la superficie forestière qui est passée de 584,6 à 387,6 km<sup>2</sup> entre 1996 et 2006 dans le secteur voisin de Kingulu.

Il convient de signaler l'augmentation de la démographie du secteur de Mawanga qui est passée de 48 679 à 144 114 habitants, pendant la période sous étude, exigeant plus de terres pour développer les activités agricoles.

Selon [3], [4], [5] et [6], la réduction de la couverture forestière dans le Bassin du Congo est causée par leur conversion en terres agricoles, la satisfaction des besoins énergétiques par la dendroénergie.

Au cours de la même période, la savane herbeuse a augmenté de 194,4 Km<sup>2</sup>. Elle abritait principalement l'élevage bovin jusqu'en 2018 où plus de 90% du cheptel du secteur a été décimé par une épidémie.

Auparavant, les communautés vivant dans cette contrée essentiellement pastorale se sont reconverties dans la manioculture qui demeure en croissance pendant toute l'année. Les feux de brousse répétitifs et le surpâturage ont favorisé l'augmentation de cette classe. C'est le cas de la zone Est du groupement de Mulopo Ndindi, Mabaka et Muaku yala et les groupements Tsaku, Muluwa, Buka Ipongi dans leur plus grande partie.

Quant à la savane arbustive, elle a augmenté de 32,8 km<sup>2</sup> pendant ces 15 ans. Cet état des choses serait attribué au caractère pyrophile de l'espèce dominante de cet écosystème, *Erythrophleum africanum*, et des restrictions contre la coupe pour la préservation aussi bien au niveau communautaire qu'administratif. Cette situation peut malheureusement cacher une autre réalité à savoir la réduction de la diversité spécifique qui peut défavoriser, par exemple, la diminution des espèces nourricières des arthropodes parasitoïdes [7] qui réguleraient la dynamique populationnelle des criquets puants.

## 4 CONCLUSION

Les changements d'occupation des sols matérialisés par la diminution de la forêt en faveur de l'augmentation de la savane herbeuse et arbustive enregistrées dans le secteur pendant les 15 années sous-étude peuvent expliquer la prolifération des criquets puants infestant la culture de manioc. Néanmoins, les facteurs anthropiques (agriculture, feu de brousse et élevage) indexés dans cette étude ne suffiraient pas pour expliquer l'augmentation de ce ravageur. Pour ce faire, il convient donc de scruter également les paramètres climatiques.

## REFERENCES

- [1] Kekeunou S., Weise S., Messi J., Abundance of the variegated Grass Hopper in natural herbaceous fallow and planted forest: effect of *Chromolaena odorata* (Asteraceae). In: Journal of Entomology 4: 457-462, 2007.
- [2] Masina G., 2018. Etude spatio-temporelle du couvert végétal du secteur de Kingulu, dans la province du Kwango en République Démocratique du Congo (1996-2016) et proposition d'un plan d'aménagement forestier. Mémoire de Master en Agroforesterie, Université Loyola du Congo, Inédit, 93 p.
- [3] Nasi R., Mayaux PH., Bayol N., Eba'a Atyi R., Mugnier A., Cassagne B., Billand A., Sonwa D., A first look at carbon stock and their variation in Congo Basin forest. In: de Wasseige C., Devers D., de Marcken P., Eba'a Atyi R., Nasi, R. Mayaux P., editors. The Forests of the Congo, 2010. Basin - State of the Forests 2008. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2009. p. 191-207.
- [4] Magevans C., Dynamique de déforestation dans le bassin du Congo: réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt. Washington DC, World Bank. 201p., 2013.
- [5] Reyniers C., « L'approche interactionniste pour l'analyse d'un projet d'agroforesterie villageoise sur le plateau des Batéké (RDC) », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 14 Numéro 1 | mai 2014, mis en ligne le 05 mai 2014, consulté le 05 janvier 2024.  
URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/14761>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.14761>.
- [6] Atangana A.R., Khasa D., and De Grande A., Tropical Agroforestry. Springer. 380p, 2014.
- [7] Bakondongama B., Mubenga K., Mondivudri A., Ngabu C., Mpiana P. T., Kosele K., et Juakaly M., *Zonocerus variegatus* (Linné 1758, Orthoptera: Pyrgomorphidae) et ses parasitoïdes (Hyménoptères) dans la ville de Kisangani, RDC. International Journal of Innovation and Scientific Research 32 (1): 64-74, 2017.

## Co-evolution des variables climatiques et du cycle biologique du criquet puant (*Zonocerus variegatus* Linné)

### [ Co-evolution of climate variables and the life cycle of the stinking locust (*Zonocerus variegatus* Linné) ]

Laurent Kikeba Mbala<sup>1</sup>, Alphonse Kambi Dibaya Okito Longo<sup>2</sup>, Gilbert Pululu Mfwidi Nitu<sup>3</sup>, Antoine Mumba Djamba<sup>4</sup>,  
and Idi Eca Idrissa<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Université Loyola du Congo, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Institut Supérieur Pédagogique, Mbuji Mayi, RD Congo

<sup>3</sup>Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe, Kinshasa, RD Congo

<sup>4</sup>Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

<sup>5</sup>Université Espoir du Congo, Sud-Kivu, RD Congo

---

Copyright © 2024 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 research aims to identify changes in climatic factors likely to explain the proliferation of *Zonocerus variegatus* populations observed in the Mawanga sector since 2015. Data series of temperature, precipitation and relative humidity covering the period from 1985 to 2021 have been downloaded from the «power.larc.nasa.gov» website. They made it possible to calculate the Lamb or Nicholson index and to evaluate the variability in order to discriminate between years with precipitation, temperature and hygrometry deficiency from those in excess compared to normal. This diachronic analysis revealed a variability likely to impact the population dynamics of stinking locusts and increase their ravages against cassava cultivation. Associated with the phenological stages of the stinking locust, the variability of precipitation, temperature and relative humidity parameters recorded between 1985 and 2021 favored the proliferation of stinking locusts and subsequent attacks.

**KEYWORDS:** Climatic variability, proliferation, *Zonocerus variegatus*, DRC.

**RESUME:** Cette recherche vise l'identification des changements des facteurs climatiques susceptibles d'expliquer la prolifération des populations de *Zonocerus variegatus* observée dans le secteur de Mawanga depuis 2015. Des séries de données des températures, des précipitations et d'humidité relative couvrant la période allant de 1985 à 2021 ont été téléchargées sur le site « power.larc.nasa.gov ». Elles ont permis de calculer l'indice de Lamb ou de Nicholson et d'évaluer la variabilité afin de discriminer les années avec précipitations, température, hygrométrie déficitaire de celles excédentaires par rapport à la normale. Cette analyse diachronique a ressorti une variabilité susceptible d'impacter la dynamique de la population des criquets puants et augmenter leurs ravages contre la culture du manioc. Associé aux stades phénologiques du criquet puant, la variabilité des paramètres précipitations, température et humidité relative enregistrés entre 1985 et 2021 a favorisé la prolifération des criquets puants et les attaques subséquentes.

**MOTS-CLEFS:** Variabilité climatique, prolifération, *Zonocerus variegatus*, RDC.

## 1 INTRODUCTION

La température, l'humidité de l'air et les précipitations déterminent un minimum, un maximum et un optimum favorables au développement de chaque espèce d'arthropode. Les variabilités climatiques peuvent induire une augmentation inhabituelle de certaines espèces d'arthropodes.

Les insectes sont très dépendants des paramètres climatiques plus particulièrement la température dont chaque espèce présentent ses exigences propres [1]. Elle conditionne leurs processus vitaux notamment la croissance, l'alimentation, la mobilité, le développement et la reproduction. Il existe une température de base au-dessous de laquelle ils ne peuvent se développer [2].

Au Togo, par exemple, [3] ont estimé qu'une hausse des températures entraînerait de légères augmentations annuelles d'au moins + 0,23 des générations de *Sesamia calamistis* et de *Eldana saccharina*. La même étude rapporte que la perception des agriculteurs indique l'apparition de nouveaux ravageurs tels que les termites, le criquet puant *Zonocerus variegatus* et une recrudescence des ravageurs de stock.

Cette étude évalue l'évolution des précipitations, de la température et de l'humidité relative ayant prévalu entre 1985 et 2021 dans le secteur de Mawanga afin de déceler des changements significatifs avant et depuis la prolifération du criquet puant ainsi que les dégâts provoqués sur le manioc.

Les modifications des paramètres climatiques survenues à chaque phase de développement de l'insecte pendant les 37 ans pour les trois paramètres considérés ont été ainsi examinés.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Mawanga est situé en RDC, dans la province de Kwango et territoire de Kasongo Lunda. Les coordonnées géographiques de ce site sont -6,3128°S et 17,4258°E. Le climat du secteur de Mawanga est de type Aw<sub>3</sub> selon la classification de Koppen. La saison sèche s'étend de mi-mai à mi-août et la saison de pluies 9 mois avec ses deux pics pluviométriques en novembre et en mars.

### 2.2 MATÉRIELS

Un ordinateur portable a permis le téléchargement des données relatives à la température, à l'humidité atmosphérique et aux précipitations qui ont prévalu dans la zone d'étude de 1985 à 2021.

### 2.3 MÉTHODES

Les données de précipitations, d'humidité de l'air et de température couvrant la période de 1985 à 2021 ont été téléchargées sur le site [power.larc.nasa.gov](https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/) en cliquant sur le lien [power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/](https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/). Ces données ont été transposées sur un fichier Excel. Le principe de Gaussen a été utilisé pour déterminer l'évolution, la tendance de chaque paramètre climatique, les mois humides et les mois secs. Le calcul de l'indice de Lamb ou de Nicholson a permis d'évaluer la variabilité afin de discriminer les années avec précipitations, température, hygrométrie déficitaire de celles excédentaires.

Le calcul des indices hydroclimatiques avec la formule de Nicholson (a) [4], [5] recherche la mise en évidence de la variabilité interannuelle et les grandes tendances des variables étudiées. Ils sont calculés de la manière suivante:

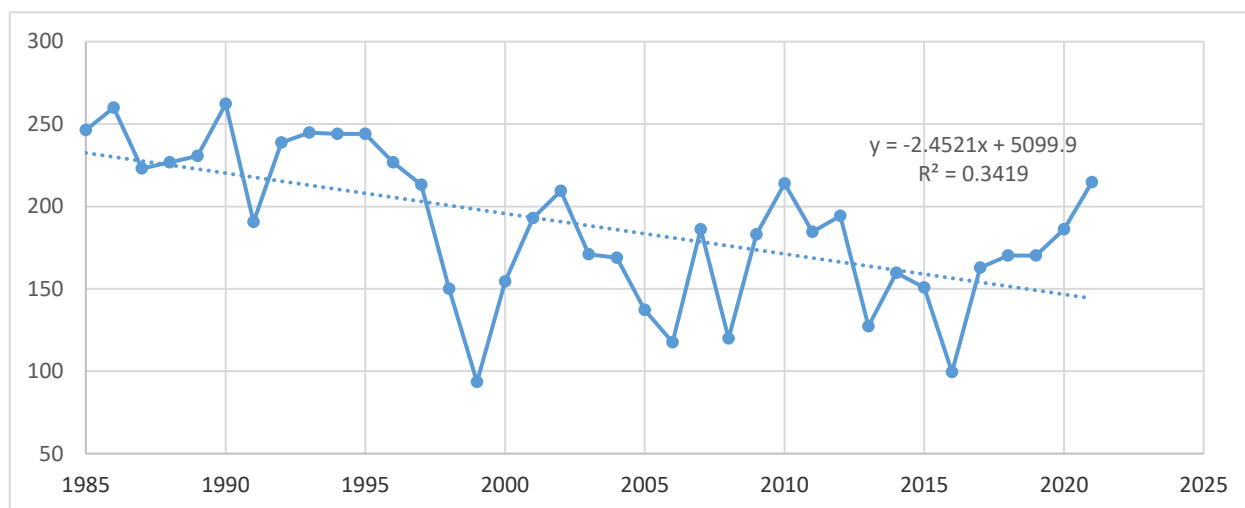
$I = xi - \bar{x} / \sigma$  (a) avec xi: hauteur annuelle du paramètre étudié pour la station au cours d'une année i;  $\bar{x}$ : moyenne interannuelle à la station;  $\sigma$ : écart type de la série.

Les regroupements phénologiques suivants: incubation, l'éclosion, les phases larvaires et la phase imaginale qui correspondent aux périodes de septembre à mars; de mars à mai; de mars à octobre et de juillet à décembre ont structurés les analyses.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 PRÉCIPITATIONS

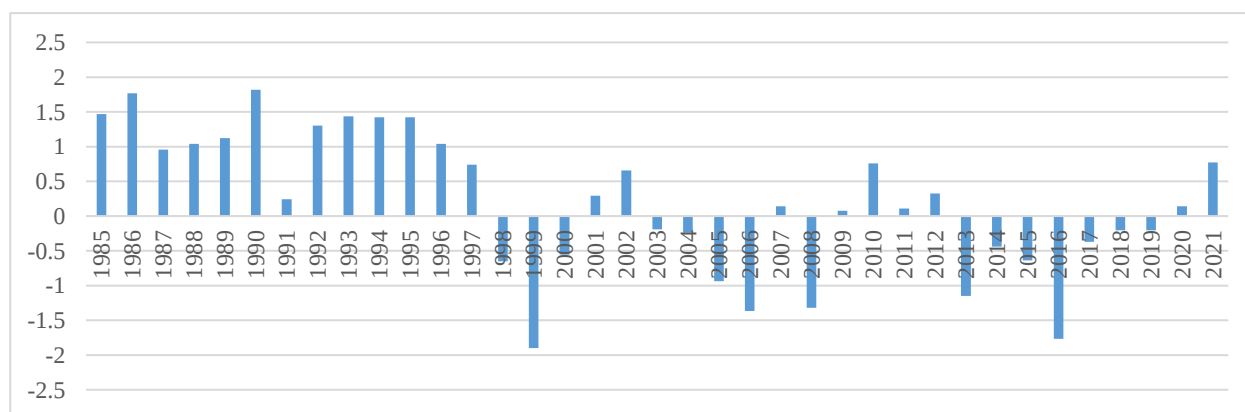
La figure 1 donne l'évolution des précipitations pendant la période d'incubation.



**Fig. 1. Evolution et droite de tendance des précipitations pendant la période d'incubation**

Les précipitations (fig.1) jouent un rôle important avec l'eau apportée dans le sol pour l'incubation des œufs des criquets puants. La tendance de la courbe de la figure 1 concernant les précipitations est baissière pendant cette phase biologique pour la période de 1985 à 2021.

La figure 2 rapporte les années en fonction des quantités de précipitations pendant la période d'incubation.



**Fig. 2. Type d'années catégorisées selon les quantités de précipitations enregistrées pendant le stade d'incubation/éclosion**

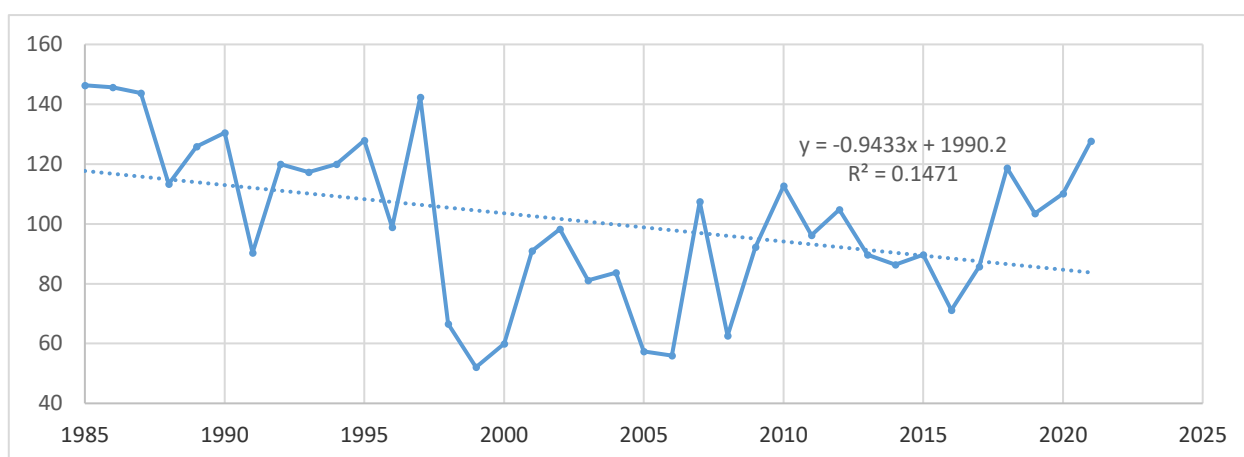
Les quantités de précipitations enregistrées pendant les 13 premières années ont été successivement excédentaires. Alors que celles des 24 autres années ont présenté des perturbations dont 15 années déficitaires par rapport à la normale. Avant la rupture survenue en 1998, elles se sont chiffrées à 217,70 mm et supérieures à la moyenne générale de la série évaluée à 174,47 mm. Après cette année, les précipitations moyennes de 151,06 mm relatives à la période ont été inférieures à la moyenne générale des précipitations.

Quoique déficitaire, le niveau d'humidité du sol consécutif aux précipitations entre les années 2013 et 2019 ont favorisé une vague suffisante d'éclosions des larves justifiant une population larvaire occasionnant des ravages importants de la culture de manioc.

[6] évoque une corrélation étroite entre la pluviométrie et une activité intense de ponte des criquets puants. Cette étude soutient également cette observation qui se traduit par des précipitations moyennes supérieures de 217,69 mm avant la rupture par rapport à 151,06 mm après cette période. Cet état des choses aura été plus propice à un nombre de ponte plus élevé avant la rupture.

S'agissant des besoins en eau des œufs, [7] a démontré que la résistance des oothèques ne dépasse pas 15 jours dans un sol complètement desséché. Néanmoins, selon le même auteur, une reprise d'humidité (en poids) de 1,25 % suffit pour une incubation normale. Il ajoute que le tassement de la terre autour du trou recevant l'oothèque effectué par la femelle crée, par capillarité, un mouvement d'eau apportant une humidité du sol plus grande dans l'environnement voisin de la ponte que le reste de la terre. Ces observations soutiennent que les variations de précipitations survenues avant ou après la rupture n'ont pas influencé négativement le niveau d'éclosion des œufs des criquets puants.

La figure 3 donne l'évolution des précipitations pendant les phases larvaires.

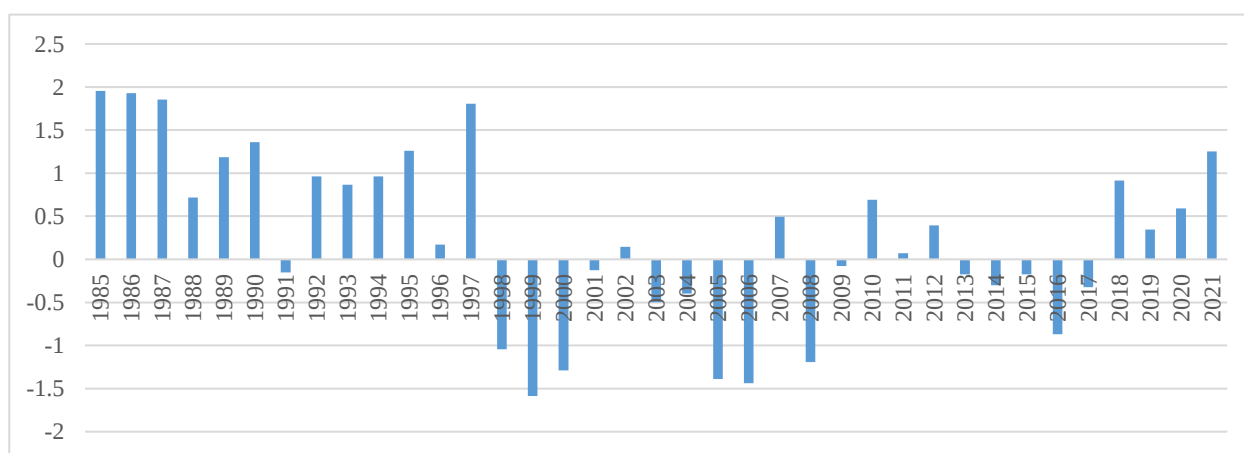


**Fig. 3. Evolution et droite de tendance des précipitations pendant les phases larvaires**

La tendance de la courbe de la figure 3 concernant les pluies est baissière pendant cette phase biologique pour la période de 1985 à 2021.

Les précipitations interviennent, à ce stade particulièrement épiqué, par la disponibilité alimentaire de la végétation sauvage dont se nourrissent les larves de stade 1, 2 et 3. jusqu'en mi-juin où la rareté de la nourriture provoquée par la saison sèche favorise les attaques des cultures. La rareté de la végétation sauvage expose ainsi aux attaques les cultures encore présentes dont le manioc, les cultures maraîchères et les arbres fruitiers.

La figure 4 classe les années selon la quantité des précipitations enregistrées pour la période larvaire.



**Fig. 4. Type d'année en fonction de la quantité des précipitations pendant le stade larvaire**

Après une régularité de 12 années de précipitations excédentaires à la normale, une série irrégulière de 25 années dont 15 déficitaires et 9 excédentaires a été observé.

Avant la rupture survenue en 1998, elles se sont chiffrées à 124,24 mm et supérieures à la moyenne générale de la série évaluée à 100,73 mm. Après cette année, les précipitations moyennes de 87,69 mm relatives à la période ont été inférieures à la moyenne générale.

Les niveaux déficitaires des précipitations des années 2013 à 2017 ont permis une faible pression parasitaire, propice à une survie importante des larves qui se sont attaquées aux cultures.

Cette observation confirme celle de [8], [9], [10] qui affirme que le développement des infections à *Endophragma grylli* a été souvent associé à la pluie.

Selon [11], la pluie agirait en favorisant la germination des spores de résistance présentes dans les cadavres secs d'insectes ou dans le sol.

La figure 5 retrace l'évolution des précipitations pendant la période imaginale.

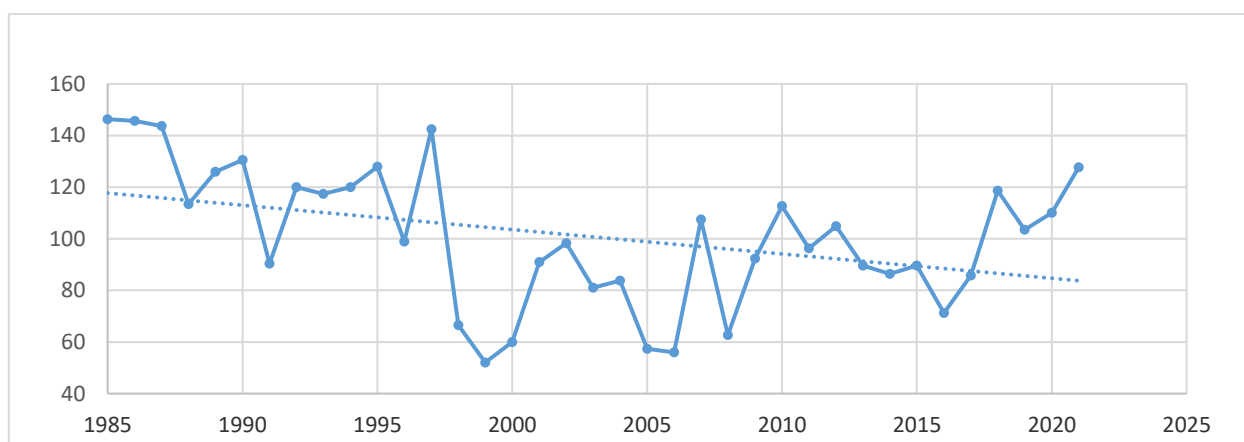


Fig. 5. Evolution et droite de tendance des précipitations pendant la période imaginale

Ce stade biologique des criquets puants étant également épigé, le niveau de précipitations joue également un rôle dans la disponibilité alimentaire de la végétation sauvage. Pendant cette période, les précipitations baissent, la végétation sauvage diminue et le risque de feu de végétation s'intensifie. La tendance de la courbe de la figure 30 concernant les pluies est baissière pendant cette phase biologique pour la période de 1985 à 2021.

La figure 6 montre le type d'années selon la quantité de précipitations au stade imaginal.

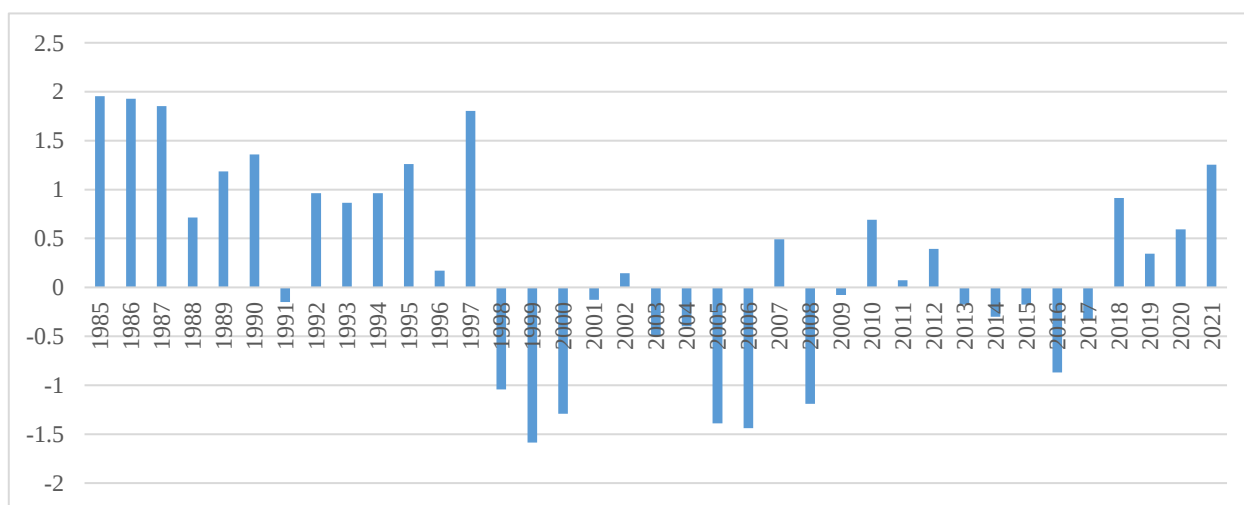


Fig. 6. Type d'années en fonction de la quantité de précipitations au stade imaginal

La figure 6 suggère l'existence de 11 années de précipitations supérieures à la normale pendant les 13 premières années. Pendant les 24 années après 1997, 15 ont été déficitaires et 9 excédentaires.

Avant la rupture survenue en 1998, elles se sont chiffrées à 158,13 mm et supérieures à la moyenne générale de la série évaluée à 129,99 mm. Après cette année, les précipitations moyennes de 114,75 mm relatives à la période ont été inférieures à la moyenne générale des précipitations.

Comme dans les phases larvaires, les niveaux déficitaires des précipitations des années 2013 à 2017 ont entretenu une faible pression parasitaire propice à une survie importante des imagos qui se sont attaqués aux cultures.

### 3.2 HUMIDITÉ RELATIVE

La figure 7 présente l'évolution de l'humidité pendant la période d'incubation.

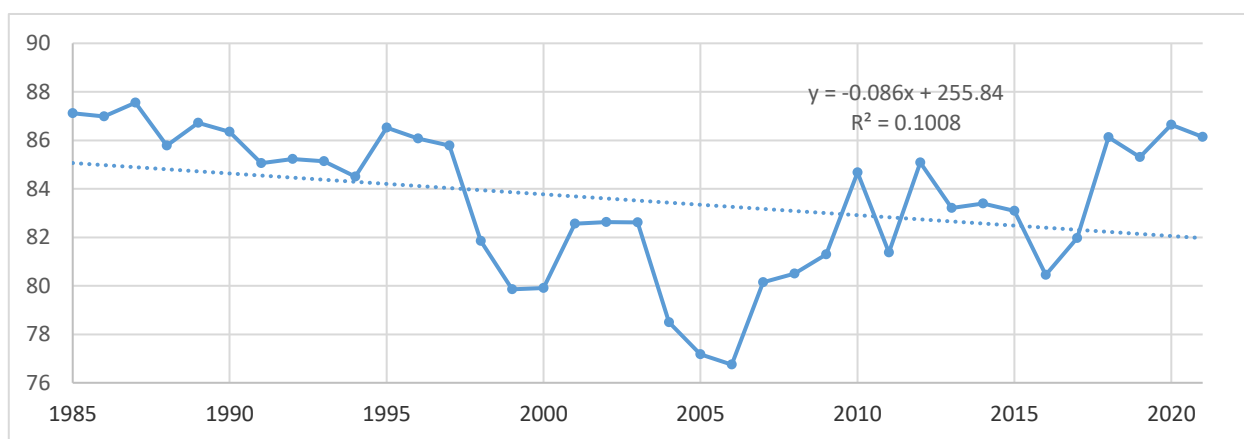


Fig. 7. Evolution et droite de tendance de l'humidité pendant la période d'incubation

Pendant les 37 ans sous étude, l'hygrométrie moyenne annuelle de la période d'incubation a varié entre 76,75 % et 87,55 %. Au cours de cette période, la tendance hygrométrique est descendante, c'est-à-dire, l'atmosphère dans le secteur de Mawanga est moins humide en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance a un coefficient angulaire négatif.

La figure 8 différencie le type d'année en fonction du niveau d'humidité pendant le stade d'incubation/éclosion.

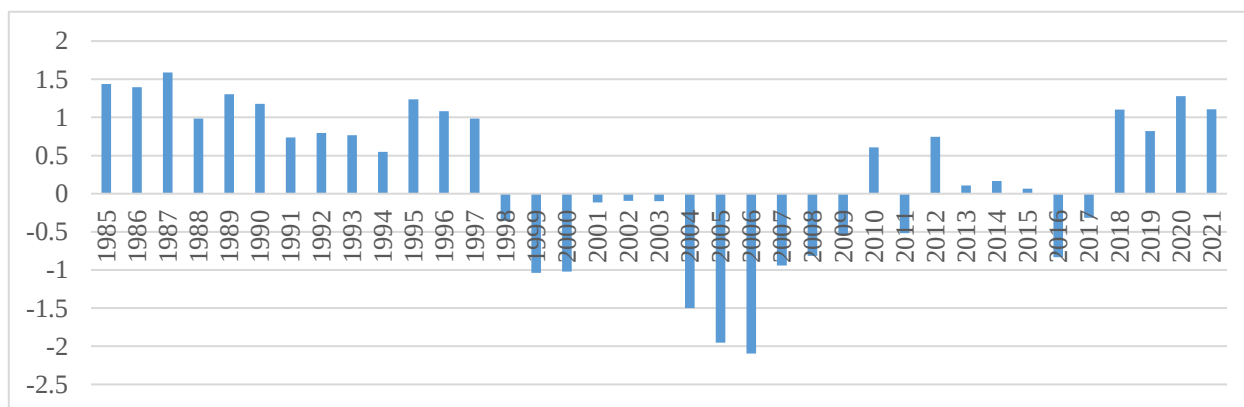
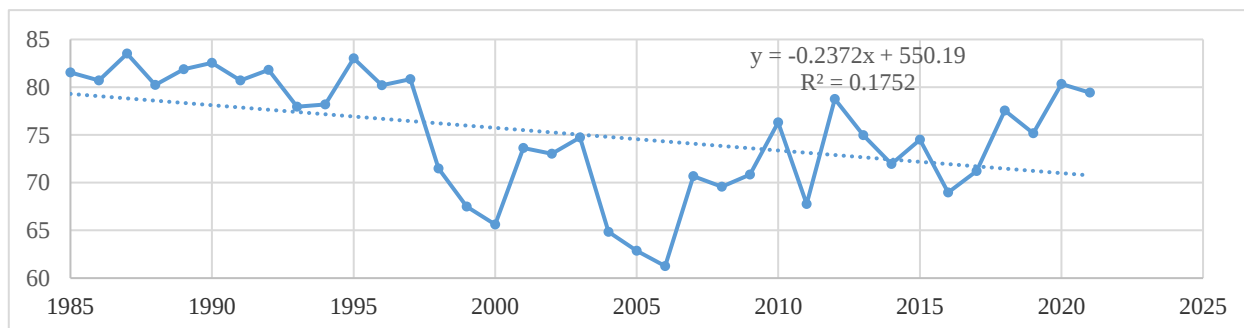


Fig. 8. Type d'année en fonction du niveau d'humidité relative pendant le stade d'incubation/éclosion

Il se dégage pour le stade d'incubation/éclosion une période plus humide (1985-1997) avec une moyenne hygrométrique de 86,06 % qui est supérieure à la moyenne annuelle totale (83,51 %); une période moins humide (1998-2021), avec une moyenne hygrométrique de 82,13°C qui est inférieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (86,06 %) avant 1998 est donc supérieure à la moyenne après 1998 (82,13 %).

L'humidité atmosphérique influence le niveau d'évaporation de l'eau du sol, joue un rôle sur le niveau d'humidité du sol et peut impacter la durée d'incubation et le taux d'éclosion des œufs. La rupture de la régularité intervenue et la baisse consécutive du niveau d'humidité à partir de 1998 peuvent expliquer une humidité édaphique ayant contribué à l'augmentation de bonnes éclosions de la population de nouvelles larves néonates.

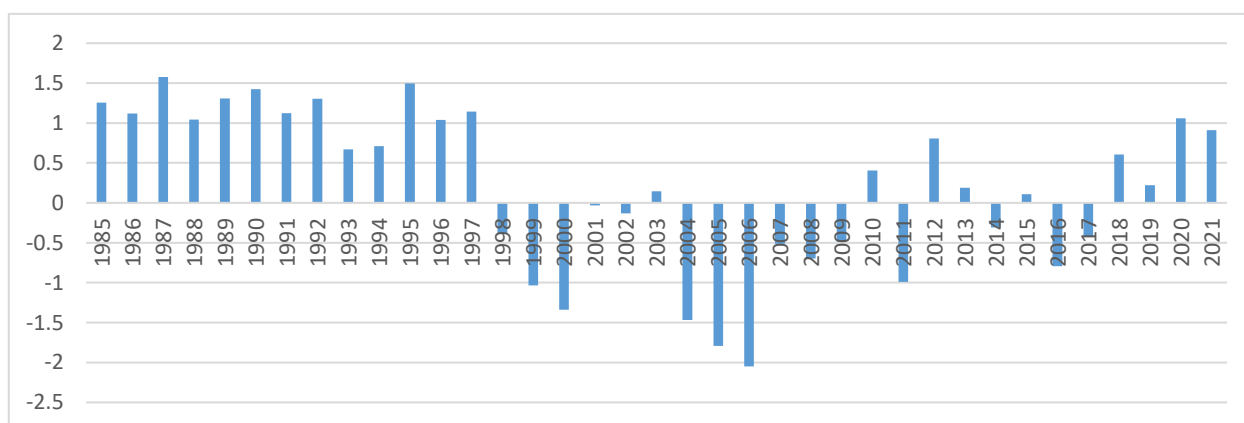
La figure 9 présente l'évolution de l'humidité relative pendant le stade larvaire.



**Fig. 9. Evolution et droite de tendance de l'humidité relative pendant le stade larvaire**

L'hygrométrie moyenne annuelle au cours du stade larvaire a varié entre 65,97 % et 84,43 %. La tendance hygrométrique est descendante, c'est-à-dire, l'atmosphère prévalant dans le secteur de Mawanga est moins humide en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance présente un coefficient angulaire négatif.

La figure 10 discrimine le type d'année en fonction de l'humidité pendant le stade larvaire.



**Fig. 10. Type d'année selon le degré d'humidité relative pendant le stade larvaire**

Il se dégage pour le stade larvaire une période plus humide (1985-1997) avec une moyenne hygrométrique de 80,86 % qui est supérieure à la moyenne annuelle totale (76,46 %); une période moins humide (1998-2021), avec une moyenne hygrométrique de 74,07 % qui est inférieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (80,86 %) avant 1998 est donc supérieure à la moyenne après 1998 (74,06 %).

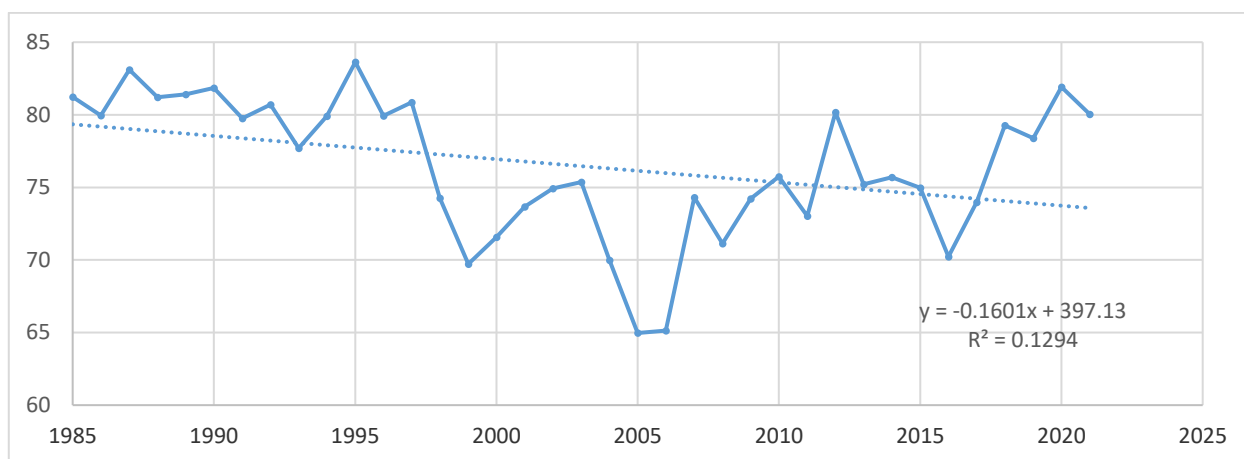
Depuis 1998, l'humidité relative pendant le stade larvaire a baissé en dessous de la moyenne.

[6] soutient que le développement des stades épigés du criquet puant nécessite une humidité relative suffisante.

Malgré sa baisse au cours de ce stade, cette variable n'a certainement pas atteint un seuil susceptible de réduire la population larvaire.

Cette situation a été défavorable aux facteurs limitant la prolifération des criquets puants notamment *Entomophaga grylli*, un champignon Entomophthorale qui infecte naturellement certaines espèces acridiennes. Par contre, la diminution de ce paramètre a été propice à la survie des larves.

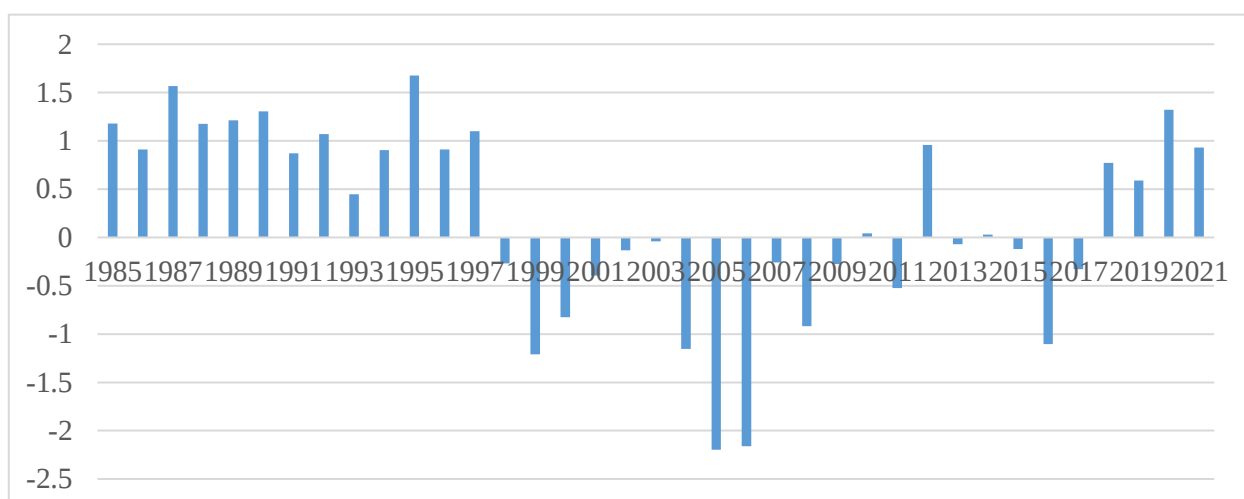
La figure 11 retrace l'évolution de l'humidité pendant la période imaginaire.



**Fig. 11. Evolution et droite de tendance de la courbe de l'humidité relative pendant la période imaginal**

Au cours du stade imaginal de la période examinée, l'humidité relative moyenne annuelle a varié entre 64,97 % et 83,62 %. La tendance hygrométrique est descendante, c'est-à-dire, l'atmosphère actuelle dans le secteur de Mawanga est plus sèche en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance présente un coefficient angulaire négatif.

La figure 12 rapporte l'évolution de l'humidité relative pendant la période imaginal.



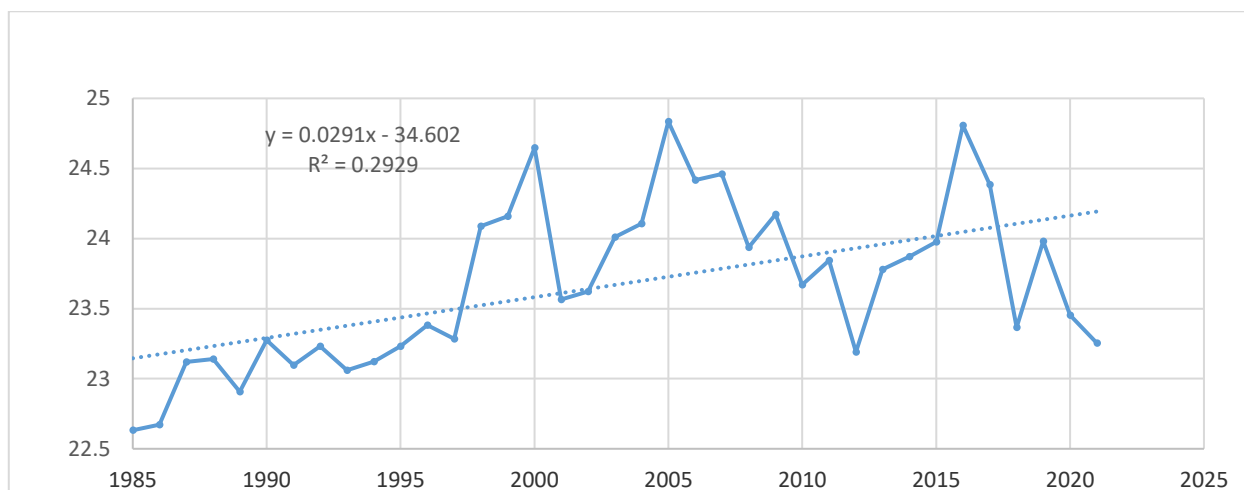
**Fig. 12. Bilan de l'humidité relative pendant le stade imaginal**

Le stade imaginal présente une période plus humide (1985-1997) avec une moyenne hygrométrique de 82,55 % qui est supérieure à la moyenne annuelle totale (77,58 %); une période moins humide (1998-2021), avec une moyenne hygrométrique de 74,88 % qui est inférieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (82,55 %) avant 1998 est donc supérieure à la moyenne après 1998 (74,88 %).

A partir de 1998, l'humidité relative au stade imaginal a baissé en dessous de la moyenne. Comme pour la phase larvaire, cette situation est défavorable aux facteurs limitant la prolifération des criquets puants notamment *Entomophaga grylli*. Cet environnement qui contribue plutôt à la diminution de ce paramètre est propice à la grande survie des imago moins frappés par cette mycose.

### 3.3 TEMPÉRATURE

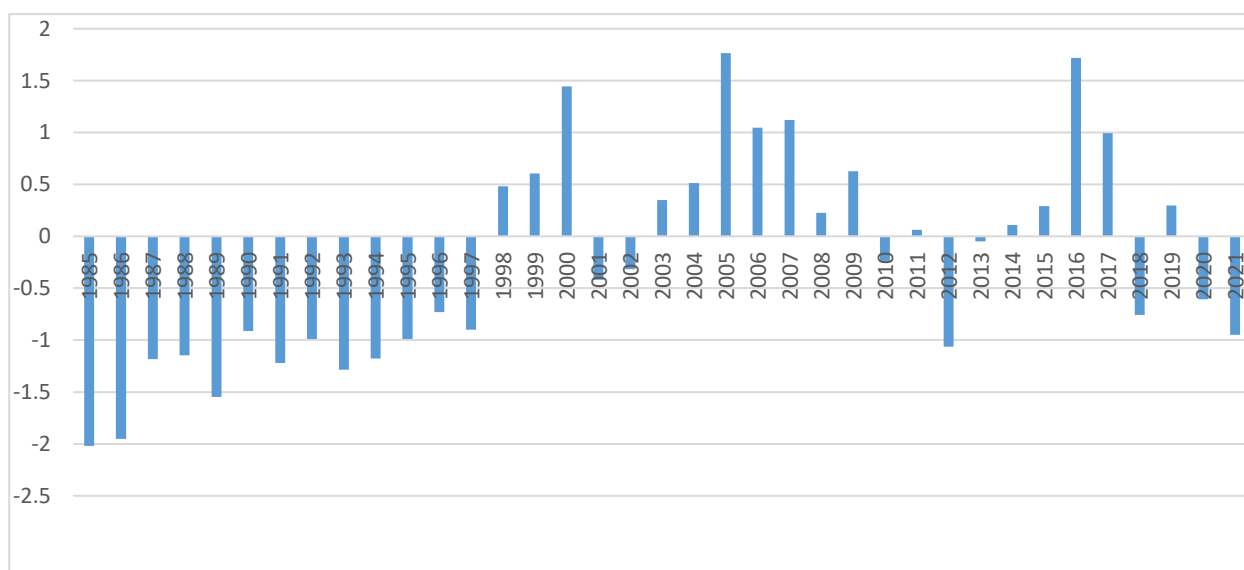
La figure 13 renseigne sur l'évolution de la température au stade d'incubation/éclosion.



**Fig. 13. Evolution de la température pendant le stade d'incubation/éclosion**

Au cours de la période d'incubation/éclosion, la tendance thermique est ascendante. C'est-à-dire, durant cette étape de développement du criquet puant, il a fait plus chaud en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance a un coefficient angulaire positif.

La figure 13 discrimine les années à température excédentaire et déficitaire au stade d'incubation/éclosion.

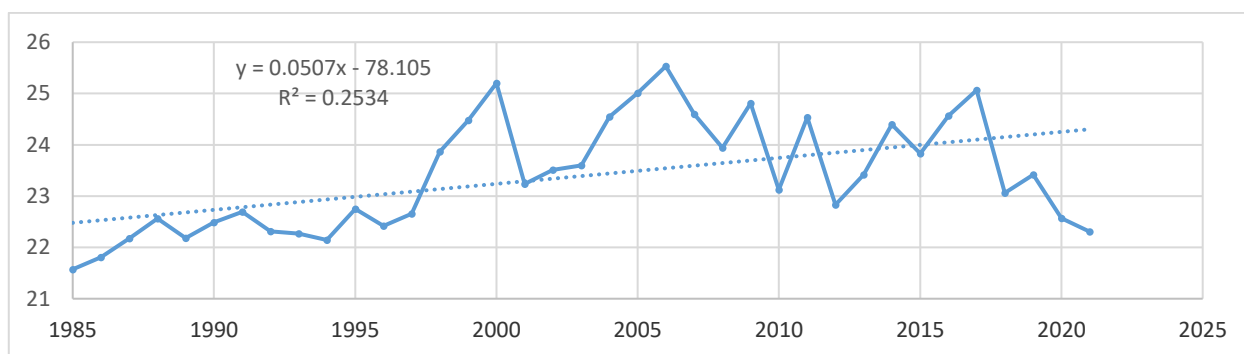


**Fig. 14. Discrimination de niveau de température pendant le stade d'incubation/éclosion**

Il se dégage pour le stade d'incubation/éclosion une période moins chaude (1985-1997) avec une moyenne thermique de 23,08°C qui est très légèrement inférieure à la moyenne annuelle totale (23,67°C); une période plus chaude (1998-2021), avec une moyenne thermique de 23,98°C qui est légèrement supérieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (23,08°C) avant 1998 est donc inférieure à la moyenne après 1998 (23,98°C).

Pendant ce stade, entre la période avant et après 1998, les températures maximales et minimales moyennes ont augmenté respectivement de 1,06 °C et 0,38 °C. Le seuil de température de 28 °C favorable à de bonnes éclosions tel qu'observé par [7] est légèrement supérieur à la température maximale moyenne de 28,62 °C ayant prévalu avant 1998. Tandis qu'après cette période, celle-ci a été supérieure, soit 29,68 °C. Cette situation a permis des incubations favorables à de bonnes éclosions pour aboutir à une augmentation de la population larvaire.

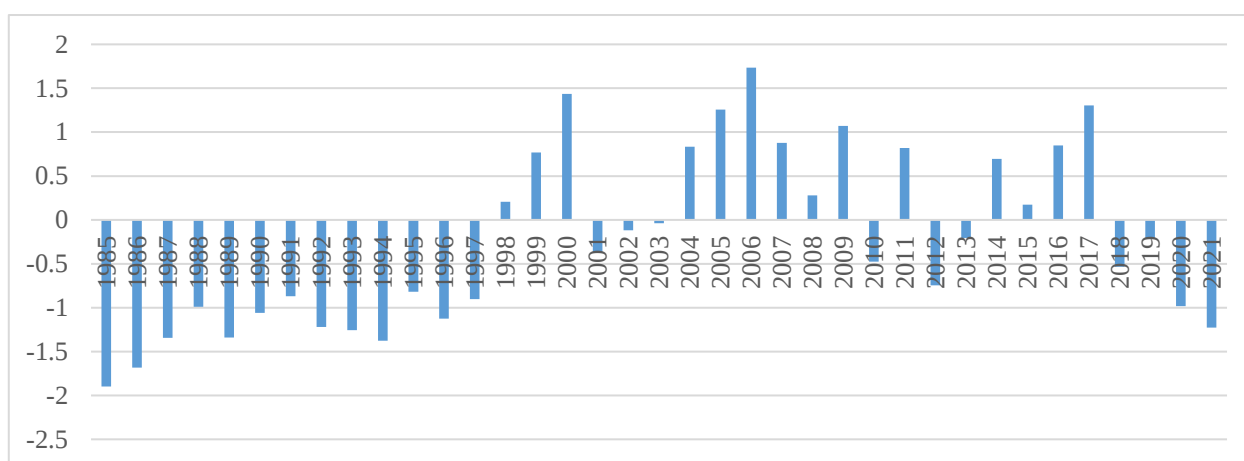
La figure 14 renseigne sur l'évolution de la température de la période larvaire



**Fig. 15. Evolution et droite de tendance de la température pendant le stade larvaire**

Durant le stade larvaire, la tendance thermique est ascendante. C'est-à-dire, durant cette étape de développement du criquet puaud, il a fait plus chaud en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance a un coefficient angulaire positif.

La figure 15 donne les années à température excédentaire et déficitaire au stade larvaire

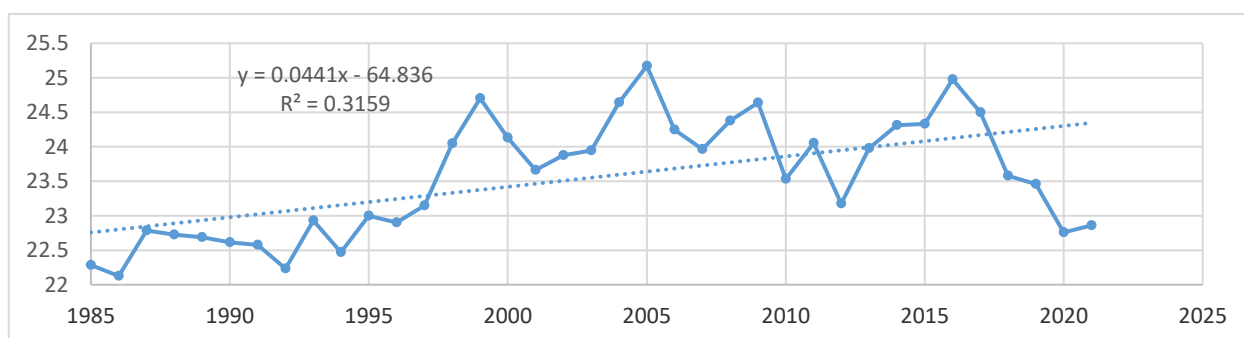


**Fig. 16. Les années à température excédentaire et déficitaire au stade larvaire**

Le stade larvaire a enregistré une période moins chaude (1985-1997) avec une moyenne thermique de 22,31°C qui est légèrement inférieure à la moyenne annuelle totale (23,39°C); une période plus chaude (1998-2021), avec une moyenne thermique de 23,98°C qui est légèrement supérieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (22,31°C) avant 1998 est donc légèrement inférieure à la moyenne après 1998 (23,98°C).

Avant 1998, la température maximale moyenne s'est située à 28,98 °C et a atteint 31,52 °C.

La figure 16 présente l'évolution de la température pendant le stade imaginal.



**Fig. 17. Evolution et courbe de tendance de la température pendant le stade imaginal**

Comme pour tous les stades de développement du criquet puant, le stade imaginal présente également une tendance thermique ascendante. Il a fait plus chaud en 2021 qu'en 1985.

La figure 17 rapporte le bilan des années à température excédentaire et déficitaire.

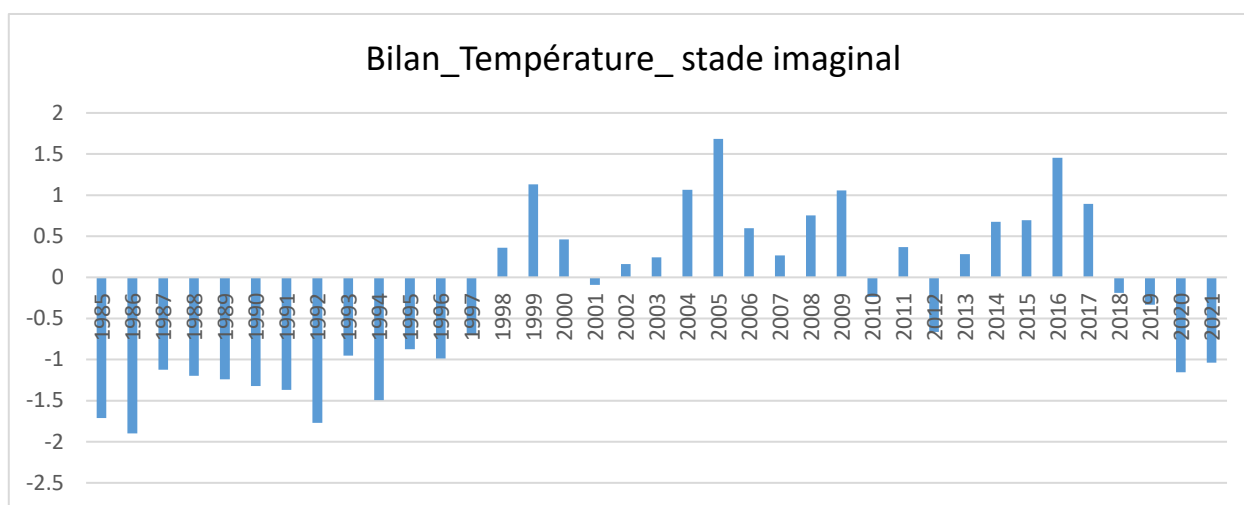


Fig. 18. Bilan des années selon la température pendant le stade imaginal

Le stade imaginal a enregistré une période moins chaude (1985-1997) avec une moyenne thermique de 22,69°C qui est inférieure à la moyenne annuelle totale (23,57°C); une période plus chaude (1998-2021), avec une moyenne thermique de 24,04°C qui est légèrement supérieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (22,69°C) avant 1998 est donc inférieure à la moyenne après 1998 (24,04°C).

#### 4 CONCLUSION

Le niveau d'humidité du sol dû aux précipitations enregistrées à partir de la rupture intervenue en 1998 a permis une vague suffisante d'éclosions justifiant une population larvaire occasionnant des ravages importants des criquets puants sur la culture de manioc.

Il a permis une faible pression parasitaire, propice à une survie importante des larves et des imago qui peut expliquer l'augmentation des attaques et dégâts infligés notamment à la culture de manioc. En effet, le développement des infections à *Entomophaga grylli* a été souvent associé à la pluie.

Malgré sa baisse au cours de tous les stades de développement du criquet puant, l'humidité relative n'a sans doute pas atteint un seuil susceptible d'influencer la réduction de l'incubation/éclosion. Cette situation a occasionné une importante survie de la population larvaire et imaginale.

La température n'a pas significativement pas augmenté pendant la phase incubation/éclosion pour les périodes avant et après 1998. Elle a significativement varié pendant les stades larvaire et imaginal.

Nous pouvons donc conclure que les changements trilogiques des paramètres précipitations, température et humidité relative enregistrés entre les périodes comprises entre 1985 et 2021 ont favorisé la prolifération des criquets puants et les dégâts subséquents.

## REFERENCES

- [1] Nageleisen L. M., 2018. Effets du changement climatique sur les insectes forestiers in *Revue forestière Française* 70 (6): 53-660.
- [2] Plouffe D. G., Bourgeois G., Lepage M. P., 2012. Les modèles bioclimatiques utilisés en agriculture, Inédit, 21p.
- [3] Agboka K., Tounou A.K., Agbodzavu K.M., Negloh K., Wegbe K., 2016. Interactions variations climatiques – insectes ravageurs et perception des producteurs de céréales au sud Togo. In: *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* (18) (4): 1-8.
- [4] Nicholson S. E., 1980. The nature of rainfall fluctuations in subtropical West Africa. In *Monthly Weather Review* 108 (4): 473-487.
- [5] Servat E., Paturel J. E., Lubès H., Kouamé B., Ouedraogo M. et Masson J.M., 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part one: Detailed analysis of the phenomenon in Côte d'Ivoire. In *Journal of Hydrology* 191: 1–15.
- [6] De Grégorio R., 1987. Recherche sur la biologie et le polymorphisme saisonnier du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Insecta, Orthoptera, Pyrgomorphidae). Thèse de Doctorat d'État, Université Paul Saabatier, Toulouse, 446 pp.
- [7] Vuillaume M., 1954. Etude du rythme d'activités de *Zonocerus variegatus* (acrid. Pyrgomorphinae). In: *fruits INHS* 9 (11): 489-494.
- [8] Roffey, J. 1968. The occurrence of the fungus *Entomophaga grylli* Fresenius on Locusts and grasshoppers in Thailand. In *J. Invertebr. Pathol.* 11: 237-241.
- [9] Chapman R. F. & Page W. W., 1979. Factors affecting the mortality of the grasshopper *Zonocerus variegatus* in southern Nigeria. In *J. Anim. Ecol.*, 48: 271-288.
- [10] Chapman R. F., Page W.W. & Mccaffery A. R. 1986. Bionomics of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) in West and Central Africa. In *Ann. Rev. Entomol.*, 31: 479-505.
- [11] Weseloh R. M. & Andreadis, T. G., 1992. Epizootiology of the fungus *Entomophaga maimaiga*, and its impact on gypsy moth populations in *J. Invertebr. Pathol* 59: 133-141.

## Structure de marché de quelques produits agricoles de consommation courante et propension de l'agrobusiness familial au Sud-Kivu montagneux en RD Congo

### [ Market structure of some agricultural products of regulary consumption and propensity of family agribusiness in mountainous South Kivu in DR Congo ]

*Jean-Pierre Kashangabuye Cirimwami*

Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** In mountainous South Kivu, local markets are characterized by imperfect competition because not only is the information imperfect, but also transaction costs are high, sometimes arbitrary and hamper arbitrage in the marketing chain. There is freedom of entry and exit in the market but the information is not known in the same way and accessible to everyone in all markets. There are several sellers and several buyers on the market, but the products are heterogeneous. The price of agricultural products on the market are not stable and for good reason: the devaluation of the local currency, unpredictable taxes and over-taxation, the multiplicity of tax services on the same product, freedom in setting prices by the players, suppliers and/or wholesalers as well as retailers (unfair competition), a choice of products dictated by origin. The oligopoly situation experienced in the sector is caused by the concentration of producers. The determinants of consumption that are common to the four products studied are the market price, the income/wealth of the consumer, the prices of other substitutable goods and services, complementary goods and services, customer tastes/preferences as well as the family responsibility. Almost all consumers have the same behavior when it comes to essential goods. The latent factors determining the success of agribusiness in beans and corn are the profile, infrastructure, resources used, production technologies used, entrepreneurial orientation and marketing. The latent factors determining the success of cassava agribusiness are the resources mobilized and infrastructure. The latent factors determining the success of potato agribusiness are infrastructure, entrepreneurial orientation, marketing and production techniques.

**KEYWORDS:** Market structure, propensity of family agribusiness, mountainous South Kivu, determinants of product consumption, latent factors, marketing.

**RESUME:** Dans le Sud-Kivu montagneux, les marchés locaux sont caractérisés par une concurrence imparfaite car non seulement l'information est imparfaite, mais aussi les coûts de transaction sont élevés, parfois arbitraires et gênent l'arbitrage dans la chaîne de commercialisation. Il existe une liberté d'entrée et de sortie dans le marché mais l'information n'est pas connue de la même façon et accessible à tous sur tous les marchés. Il existe sur le marché plusieurs vendeurs, plusieurs acheteurs mais les produits sont hétérogènes. Le prix des produits agricoles sur le marché ne sont pas stables et pour cause: la dévaluation de la monnaie locale, des taxes imprévisibles et une sur-taxation, la multiplicité des services de taxation sur un même produit, la liberté dans la fixation des prix par les acteurs, des fournisseurs et/ou grossistes à la fois détaillants (concurrence déloyale), un choix des produits dicté par la provenance. La situation d'oligopole vécue dans le milieu est provoquée par la concentration des producteurs. Les déterminants de la consommation qui sont communs aux quatre produits étudiés sont le prix du marché, le revenu/richeesse du consommateur, les prix d'autres biens et services substituables, les biens et services complémentaires, les goûts/préférences des clients ainsi que la charge familiale. La quasi-totalité des consommateurs ont les mêmes comportements face aux biens de première nécessité. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur le haricot et le maïs sont le profil, les infrastructures, les ressources utilisées, les technologies de production utilisées, l'orientation entrepreneuriale et la commercialisation. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur le manioc sont les ressources mobilisées et les infrastructures. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur la pomme de terre sont les infrastructures, l'orientation entrepreneuriale, la commercialisation et les techniques de production.

**MOTS-CLEFS:** Structure du marché, propension de l'agrobusiness familial, Sud-Kivu montagneux, déterminants de la consommation des produits, facteurs latents, la commercialisation.

## 1 INTRODUCTION

Le bilan actuel de la « révolution verte » basée sur la modernisation des exploitations familiales et l'intensification de la production est finalement très mitigé, sinon inquiétant [1]. Un ménage peut bien produire et ne pas nécessairement dégager un surplus orienté vers la création d'un revenu monétaire. L'intensification ne vise pas nécessairement la création d'un revenu, la priorité peut s'arrêter à la satisfaction des besoins alimentaires. Par contre, on ne peut pas envisager développer un agrobusiness familial sans intensifier pour créer un revenu.

Le commerce agricole mondial a considérablement progressé en valeur depuis 2000. La configuration des échanges s'est également modifiée, l'évolution des avantages comparatifs dans l'agriculture mondiale a des incidences sur le commerce international [2].

L'agriculture, secteur primaire d'activités, est l'un des piliers qui booste l'économie et le changement social d'une nation. Selon le Fonds International de Développement Agricole [3], le monde compte près de 500 millions de petits exploitants agricoles, et la petite paysannerie permet de faire vivre plus de deux milliards de personnes. La production de ces exploitations familiales représente, selon les estimations, 80% des denrées alimentaires consommées en Asie et en Afrique subsaharienne [4]. Certaines régions sont des zones de production spécialisée, et d'autres non.

Le commerce international des produits vivriers et les règles de libre échange qui le commandent ne sont pas adaptés au secteur agricole en général et menacent la survie des petits agriculteurs [5]. Son environnement économique se caractérise par un niveau élevé des risques et d'incertitudes. L'environnement institutionnel se caractérise par l'existence de pratiques réglementaires inadaptées ainsi que de taxations abusives [6]. D'énormes efforts ont été consentis pour l'augmentation de la production mais la commercialisation a été négligée. Le coût de cette commercialisation apparaît trop élevé à cause de plusieurs déficiences [7]. En Afrique, on retrouve parmi ces déficiences un système de commercialisation peu rémunérateur pour la qualité, les coûts de transport très élevés, l'existence de contrôles routiers abusifs, le petit nombre de grossistes terminaux qui monopolisent le marché terminal, la mauvaise connaissance par les producteurs des prix sur les marchés terminaux suite à une mauvaise transmission de l'information [8].

Dans le cas de la RDC, les différents gouvernements ont été d'avis que l'agriculture, non seulement, va résoudre la question de la faim mais aussi est la base fondamentale et incontournable de son développement. Ceci justifie son adhésion en 2001 au processus de développement agricole initié par le nouveau partenariat pour le développement économique de l'Afrique (NEPAD).

Le Sud-Kivu montagneux, région géographique et culturelle, entretient des échanges de proximité avec les pays frontaliers et d'autres provinces. Il continue à être une des plaques tournantes du commerce transfrontalier [8] avec une forte dépendance de son économie alimentaire vis-à-vis de la province voisine du Nord-Kivu et des pays voisins dont le Rwanda, le Burundi et l'Ouganda. Les acteurs impliqués dans les 4 cultures font face aux défis ci-après: la faible connaissance en entrepreneuriat agricole, les pratiques agricoles rudimentaires, les marchés non organisés et non contrôlés, la faible connectivité entre acteurs de la chaîne de valeur, le financement agricole non accessible à un bon nombre d'acteurs œuvrant dans le secteur, et les infrastructures/routes de dessertes agricoles en mauvais état [9]; les sols sont de plus en plus épuisés, les autres ressources de ménages surtout ruraux sont trop faibles pour un investissement agricole conséquent [10].

Cinq décennies de « développement » et trois décennies de politiques néolibérales n'ont pas réussi à éradiquer les problèmes de la faim et de la pauvreté, même si c'était un des objectifs visés par ces politiques. Au contraire, cela a eu pour effet d'augmenter les disparités entre petites et grandes exploitations au détriment des paysans et de l'environnement.

Le Sud-Kivu montagneux a connu énormément d'intentions de politiques agricoles et des campagnes agricoles pour les cultures vivrières en dépit desquelles leur importation bat son record. L'augmentation de la demande alimentaire a donné une impulsion nouvelle à la commercialisation de la production vivrière. Cependant, l'acheminement des produits agricoles des zones de production vers les marchés urbains et leur distribution entre les marchés primaires et les marchés de gros posent problème [11]. La meilleure façon de faciliter les échanges serait l'incitation à la production locale tout en amoindissant les coûts de transaction et/ou de transport, faciliter la commercialisation tout en éradiquant la concurrence déloyale des produits importés. Certes, le paysan vit principalement de l'agriculture et toute sa situation économique en dépend par le biais des échanges avec les milieux urbains, mais l'agriculture paysanne, malgré son assiduité aux activités agricoles, ne parvient pas toujours à satisfaire la demande urbaine [5].

Le présent article a comme objectif global de faire une analyse de la commercialisation et la propension du développement de l'agrobusiness familial des produits agricoles vivriers phares au Sud-Kivu montagneux en vue d'identifier un modèle qui sera d'application pour cette contrée. Cet objectif global est décliné en deux objectifs spécifiques:

- Déterminer la structure de marché agricole dans la ville de Bukavu et son hinterland,
- Evaluer les facteurs qui prédisposent à la consommation du haricot, du maïs, du manioc et de la pomme de terre dans la contrée sous étude.

## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Les données de cette étude concernent les 3 zones agro écologiques que sont la basse altitude (<1000m); la moyenne altitude (1001-1400 m) et la haute altitude (1400m et plus) de la Province du Sud - Kivu. Les ménages enquêtés sont ceux de la région culturelle du Bushi répartis sur 3 territoires suivants: Kabare, Mwenga et Walungu qui couvrent 5.039 km<sup>2</sup> situés dans la zone 2°latitude Sud et 28° à 29° de longitude Est.

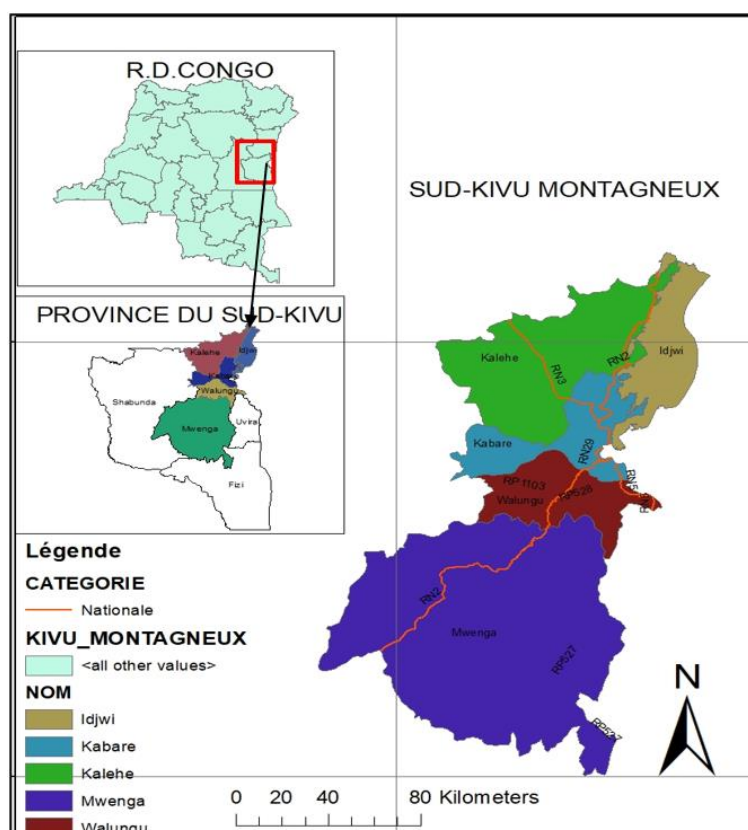


Fig. 1. Le milieu d'étude, Source: l'auteur

### 2.2 MÉTHODOLOGIE

Les données ont été récoltées par voie de questionnaires d'enquête soumis à des échantillons par quota entre mai et octobre 2019. Il a été question d'analyser : les circuits commerciaux (achat-vente) pour quatre produits vivriers phares (le haricot graine, le maïs grain et farine, la farine de manioc et les tubercules de la pomme de terre), la performance et les comportements des acteurs commerciaux, le revenu moyen par habitant, la disponibilité de la production locale sur le marché, les importations, la fluctuation des prix des 4 produits agricoles, et les infrastructures disponibles.

Les déterminants de la propension de l'agrobusiness familial ont été étudiés à l'aide des modèles d'équation structurelles (SEM) déjà utilisés par Hoyle (1995); Ringdon (1998); MacCallum et Austin (2000) et Kline (2005) <sup>1</sup> ont été groupés en six facteurs latents qui sont: l'orientation

<sup>1</sup> Structural equation modeling (SEM)

- is a comprehensive statistical approach to testing hypotheses about relations among observed and latent variables (Hoyle, 1995).
- is a methodology for representing, estimating, and testing a theoretical network of (mostly) linear relations between variables (Ringdon, 1998).
- tests hypothesized patterns of directional and non directional relationships among a set of observed (measured) and unobserved (latent) variables (MacCallum & Austin, 2000). SEM is similar to traditional methods like correlation, regression and analysis of variance in many ways. First, both traditional methods and SEM are based on linear statistical models. Second, statistical tests associated with both methods are valid if certain assumptions are met. Traditional methods assume a normal distribution and SEM assumes multivariate normality. Third, neither approach offers a test of causality.

entrepreneuriale, le profil des représentants des ménages impliqués, les infrastructures, les techniques de production utilisées, la commercialisation et les ressources et/ou investissements engagés.

Pour des fins pratiques, une quête d'un modèle optimal dans la région a conduit à identifier les stratégies de l'agrobusiness familial qui marchent dans des contextes culturel, technique, politique et environnemental proches. Un regard particulier a été tourné vers les ménages considérés comme performants dans leurs milieux en s'inspirant des cas de l'île d'Idjwi, du groupement de Buzi-Minova en territoire de Kalehe et Kamanyola dans la Plaine de la Ruzizi reconnus comme des zones « modèles en agrobusiness » [12].

Les données secondaires ont été récoltées à l'Inspection Provinciale de l'Agriculture, Elevage et Pêche, à l'Institut National des Statistiques (INS), à l'Office Congolais de Contrôle (OCC/Sud-Kivu), à la Mairie de Bukavu, à la Direction Générale des Douanes et Accises (DGDA). Ces données ont été encodées en Excel puis analysées sur les logiciels SPSS, XLSTAT et STATA. Les analyses faites avec SPSS ont permis de dégager les statistiques descriptives (fréquences, moyennes, Tableaux croisés). Pour les quatre cultures, la régression linéaire a été effectuée sur STATA pour les variables quantitatives « proportion vendue saison A et saison B ». La régression logistique a été effectuée sur les variables « satisfaction de la production et de la productivité ». Dans les deux cas, les coefficients standardisés ont été calculés. Les SEM ont été élaborés afin d'identifier la force des déterminants dans le système pour les variables dépendantes proportion vendue en saison A et en saison B, et la satisfaction vis-à-vis de la production et de la productivité. Il faut toujours prendre en considération les coefficients standardisés qui ont l'avantage d'identifier les déterminants les plus forts même lorsque les unités de mesures des variables sont différentes. Le benchmarking et l'analyse projective ont été faits sur XLSTAT en vue de classer les vendeurs et les acheteurs et déterminer des stratégies.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 SITUATION DE LA COMMERCIALISATION DANS LA VILLE DE BUKAVU

La ville de Bukavu assure le déficit enregistré par le Sud-Kivu montagneux (Tableau 1). Si le rapport entre l'offre et la demande de ce dernier représente 63%, Bukavu connaît une importation élevée traduite par le rapport de 173% pour le haricot. Cette tendance va dans le même sens pour les autres cultures (Tableau 1).

*Tableau 1. Rapport entre l'offre du Sud-Kivu montagneux et la demande de Bukavu*

| Zones                                | Produits                                                 | Haricot   | Maïs      | Manioc    | Pdterre   |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Facteurs                             |                                                          |           |           |           |           |
| LA PRODUCTION AU SUD-KIVU MONTAGNEUX | Population (2018)                                        | 2 030 570 | 2 030 570 | 2 030 570 | 2 030 570 |
|                                      | Nombre des ménages                                       | 253 822   | 253 822   | 253 822   | 253 822   |
|                                      | Production moyenne/ménage (kg)                           | 231       | 292,3     | 453       | 704,3     |
|                                      | Production annuelle des ménages (10 <sup>3</sup> T)      | 58,6      | 74,2      | 115       | 53,6      |
|                                      | Consommation annuelle/ménage (kg)                        | 364       | 468       | 1040      | 468       |
|                                      | Consommation totale annuelle/ménages (10 <sup>3</sup> T) | 92,4      | 118,9     | 264       | 118,8     |
|                                      | Taux de couverture (%)                                   | 63,5      | 62,5      | 43,6      | 45,2      |
|                                      | Déficit à couvrir (10 <sup>3</sup> T)                    | -33,8     | -44,6     | -149      | -65,2     |
| LA DEMANDE DE LA VILLE DE BUKAVU     | Population (2018)                                        | 1 039 194 | 1 039 194 | 1 039 194 | 1 039 194 |
|                                      | Nombre des ménages                                       | 163 650   | 163 650   | 163 650   | 163 650   |
|                                      | Demande annuelle du ménage (kg)                          | 257       | 388       | 269,8     | 89,7      |
|                                      | Demande annuelle (10 <sup>3</sup> T)                     | 42,1      | 63,5      | 44,2      | 14,7      |
|                                      | Importation (10 <sup>3</sup> T)                          | 73,0      | 131,1     | 67,3      | 18,6      |
|                                      | Taux de couverture (%)                                   | 173,5     | 206,4     | 152,3     | 126,5     |
|                                      | Surplus (10 <sup>3</sup> T)                              | 30,9      | 67,6      | 23,1      | 4,1       |

Les facteurs qui influencent la vente des 4 cultures sont différents selon les produits (Tableau 1).

Two goals in SEM are to :

- understand the patterns of correlation/covariance among a set of variables and,
- explain as much of their variance as possible with the model specified.

La propension des facteurs expliqués (quantité maximum vendue, la fréquence de l'approvisionnement hebdomadaire) est déterminée par une équation économétrique du genre  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_n X_n + \varepsilon$ . et  $E(Y) = E(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_n X_n) + E(\varepsilon)$  avec  $E(\varepsilon) = 0$ . Mais pour la pomme de terre, l'analyse ayant été faite par un SEM (faute des résultats probants par les régressions), (Tableau 2).

**Tableau 2. Les facteurs influençant la vente du haricot, du maïs, du manioc et de la pomme de terre dans la ville de Bukavu**

| Facteurs influençant par produit                                     | Valeurs statistiques | Coef.     | Robust    | t     | P>t          | [90% Conf. | Interval] |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-------|--------------|------------|-----------|
|                                                                      |                      |           | Std. Err. |       |              |            |           |
| <b>Haricot : Quantité max en kg ; R² = 0,52</b>                      |                      |           |           |       |              |            |           |
| Secteur d'activité                                                   |                      | 503.78    | 123.8     | 4.07  | <b>0.000</b> | 296.95     | 710.6     |
| Nature du dépôt                                                      |                      | 146.8     | 72.3      | -2.03 | <b>0.047</b> | -267.7     | -26.04    |
| Prix d'achat au kg                                                   |                      | -2.2      | .77       | -2.88 | <b>0.005</b> | -3.76      | -.68      |
| Capital engagé                                                       |                      | 192.19    | 94.84     | 2.03  | <b>0.047</b> | 33.73      | 350.65    |
| Prix de vente/produit importé                                        |                      | -1.56     | .48       | -3.27 | <b>0.002</b> | -2.37      | -.76      |
| Nature des clients                                                   |                      | 212.69    | 113.2     | 1.88  | <b>0.064</b> | -12.3      | 437.7     |
| <b>_cons</b>                                                         |                      | 2614.474  | 1520.138  | 1.72  | <b>0.091</b> | 74.85737   | 5154.09   |
| <b>Maïs : Quantité commercialisée ; R²=0,687</b>                     |                      |           |           |       |              |            |           |
| Etat civil                                                           |                      | -70.43    | 36.11     | -1.95 | <b>0.055</b> | -130.6     | -10.24    |
| Nombre d'enfants                                                     |                      | 33.40     | 19.29     | 1.73  | <b>0.088</b> | 1.2        | 65.55     |
| Nature du produit commercialisé                                      |                      | -385.86   | 208.08    | -1.85 | <b>0.068</b> | -732.7     | -39.00    |
| Le capital engagé                                                    |                      | 146.39    | 39.70     | 3.69  | <b>0.000</b> | 80.2       | 212.57    |
| Le prix de revient                                                   |                      | -2.031    | .98       | -2.08 | <b>0.041</b> | -3.66      | -.40      |
| La clientèle                                                         |                      | 85.96     | 44.04     | 1.95  | <b>0.055</b> | 12.5       | 159.38    |
| <b>_cons</b>                                                         |                      | 3151.537  | 774.1166  | 4.07  | <b>0.000</b> | 1861.151   | 4441.923  |
| <b>Maïs : Fréquence d'approvisionnements hebdomadaires ; R²=0,48</b> |                      |           |           |       |              |            |           |
| Marché fréquenté                                                     |                      | .07       | .036      | 1.96  | <b>0.054</b> | .011       | .13       |
| Lieu d'approvisionnement                                             |                      | .43       | .25       | 1.70  | <b>0.094</b> | .008       | .86       |
| Moyen de transport utilisé                                           |                      | .34       | .19       | 1.81  | <b>0.074</b> | .027       | .66       |
| Etat du produit commercialisé                                        |                      | .95       | .37       | 2.56  | <b>0.013</b> | .33        | 1.57      |
| Prix d'achat au kg                                                   |                      | .002      | .0006     | 3.23  | <b>0.002</b> | .001       | .003      |
| Capital engagé                                                       |                      | .169      | .09       | 1.88  | <b>0.064</b> | .019       | .32       |
| Existence des produits similaires sur le marché                      |                      | -1.41     | .59       | -2.40 | <b>0.019</b> | -2.39      | -.43      |
| Préférence des clients                                               |                      | -.81      | .40       | -2.01 | <b>0.048</b> | -1.48      | -.14      |
| <b>_cons</b>                                                         |                      | -2.920871 | 1.403022  | -2.08 | <b>0.041</b> | -5.259589  | -.582153  |
| <b>Manioc : Qté maximum _kg ; R²=0,40</b>                            |                      |           |           |       |              |            |           |
| Age                                                                  |                      | 77.67     | 33.77     | 2.30  | <b>0.024</b> | 10.54      | 144.80    |
| Distance marché                                                      |                      | -1033.94  | 603.77    | -1.71 | <b>0.090</b> | -2234.19   | 166.31    |
| Moyen de transport utilisé 1*                                        |                      | -264.39   | 295.49    | -0.89 | 0.373        | -851.82    | 323.03    |
| Moyen de transport utilisé 2*                                        |                      | -695.57   | 406.09    | -1.71 | <b>0.090</b> | -1502.86   | 111.73    |
| Capital engagé                                                       |                      | 1 072.27  | 536.93    | 2.00  | <b>0.049</b> | 4.88       | 2 139.66  |
| Disponibilité dépôt                                                  |                      | 2 018.13  | 1 154.48  | 1.75  | <b>0.084</b> | -274.11    | 4 310.37  |
| <b>_cons</b>                                                         |                      | -1524.711 | 1589.444  | -0.96 | <b>0.340</b> | -4684.421  | 1634.998  |
| <b>Pomme de terre ; R²=</b>                                          |                      |           |           |       |              |            |           |
| Structural                                                           |                      |           |           |       |              |            |           |
| Vente <-                                                             |                      |           |           |       |              |            |           |
| Profil                                                               |                      | -768.83   | 825.61    | -0.93 | 0.352        | -2126.84   | 589.18    |
| Ressources mobilisées                                                |                      | 326.74    | 143.09    | 2.28  | <b>0.022</b> | 91.36      | 562.11    |
| Communication                                                        |                      | 730.74    | 377.76    | 1.93  | <b>0.053</b> | 109.38     | 1352.11   |
| Produit                                                              |                      | 39.25     | 149.64    | 0.26  | 0.793        | -206.89    | 285.38    |
| Prix                                                                 |                      | -1.07     | 1.31      | -0.82 | 0.411        | -3.23      | 1.07      |

1: Route; 2: Voie lacustre

Les quantités maximales vendues des produits étudiés dépendent du prix d'achat et de vente, du capital engagé, des taxes et de la fréquence des approvisionnements.

Pour les vendeurs des 4 produits étudiés et leurs dérivés, les facteurs communs qui sont influents sont le capital engagé, le prix et la clientèle. Les équations suivantes en sont tirées:

- Propension de la quantité commercialisée de haricot =  $2614,5 + 503,8 \text{ Secteur activité} + 212,7 \text{ nature client} + 192,2 \text{ Capital engagé} + 146,8 \text{ Nature dépôt} - 2,2 \text{ prix d'achat} - 1,56 \text{ Prix de vente produit importé}$
- Propension à la quantité commercialisée de maïs =  $3151,5 + 146,4 \text{ Capital engagé} + 85,9 \text{ Clientèle} + 33,4 \text{ Nombre d'enfants} - 385,9 \text{ Nature produit commercialisé} - 70,4 \text{ Etat civil} - 2,03 \text{ Prix de revient}$
- Fréquence d'approvisionnement hebdomadaire en produits du maïs =  $-2,92 + 0,95 \text{ Etat du produit} + 0,43 \text{ Lieu d'approvisionnement} + 0,34 \text{ Moyen de transport utilisé} + 0,07 \text{ Marché fréquenté} + 0,002 \text{ prix d'achat} - 1,41 \text{ existence produits concurrentiel} - 0,81 \text{ préférence du client}$
- Propension à la quantité commercialisée des produits du manioc =  $-1524,7 + 2018,1 \text{ Disponibilité dépôt} + 1072,3 \text{ Capital engagé} + 77,7 \text{ âge} - 1033,9 \text{ Distance marché} - 695,6 \text{ Transport voie lacustre}$

### 3.1.1 CARACTÉRISATION DES VENDEURS

Le benchmarking des vendeurs a fait ressortir quatre groupes différents de vendeurs (Figure 2).

Les célibataires chevronnés du groupe 1 vendent au détail les 4 produits. Ils atteignent le maximum du prix d'achat par Kg et du prix de vente. Ils fournissent peu d'efforts pour atteindre le maximum de l'ancienneté dans le métier, de l'âge et du coût total des taxes et autres tracasseries payées. Ils ont un grand écart pour atteindre le maximum du nombre d'enfants et de la fréquence en approvisionnement hebdomadaire.

Le groupe 2 correspond aux jeunes grossistes. Ces vendeurs sont anciens dans le métier. Ils ont un trop faible écart par rapport au maximum du nombre d'enfants pris en charge, de la fréquence des approvisionnements hebdomadaires, du coût des taxes et des autres tracasseries à payer. Ils ont un écart moyen par rapport au maximum du prix d'achat au Kg et du prix de vente. Ils ne sont pas trop âgés.

Le groupe 3 regroupe les intermédiaires appelés aussi des commissionnaires. Ils atteignent le maximum de l'ancienneté dans le métier, le nombre d'enfants pris en charge, la fréquence des approvisionnements hebdomadaires et les coûts des taxes et tracasseries payées. Ils ont un écart moyen par rapport au maximum de l'âge, du prix d'achat au kg et du prix de vente au kg.

Les grossistes âgés forment le groupe 4. Ce sont des vendeurs âgés qui ont un écart moyen avec le maximum de l'ancienneté dans le métier, du nombre d'enfants pris en charge, du prix d'achat au kg, du prix de vente au kilo, de la fréquence des approvisionnements hebdomadaires, du coût total des taxes et des tracasseries payées.

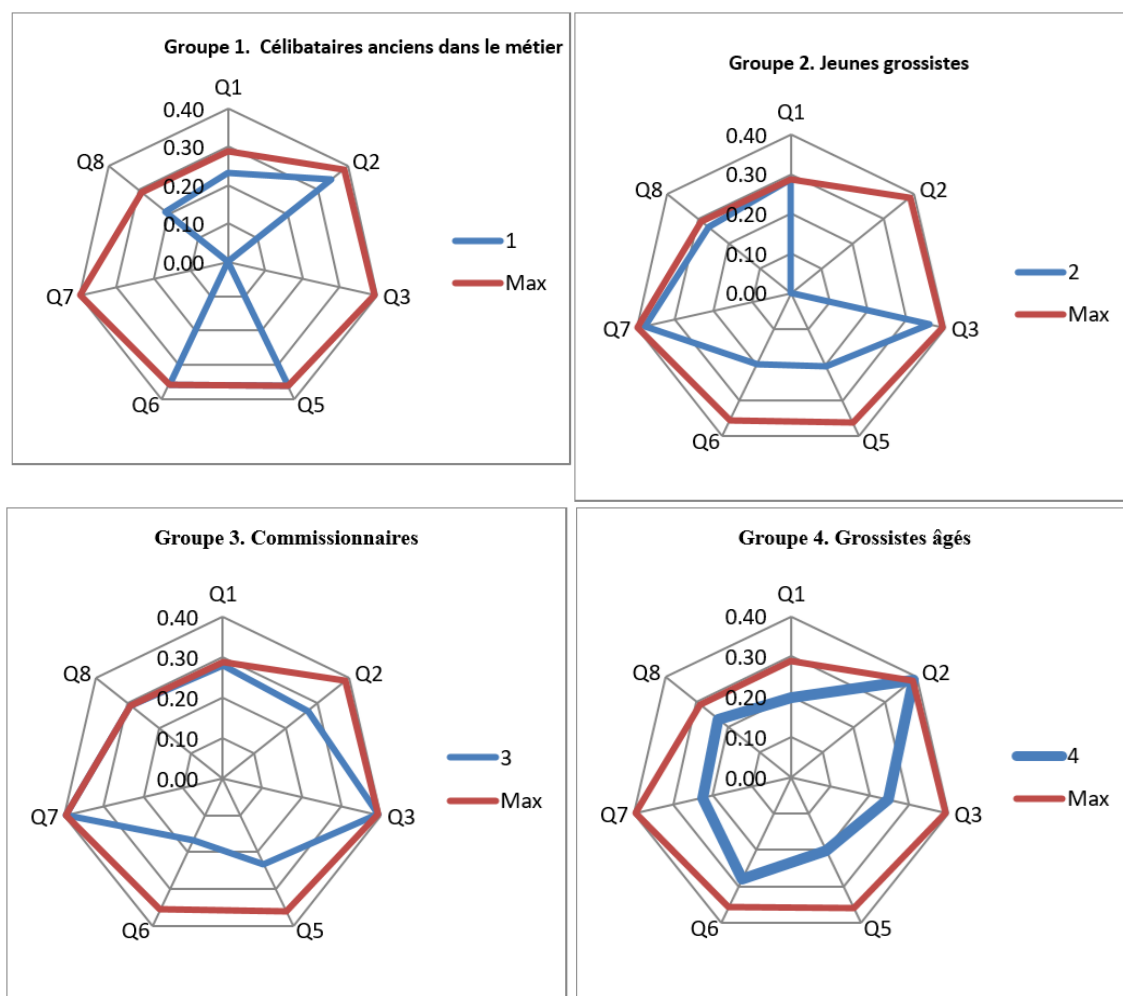


Fig. 2. Les groupes des vendeurs dans la ville de Bukavu

Q1=Ancienneté dans le métier ; Q2=Age ; Q3=Nombre d'enfants en charge ; Q4=Quantité maximum vendue (Kg) ; Q5=Prix d'achat au Kg (FC) ; Q6=Prix de vente(FC) ; Q7=Fréquence des approvisionnements hebdomadaires ; Q8=Coût annuel des taxes et autres tracasseries(\$); Q9=Le prix de vente des produits similaires importés (FC)

### 3.1.2 L'ORDONNANCEMENT INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT DES VENDEURS

L'ordonnement des variables montrent que « l'ancienneté dans le métier et l'âge » dans les marchés de Bukavu et ses environs (Figure 3) sont en première position, suivis du nombre d'enfants, le prix d'achat et la fréquence des approvisionnements hebdomadaires. Le prix de vente et le coût des taxes et tracasseries occupent les dernières préoccupations.

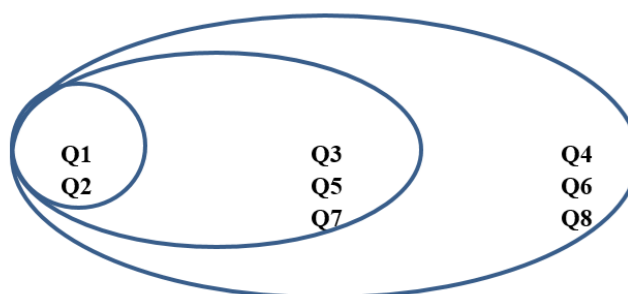


Fig. 3. Ordonnement des variables

Q1=Ancienneté dans le métier; Q2=Age; Q3=Nombre d'enfants en charge; Q4=Quantité maximum vendue (Kg); Q5=Prix d'achat au Kg (FC); Q6=Prix de vente (FC); Q7=Fréquence des approvisionnements hebdomadaires; Q8=Coût annuel des taxes et autres tracasseries (\$); Q9=Le prix de vente des produits similaires importés (FC).

Le Tableau explique dégageant les facteurs influents et dominants parmi les variables quantitatives. C'est sur ces stratégies qu'on peut bâtir toute stratégie chez les vendeurs de quatre produits étudiés.

**Tableau 3. Les facteurs influents et dominants chez les vendeurs**

|    | $X = L/P$ | $Y = L * P$ |
|----|-----------|-------------|
| Q2 | 1,4       | 3,7         |
| Q5 | 1,3       | 2,8         |
| Q1 | 2,3       | 2,3         |
| Q7 | 1,3       | 1,3         |
| Q4 | 0,9       | 1,1         |
| Q8 | 0,8       | 1,3         |
| Q3 | 0,6       | 2,2         |
| Q6 | 0,4       | 2,4         |

$X$  = Facteurs influents et influençables; abscisse > 1

$L$  = Somme en ligne à la matrice stochastique

$Y$  = Facteurs dominants: Ordonnée élevée.

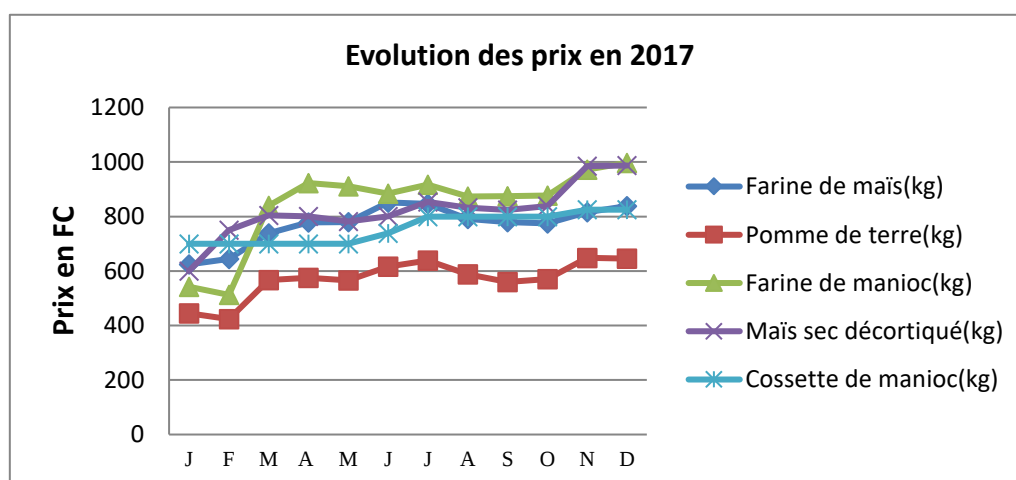
$P$  = Somme en colonne de la matrice stochastique

Pour les vendeurs dans les marchés de la ville de Bukavu, les variables Q2 (l'âge), Q5 (le prix d'achat au kilo) et Q1 (l'ancienneté dans le métier) sont dominantes et influentes. Leur amélioration entraîne des changements importants de ces autres facteurs listés. Le prix et l'ancienneté dans le commerce dictent le comportement d'autres variables.

La variable Q7 (la fréquence des approvisionnements) est influente.

### 3.1.3 EVOLUTION DES PRIX DES PRODUITS EN 2017

Les prix rapportés en 2017 ont évolué comme suit:



**Fig. 4. Situation des prix (FC) du manioc, du maïs et de la pomme de terre en 2017**

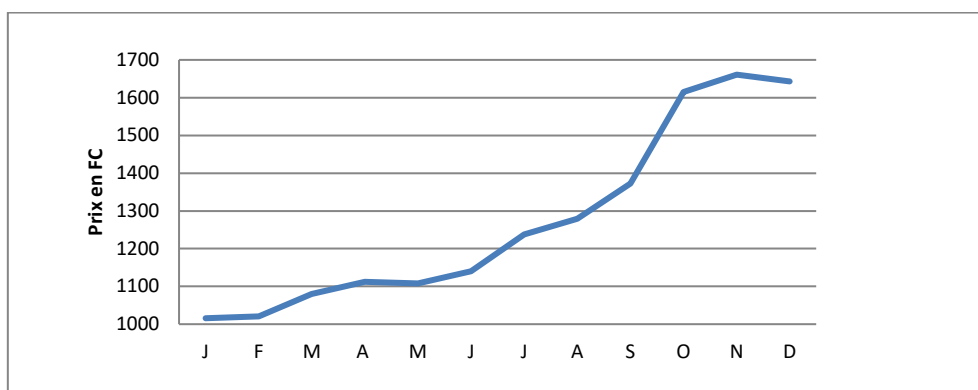


Fig. 5. Situation des prix/kg du haricot multicolore en 2017 (Francs Congolais)

Les prix du haricot, maïs, manioc et de la pomme de terre en 2017 en monnaie locale (FC) ont connu une fluctuation. Dans l'ensemble, on note une montée des prix en fin d'année (novembre-décembre). Les prix ont baissé au début de l'année (janvier et février) et se sont stabilisés durant les autres mois sauf pour la farine de manioc et pour le maïs sec, qui ont connu une montée en novembre-décembre. De son côté, le prix du haricot a montré une tendance ascendante de janvier à septembre avec une forte augmentation en octobre-décembre.

### 3.2 SITUATION DE LA DEMANDE DANS LA VILLE DE BUKAVU

Le tableau 4 montre la situation de la consommation, la demande, les dépenses des ménages par produit dans la ville de Bukavu. Les moyennes expliquées par leurs écarts types sont similaires à celles de son hinterland. Le nombre des ménages est plus élevé en ville que dans son hinterland.

Tableau 4. Situation de la demande dans la ville de Bukavu

| Culture        | Variables               | Observ | Min | Max         | 1er Q     | Méd       | 3e Q      | Moy       | Ecart-type |
|----------------|-------------------------|--------|-----|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                | Repas/Jr                | 313    | 1,0 | 4,0         | 2,0       | 2,0       | 2,0       | 2,1       | 0,0        |
| Haricot        | Nbre/Repas/Semaine      | 313    | 0,0 | 7,0         | 2,0       | 2,0       | 4,0       | 2,9       | 0,1        |
|                | Qté/Ménage/Repas (Kg)   | 313    | 0,0 | 4,0         | 1,0       | 1,5       | 2,0       | 1,7       | 0,0        |
|                | Qté/Semaine (Kg)        | 313    | 0,0 | 18,0        | 2,0       | 4,0       | 7,5       | 4,9       | 0,2        |
|                | Qté/Ménage/An (kg)      | 313    | 0,0 | 936,0       | 104,0     | 208,0     | 390,0     | 257,3     | 10,3       |
|                | Dépenses/Ménage/An (FC) | 313    | 0,0 | 1 560 000,0 | 197 600,0 | 353 600,0 | 624 000,0 | 432 289,0 | 17 816,0   |
|                | Dépenses/Ménage/An (\$) | 313    | 0,0 | 945,5       | 119,8     | 214,3     | 378,2     | 262,0     | 10,8       |
| Manioc         | Repas/Semaine           | 313    | 0,0 | 7,0         | 0,0       | 5,0       | 6,0       | 4,0       | 0,2        |
|                | Qté/Ménage/Repas (Kg)   | 313    | 0,0 | 6,0         | 0,0       | 0,5       | 1,0       | 1,0       | 0,1        |
|                | Qté/Semaine (Kg)        | 313    | 0,0 | 35,0        | 0,0       | 3,0       | 7,0       | 5,2       | 0,3        |
|                | Qté/Ménage/An (kg)      | 313    | 0,0 | 1 820,0     | 0,0       | 156,0     | 364,0     | 269,8     | 17,6       |
|                | Dépenses/Ménage/An (FC) | 313    | 0,0 | 1 856 400,0 | 0,0       | 140 400,0 | 332 800,0 | 236 288,0 | 15 675,0   |
|                | Dépenses/Ménage/An (\$) | 313    | 0,0 | 1 125,1     | 0,0       | 85,1      | 201,7     | 143,2     | 9,5        |
| Maïs           | Repas/Semaine           | 313    | 0,0 | 8,0         | 4,0       | 6,0       | 6,0       | 4,8       | 0,1        |
|                | Qté/Ménage/Repas (Kg)   | 313    | 0,0 | 8,0         | 1,0       | 1,0       | 2,0       | 1,4       | 0,0        |
|                | Qté/Semaine (Kg)        | 313    | 0,0 | 35,0        | 4,0       | 7,0       | 9,0       | 7,5       | 0,3        |
|                | Qté/Ménage/An (kg)      | 313    | 0,0 | 1 820,0     | 208,0     | 364,0     | 468,0     | 388,8     | 15,2       |
|                | Dépenses/Ménage/An (FC) | 313    | 0,0 | 2 184 000,0 | 166 400,0 | 249 600,0 | 399 360,0 | 311 548,0 | 13 623,0   |
|                | Dépenses/Ménage/An (\$) | 313    | 0,0 | 1 323,6     | 100,8     | 151,3     | 242,0     | 188,8     | 8,3        |
| Pomme de terre | Repas/Semaine           | 313    | 0,0 | 7,0         | 0,0       | 0,0       | 1,0       | 0,7       | 0,1        |
|                | Qté/Ménage/Repas (Kg)   | 313    | 0,0 | 7,0         | 0,0       | 0,0       | 2,0       | 1,1       | 0,1        |
|                | Qté/Semaine (Kg)        | 313    | 0,0 | 24,0        | 0,0       | 0,0       | 3,0       | 1,7       | 0,2        |
|                | Qté/Ménage/An (kg)      | 313    | 0,0 | 1 248,0     | 0,0       | 0,0       | 156,0     | 89,7      | 8,9        |
|                | Dépenses/Ménage/An (FC) | 313    | 0,0 | 1 185 600,0 | 0,0       | 0,0       | 140 400,0 | 85 360,0  | 8 507,0    |
|                | Dépenses/Ménage/An (\$) | 313    | 0,0 | 718,5       | 0,0       | 0,0       | 85,1      | 51,7      | 5,2        |

1\$ = 1650 Francs Congolais (FC), Septembre 2019

Les facteurs qui influencent la consommation des 4 cultures étudiées sont différents selon les produits (Tableau 5) et sont présentés en quatre équations économétriques.

Tableau 5. Résultats des régressions sur les facteurs de la consommation des produits étudiés

| Qté payée /semaine _kg                                  | Coef.  | Std. Err. | t     | P>t  | [95% Conf.Interval] |        |
|---------------------------------------------------------|--------|-----------|-------|------|---------------------|--------|
| Haricot : R² =0,984                                     |        |           |       |      |                     |        |
| Qté haricot semaine _kg                                 |        |           |       |      |                     |        |
| commune 2= Bagira                                       | 0,42   | 0,17      | 2,53  | 0,01 | 0,09                | 0,75   |
| Nbre repas /jr                                          | -0,28  | 0,11      | -2,45 | 0,02 | -0,51               | -0,06  |
| Nbre repas haricot / semaine                            | 1,63   | 0,05      | 30,14 | 0,00 | 1,52                | 1,73   |
| Qté haricot /ménage/ repas                              | 2,85   | 0,18      | 15,91 | 0,00 | 2,50                | 3,20   |
| Fréquence achat haricot                                 | -0,10  | 0,06      | -1,77 | 0,08 | -0,21               | 0,01   |
| _cons                                                   | -3,78  | 0,77      | -4,93 | 0,00 | -5,28               | -2,27  |
| Manioc : R² =0,967                                      |        |           |       |      |                     |        |
| Qté farine de manioc /semaine _kg                       |        |           |       |      |                     |        |
| Prix d'achat _kg                                        | -15,32 | 2,58      | -5,94 | 0,00 | -20,41              | -10,24 |
| Vendeur préféré                                         | 0,34   | 0,15      | 2,25  | 0,03 | 0,04                | 0,64   |
| Dépenses du ménage farine manioc semaine                | 1,78   | 0,10      | 17,10 | 0,00 | 1,57                | 1,98   |
| Nbre repas fofou manioc semaine                         | 0,07   | 0,04      | 1,85  | 0,07 | 0,00                | 0,14   |
| _cons                                                   | 8,03   | 1,96      | 4,09  | 0,00 | 4,17                | 11,90  |
| Maïs : R² =0,60                                         |        |           |       |      |                     |        |
| Qté farine de maïs /semaine _kg                         |        |           |       |      |                     |        |
| commune 1= Ibanda                                       | -3,06  | 1,27      | -2,41 | 0,02 | -5,57               | -0,56  |
| commune 2 = Bagira                                      | 1,99   | 0,87      | 2,30  | 0,02 | 0,29                | 3,70   |
| Nbre repas fofou maïs semoule / semaine                 | 1,83   | 0,13      | 14,00 | 0,00 | 1,57                | 2,09   |
| Prix d'achat _kg                                        | 6,09   | 2,83      | 2,15  | 0,03 | 0,52                | 11,67  |
| Qui fixe le prix                                        | 1,00   | 0,57      | 1,75  | 0,08 | -0,13               | 2,13   |
| Préférence semoule de maïs marchés transfrontaliers     | -4,33  | 1,88      | -2,30 | 0,02 | -8,04               | -0,63  |
| Préférence semoule de maïs marchés ruraux périphériques | -4,94  | 1,95      | -2,53 | 0,01 | -8,78               | -1,10  |
| Aucune justification du choix                           | 4,47   | 2,51      | 1,78  | 0,08 | -0,47               | 9,41   |
| Vendeurs préféré                                        | 0,76   | 0,29      | 2,57  | 0,01 | 0,18                | 1,34   |
| _cons                                                   | -9,74  | 4,53      | -2,15 | 0,03 | -18,66              | -0,82  |
| Pomme de terre : R² =0,9895                             |        |           |       |      |                     |        |
| Qté pdterre /an _kg                                     |        |           |       |      |                     |        |
| Nbre repas pdterre /semaine                             | 10,49  | 2,09      | 5,01  | 0,00 | 6,37                | 14,60  |
| Qui fixe le prix                                        | -5,12  | 2,27      | -2,25 | 0,03 | -9,59               | -0,65  |
| Lieu de provenance                                      | -5,94  | 1,64      | -3,62 | 0,00 | -9,16               | -2,71  |
| Cause de la préférence                                  | 2,21   | 1,00      | 2,21  | 0,03 | 0,24                | 4,18   |
| Lieu d'approvisionnement                                | 5,19   | 1,06      | 4,91  | 0,00 | 3,11                | 7,27   |
| Existence de la rareté                                  | -20,66 | 3,26      | -6,34 | 0,00 | -27,08              | -14,24 |
| Existence des mesures pour tous                         | 7,20   | 3,24      | 2,23  | 0,03 | 0,84                | 13,57  |
| Dépenses annuelles du ménage                            | 1,61   | 0,03      | 58,23 | 0,00 | 1,55                | 1,66   |
| cons                                                    | -0,09  | 9,86      | -0,01 | 0,99 | -19,48              | 19,31  |

- Pour le haricot

Les facteurs explicatifs qui influencent significativement la consommation du haricot au sein des ménages de la ville de Bukavu sont l'existence des mesures accessibles à toutes les bourses, les prix, les préférences des ménages, la rareté du produit et la constitution du stock au sein du ménage. Le prix influence le plus dans le choix du consommateur de haricot, suivi des aspects de la préférence. Le mode de stockage et la disponibilité se rapprochent, enfin, dans leur influence sur la consommation. Ci-après l'équation (Tableau 5).

*Qté haricot par semaine = -3,78 + 2.85 haricot\_repas + 1,63 Nbre repasHaricot + 0,42 commune2 - 0,28 NbreRepasJour - 0,10 fréquence achat haricot*

- Pour la farine de manioc

Les facteurs explicatifs qui influencent significativement la consommation de la farine de manioc au sein des ménages de la ville de Bukavu sont les facteurs du profil du ménage, le prix et les préférences des ménages. Les caractéristiques individuelles des représentants des ménages, le prix et les préférences des consommateurs se rapprochent dans leur influence sur la consommation des produits du manioc. Ci-après l'équation (Tableau 5).

*Qté farine de manioc payée par semaine = 8,03+1,78 dépenses farine\_semaine + 0,34 vendeur préféré + 0,07 Nbre repas manioc - 15,32 prix d'achat au kilo*

- Pour le maïs

Les facteurs explicatifs qui influencent significativement la consommation de la farine du maïs au sein des ménages de la ville de Bukavu sont les éléments du profil du ménage, le prix, et la constitution du stock au sein du ménage. La constitution des stocks de provision au sein du ménage influence le plus dans le choix des consommateurs de la farine de maïs. En deuxième position ce sont les caractéristiques individuelles des ménages et en troisième position c'est le prix. Ci-après l'équation (Tableau 5).

*Qté farine maïs payée par semaine = -9,74 +6,09 Prix d'achat + 4,47 Aucune justification de la préférence + 1,99 commune Bagira + 1,83 Nbre repas maïs\_semoule + 1acteur fixant le prix - 4,94 semoule marchés périphériques - 4.33 semoule marchés transfrontaliers - 3,06 commune Ibanda*

- Pour la pomme de terre

La constante n'est pas significative. Les facteurs explicatifs qui influencent significativement la consommation de la pomme de terre au sein des ménages de la ville de Bukavu sont l'existence des mesures accessibles à toutes les bourses, la rareté du produit, certains facteurs du profil du ménage et la constitution du stock au sein du ménage. La constitution des stocks de provisions au sein du ménage influence le plus dans le choix des consommateurs de la pomme de terre. En deuxième position ce sont les caractéristiques individuelles des ménages. La disponibilité du produit sur le marché et l'existence sur le marché des mesures accessibles à toutes les bourses se rapprochent dans leur influence sur la consommation de la pomme de terre. Ci-après l'équation (Tableau 5).

*Qté annuelle payée de pomme de terre = -0,09 +10,49 Nbre repas semaine + 7,2 mesures pour tous + 5,19 lieu approvisionnement + 2,21 cause préférence + 1,61 dépenses annuelles ménage - 20,66 existence rareté - 5,94 lieu de provenance -5,12 acteurs fixant le prix.*

Le nombre de repas hebdomadaire pris pour chaque produit constitue le seul facteur commun qui influence la consommation des quatre produits.

### **3.2.1 CARACTERISATION DES ACHETEURS DES PRODUITS ÉTUDIÉS**

La caractérisation des ménages des acheteurs des produits étudiés au sein de la ville de Bukavu fait ressortir 3 classes (Figure 6).

La classe 1 correspond aux ménages dont les responsables ont un âge moyen, nantis mais nombreuse. Elle regroupe premièrement les ménages qui ont un grand écart par rapport au maximum de la quantité de haricot par semaine (kg); de la fréquence des achats du haricot par semaine; de la quantité de haricot payée (en kg); du prix d'achat d'un sac de 25kg de haricot; des dépenses annuelles par ménage de la farine de manioc (\$); de la quantité payée de la farine de manioc (en kg); du prix d'achat d'un sac de 50 kg de farine de manioc; de la quantité de farine de maïs payée en kg; du prix d'achat par kg de la farine de maïs en \$; du nombre de repas de pomme de terre par semaine; de la quantité annuelle payée de pomme de terre en kg; des dépenses annuelles de pomme de terre en \$ et du nombre de repas pomme de terre au haricot.

Ils ont ensuite un écart moyen par rapport au maximum de l'âge; du nombre de repas par jour; de la quantité de haricot par repas; du nombre de repas de fufou de manioc par semaine; le nombre de repas de fufou de semoule de maïs par semaine; de la quantité de fufou de maïs par repas et de la quantité de pomme de terre au haricot par repas.

Ces ménages atteignent le maximum de dépenses annuelles pour le haricot (en \$); du prix d'achat au kg du haricot; du prix d'achat d'un sac de 50 kg de haricot; de la quantité de fufou de manioc par repas; de la quantité annuelle de farine de manioc en kg; de la fréquence des achats de la farine de manioc; du prix d'achat de la farine de manioc; du prix d'achat du sac de 25 kg de farine de manioc; la quantité annuelle de farine de maïs (en kg); la quantité de de pomme de terre par repas; la fréquence des achats de la pomme de terre; du prix d'achat de la pomme de terre et du prix d'achat d'un sac de 50kg de pomme de terre.

La classe 2 regroupe les ménages moins nantis et dont les responsables sont avancés en âge. Les acheteurs ont un grand écart avec le maximum de/du nombre de repas par jour; la quantité de haricot consommée par semaine (en kg); la fréquence des achats du haricot; le prix d'achat au kg du

haricot; des dépenses annuelles de la farine de manioc en \$; la quantité payée de farine de manioc (en kg); du prix d'achat d'un sac de 25 kg de farine de manioc; du prix d'achat d'un sac de 50 kg de farine de manioc; la quantité annuelle payée de la farine de maïs en kg; la fréquence des achats de la farine de maïs; le prix d'achat au kg de la farine de maïs en \$; des dépenses annuelles en \$ de la pomme de terre; la fréquence des achats de la pomme de terre; du prix d'achat au kg de la pomme de terre en \$; du prix d'achat d'un sac de 50 kg de pomme de terre; du nombre de repas pomme de terre au haricot.

Ces ménages ont un écart moyen par rapport au maximum de/du prix d'achat d'un sac de 25 kg de haricot et du nombre de repas de pomme de terre par semaine

Ces acheteurs ont le maximum de l'âge; de la quantité de haricot par repas; des dépenses annuelles de haricot en \$; de la quantité de haricot payée (en kg); du prix d'achat d'un sac de 50 kg de haricot; du nombre de repas de fufufu de manioc par semaine; de la quantité de farine de manioc payée par semaine; de la quantité de la farine de manioc payée par an (kg); la fréquence des achats de la farine de manioc; du prix d'achat au kg de la farine de manioc; du nombre de repas de fufufu de semoule de maïs par semaine; de la quantité de la farine de maïs par repas; des dépenses annuelles de la farine de maïs en \$; de la quantité annuelle de la pomme de terre (kg); de la quantité de pomme de terre payée en kg; du prix d'achat d'un sac de 25 kg de pomme de terre et de la quantité pomme de terre au haricot par repas.

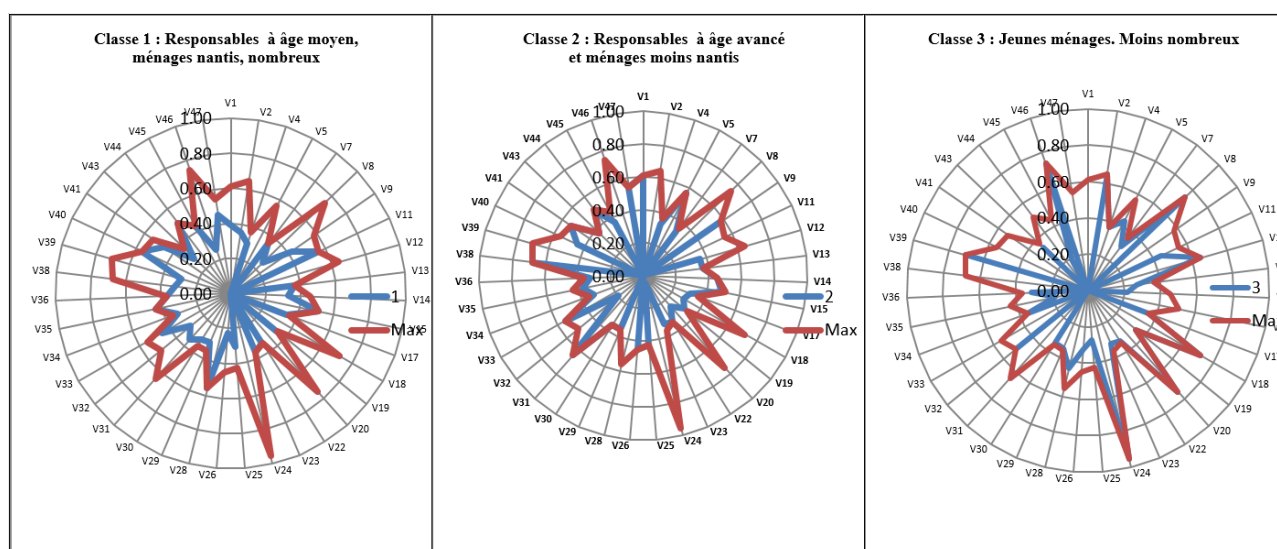


Fig. 6. Les classes des acheteurs des produits étudiés dans la ville de Bukavu et environs

#### Légende

V1=Age; V2=N\_Repas/Jr; V3=N\_RepasHaricot/Semaine; V4=QtéHaricotMénage/Repas; V5=QtéHaricotSemaine\_Kg; V6=QtéHaricot/An\_kg; V7=DépenseMénageHaricot/An\_\$; V8=FréquenceAchatHaricot/semaine; V9=QtéHaricotPaid\_kg; V10=PrixAchat\_KgHaricot\_\$; V11=PrixAchat\_Kg/Haricot\_FC; V12=PrixAchatSac25kg\_Haricot\_FC; V13=PrixAchatSac50kg\_Haricot\_FC; V14=N\_RepasfufufuManiocSemaine; V15=QtéfarineManiocMénage/Repas; V16=QtéFarineManioc/Semaine\_Kg; V17=QtéFarineManioc/An\_Kg; V18=DépensesMénageFarineManioc/\$; V19=FréquenceAchatFarineManioc; V20=QtéFarineManiocPayée\_Kg; V21=PrixAchat\_KgFarineManioc\_\$; V22=PrixAchat\_KgFarineManioc\_FC; V23=PrixAchatSac25kgFarineManioc\_FC; V24=P.AchatSac50kgFarinManiocFC; V25=N\_RepasfufufuMaïs/Semaine; V26=QtéfarineMaïsMénage/Repas; V27=QtéFarineMaïs/Semaine\_Kg; V28=QtéFarineMaïs/An\_Kg; V29=DépenseMénageFarineMaïsA\$; V30=FréquenceAchatFarineMaïs; V31=QtéFarineMaïsPayée\_kg; V32=PrixAchat\_KgFarineMaïs\_\$; V33=PrixAchatSac25kgFarineMaïs; V34=PrixAchatSac50kgFarineMaïs; V35=N\_RepasPdterre/Semaine; V36=QtéPdterre/Ménage\_Repas; V37=QtéPdterre/Semaine\_Kg; V38=QtéPdterre/An\_kg V39=DépenseMénagePdterre/An\$; V40=FréquenceAchatPdterre; V41=QtéPdterrePaid\_kg; V42=PrixAchat\_KgPdterre\_\$; V43=PrixAchat/KgPdterre\_FC; V44=PrixAchatSac25kgPdterre\_FC; V45=PrixAchatSac50kgPdterre\_FC; V46=N\_RepasPdterre+Hari/semaine; V47=QtéPdterre+HaricotMénage/Repas.

La classe 3 est formée de jeunes ménages moins nombreux. Elle regroupe les représentants des ménages qui ont un grand écart avec le maximum de l'âge, de la quantité de haricot payée en kg; du nombre de repas en fufufu de manioc par semaine; de la quantité de farine de manioc par ménage et par repas; des dépenses des ménages en farine de manioc par an en dollars; de la fréquence de l'achat de la farine de manioc par semaine; de la quantité de farine de manioc payée en kg; de la quantité de farine de maïs payée en kg; du prix d'achat d'un sac de 25kg de la farine de maïs; le nombre de repas de pomme de terre par semaine; de la quantité annuelle en kg de pomme de terre; de la fréquence des achats de la pomme de terre; de la quantité de pomme de terre payée (en kg); du prix d'achat d'un sac de 25kg de pomme de terre, du prix d'achat de 50 kg de pomme de terre et de la quantité de pomme de terre au haricot consommée par ménage et par repas.

Ils ont un écart moyen par rapport au maximum de la quantité de haricot payée par semaine en kg; du prix d'achat au kg du haricot; du prix d'achat d'un sac de 50kg de haricot; du prix d'achat d'un sac de 25kg de farine de manioc; du nombre de repas de fufufu de semoule de maïs par

semaine; de la quantité de fufou de maïs par ménage par repas; de la quantité de fufou de maïs par an (en kg) et la quantité de pomme de terre par ménage et par repas.

Ces responsables atteignent le maximum du nombre de repas par jour; de la quantité de haricot consommée par ménage et par repas; des dépenses annuelles en \$ de ménages pour le haricot; de la fréquence des achats du haricot; du prix d'achat d'un sac de 25kg de haricot; de la quantité annuelle en kg de farine de manioc; du prix d'achat au kg de la farine de manioc; du prix d'achat d'un sac de 50 kg de la farine de manioc; des dépenses annuelles des ménages en farine de maïs en US \$; de la fréquence des achats de la farine de maïs; du prix d'achat au kg de la farine de maïs; du prix d'achat d'un sac de 50 kg de farine de maïs; des dépenses des ménages de la pomme de terre en \$; du prix d'achat au kg de la pomme de terre et du nombre de repas pomme de terre au haricot par semaine.

### 3.2.2 L'ORDONNANCEMENT DES VARIABLES INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT DES ACHETEURS

L'ordonnement des variables qui déterminent le comportement des acheteurs dans les ménages de Bukavu et environs a été réalisé (Tableau 6).

Par ordre d'importance, les variables pour lesquelles il faut définir une stratégie sont: le nombre de repas pomme de terre par semaine (V35), les dépenses des ménages en farine de manioc par an en \$ (V18), la quantité de farine de manioc par ménage et par repas (V15), la quantité en kg de farine de manioc par an (V17) et le nombre de repas en fufou semoule de maïs par semaine (V25) qui sont à la fois dominantes et influentes.

Les autres variables influentes par ordre d'importance décroissant sont: la quantité de farine de manioc payée en kg (V20); la quantité de haricot payée en kg (V9); les dépenses du ménage pour le haricot par an en \$ (V7); le prix d'achat d'un sac de 25 kg de la farine de manioc (V23); la fréquence de l'achat du haricot par semaine (8); la quantité de farine de maïs par ménage et par repas (V26); le nombre de repas du fufou de manioc par semaine (V14); le prix d'achat au kg de haricot (V11); a quantité de farine de maïs par an en kg (V28); la quantité de haricot payée par semaine en kg (V5); le prix d'achat au kg de la farine de manioc (V22); la quantité de haricot par ménage et par repas (V4); le prix d'achat d'un sac de haricot de 25kg (V12); le prix d'achat au kg de la farine de maïs par an en dollars (V32); la fréquence de l'achat de la farine de manioc (V19); le prix d'achat d'un sac de haricot de 50kg (V13); l'âge (V1) et le nombre de repas par jour (V2).

*Tableau 6. Ordonnement des variables chez les acheteurs*

| VARIABLES | $X=L/P$ | $Y=L*P$ |
|-----------|---------|---------|
| V35       | 1,3     | 28,4    |
| V18       | 1,3     | 24,2    |
| V15       | 2,8     | 22,4    |
| V17       | 1,8     | 21,8    |
| V25       | 1,7     | 20,5    |
| V20       | 1,1     | 19,9    |
| V9        | 2,1     | 14,9    |
| V7        | 1,7     | 12,5    |
| V23       | 1,4     | 12,0    |
| V8        | 2,8     | 11,1    |
| V26       | 1,6     | 10,4    |
| V14       | 2,9     | 10,3    |
| V11       | 3,4     | 10,1    |
| V28       | 1,3     | 9,6     |
| V5        | 3,0     | 9,5     |
| V22       | 1,4     | 8,9     |
| V4        | 4,8     | 7,7     |
| V12       | 1,3     | 7,6     |
| V32       | 1,2     | 6,7     |
| V19       | 1,2     | 6,6     |
| V13       | 1,1     | 5,6     |
| V1        | 4,0     | 4,0     |
| V2        | 2,7     | 3,5     |

## 4 DISCUSSION

### 4.1 SITUATION DE LA COMMERCIALISATION DANS LA VILLE DE BUKAVU

La commercialisation serait marquée par la concurrence suite à une libéralisation économique forte, le fait que tout le monde se lance dans une économie informelle ou même des acteurs étrangers qui traversent la frontière, ou les grossistes qui vendent aussi au détail.

La ville de Bukavu est considérée comme le principal débouché des produits agricoles importés et de l'excédent de la production locale. Les importations sont supérieures à la demande de la Ville de Bukavu. Le surplus (30 941 550 kg pour le haricot; 67 569 500 kg de maïs; 23 103 880 kg de manioc et 4 109 300 kg de pomme de terre) est vendu aux ménages-revendeurs qui viennent des chefferies du Sud-Kivu montagneux pour couvrir le déficit des ménages ruraux. [12] a conclu que les flux des produits alimentaires, ont montré que les taux de dépendance de l'extérieur restent fort élevés. Estimée à 253 822 personnes en 2018 [13], la population du Sud-Kivu montagneux peut produire par an en moyenne 58 632 882 kg de haricot; 74 192 170, kg de maïs; 114 981 366 kg de manioc et 53 633 378 kg de pomme de terre (Tableau 1). Cette dépendance est liée à une sous-production interne et à l'inexpérience des producteurs; c'est principalement ceux de Kamanyola: ils vendent leur production aux Rwandais qui viennent revendre, parfois, les mêmes produits à Bukavu.

Ce déficit de la production agricole a été déjà prédit par Vwima et al (2013) [8] qui affirment que cette situation s'accroîtra étant donné les limites de l'agriculture du Sud-Kivu à répondre à court terme aux pressions de la demande sans recours aux marchés frontaliers et étrangers. Alors que se nourrir demeure un acte fondamental de survie pour un être humain [14] et l'accès aux aliments est une notion complexe qui englobe plusieurs facteurs relevant autant de l'économie, du social que du physique [15]. Ces importations concurrencent dangereusement les produits locaux et contribuent au déclin structurel de l'agriculture et au déclin relatif du secteur agricole.

#### 4.1.1 LES RELATIONS ÉCONOMÉTRIQUES

Pour le haricot, lorsqu'un individu est grossiste, sa quantité allouée à la vente augmente de 503,78 kg par rapport à un intermédiaire considéré comme référence. Lorsqu'un individu utilise un dépôt en matériaux durables, la quantité stockée par an augmente de 146,8 kg par rapport à un autre qui ne dispose pas d'entrepôt. Lorsque le prix d'achat/kg de haricot augmente d'1\$ dans les lieux d'approvisionnement, la quantité à payer pour la revente diminue de 2,2 kg. Si le capital d'un grossiste augmente d'1\$ us de bénéfice au kilo vendu, la tendance est d'augmenter la quantité à vendre d'une moyenne de 192,2 kg. Lorsque le prix de vente du haricot importé augmente d'un dollar au kilo, la quantité à vendre de haricot diminue de 1,56 kg. Un individu qui vend à des grossistes prévoit une quantité additionnelle de 212,69 kg par rapport à un autre qui vend uniquement aux consommateurs (Tableau 2). Cette quantité couvre les bonus à accorder.

Pour les produits du maïs, si un individu est célibataire, sa quantité destinée à la vente diminue d'une moyenne de 70,43 kg par rapport aux autres statuts matrimoniaux. Et lorsque le nombre d'enfants à charge augmente d'une unité, la quantité commercialisée augmente de 33,4 kg. Lorsqu'un individu vend le maïs grain, sa quantité commercialisée diminue par an d'une moyenne de 385,8 kg par rapport à celui qui vend la farine ou la semoule de maïs. Cette situation peut être justifiée par le déficit en fourniture électrique que connaissent les unités de transformation. Si le capital engagé augmente d'1US\$ de bénéfice au kilo de maïs (sous toutes les formes) vendu, la quantité vendue augmente de 146,4 kg/an. Lorsque le prix de revient augmente d'1US\$, la quantité destinée à vendre diminue de 2 kg. Lorsqu'un individu vend ses produits du maïs à des grossistes, sa quantité a tendance à augmenter de 86 kg par rapport à celui qui vend aux consommateurs (Tableau 2).

Pour les produits du manioc, les vendeurs plus âgés, de par leur expérience, disposent d'une quantité additionnelle moyenne de 77,7 kg par rapport à leurs cadets. Si un grossiste paie sa marchandise plus loin, il réduit sa quantité d'une moyenne de 1034 kg. Celui qui transporte sa marchandise par le lac augmente sa marchandise de 695,6 kg par rapport à celui qui emprunte les sentiers. Lorsque le capital engagé augmente, la quantité vendue augmente aussi. Ceux qui disposent d'un dépôt ont tendance à payer une quantité additionnelle de 2018,1 kg par rapport à ceux qui n'en ont pas (Tableau 2).

Pour la pomme de terre, le facteur latent « ressources » est influencé significativement par les voies de communication utilisées, le capital engagé et la nature du dépôt utilisé. Le facteur latent « communication » est influencé significativement par les relations avec les clients et avec les fournisseurs. La nature de la pomme de terre sur le marché (semence ou de consommation) est influencée significativement par la préférence des clients (Tableau 2).

#### 4.1.2 CARACTÉRISATION DES VENDEURS

Le comportement des grossistes est différent par rapport au prix (Figure 1). Ils ont le souci d'écouler vite et une grande quantité et aller renouveler le stock. Ils sont souples à rabattre le prix pour attirer un plus grand nombre de clients et les fidéliser par de petits avantages (majorer la quantité payée, leur vendre à crédit avec échéance sans intérêt, donner aux clients des produits de bonne qualité, leur donner des collations, des rabais ou des remises, payer la manutention, réduire le prix de vente). La plupart des grossistes ont un âge avancé ou moyen. Ils utilisent les voies de

publicité suivantes: sensibiliser les amis et voisins, informer les clients par message téléphonique, étaler les produits, marquer leurs produits, ouvrir les dépôts chaque jour et à temps.

Les intermédiaires sont des commissionnaires. Soit qu'ils reçoivent des grossistes directement des primes en fonction de la quantité vendue, soit ils gagnent sur le prix de vente des écarts entre les vrais prix fixés par les grossistes et les leurs. C'est des personnes qui, la plupart des cas, n'ont pas de capitaux propres. Ils sont souples à s'interposer entre le grossiste et les clients qu'ils peuvent aller chercher en route ou au quartier. La majorité des détaillants s'approvisionnent dans les marchés locaux.

Par rapport à l'ancienneté et au capital mobilisé, Vwima et al (2013) [8] affirment que plus de 29% des ménage-revendeurs de Bukavu ont débuté cette activité depuis plus de 10 ans et plus de 18% possède une ancienneté comprise entre 5 ans et 10 ans. Les sources de provenance du capital sont nombreuses mais dominées par le don familial (68,8%) et la vente du patrimoine de ménage (17,8%). Seulement moins de 5,2% des ménage-revendeurs ont bénéficié du crédit-fourmisseur et 5,7% ont fait recours au micro crédit. L'infrastructure et les services d'infrastructure favorisent le commerce et ont un impact sur les échanges [16]. En somme, la quantité à vendre dépend en premier lieu du capital, du prix du bien et d'autres biens de substitution, de l'emplacement, de la clientèle et de la sécurité. Ces facteurs ont été retenus par Courade (1996) [17].

#### **4.1.3 ORDONNANCEMENT DES FACTEURS INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT DES VENDEURS**

Généralement le prix se négocie sur place [20] (Schumpeter, 1912). La barre est toujours trop haute et il revient au client de négocier. Celui qui n'a pas négocié tombe dans le filet des vendeurs. Et c'est généralement les jeunes qui fixent trop haut en se basant sur l'apparence du client. Ils n'ont pas un grand capital et veulent gagner vite. Contrairement à l'ordonnement des variables données par les enquêtés, il est plus logique de mettre en tête le prix suivi de l'ancienneté et en dernier lieu l'âge. En concurrence imparfaite, le prix dicte le comportement des acteurs. Même si le prix a tendance à aller du côté du dominant.

Les prix varient avec les unités de mesure utilisées (Tableau 3 et Figure 2). Ce qui serait plus souhaitable c'est revenir à vendre en utilisant le kilo. C'est facile à contrôler mais la plupart de vendeurs n'aiment pas l'utiliser pour deux raisons: échapper à une taxe y relative et gagner sur la négociation. En effet, ils sont rares ceux qui vendent des quantités exactes à la pèse. Soit la balance est dérèglée, soit on effectue des prélèvements difficiles à identifier.

L'ancienneté dans la profession ou l'activité d'achat-vente joue un rôle important. Les plus jeunes ont besoin des « coach » pour les initier et les suivre. Ceux qui n'ont pas d'expérience font facilement des faillites. C'est une autre donne qui confirme l'imperfection du marché.

La fréquence des approvisionnements va de pair avec la clientèle et c'est directement proportionnel. Ceux qui veulent aller de l'avant, investissent dans la fidélisation des clients. Et cela contribue au bénéfice au point qu'il faut des stratégies appropriées. La première combinaison offerte par l'étude est celle de bâtir sa stratégie sur l'amélioration de l'ancienneté dans le métier-le prix d'achat au Kilo-la fréquence des approvisionnements hebdomadaires.

#### **4.1.4 EVOLUTION DES PRIX DES PRODUITS ÉTUDIÉS EN 2017**

La tendance générale des prix de ces produits agricoles (Figure 3 et Figure 4), est ascendante. Le niveau général des prix des produits agricoles sur n'importe quel marché est influencé par des forces du marché (ECOSSIMO) <sup>2</sup> qui incluent les préférences des consommateurs, les prix des produits de substitution, les facteurs affectant le stockage et le transport ainsi que les facteurs affectant les processus de production et les politiques gouvernementales [21]. C'est conforme à ce qui est retenu par Barrène (2002) [24]: lorsque la quantité produite est insuffisante, c'est toujours la marchandise produite dans les plus mauvaises conditions qui règle la valeur du marché. Les prix agricoles sont déterminés par l'équilibre entre l'offre et la demande au fil des temps. Comme la demande augmente, un nouveau prix est toujours déterminé après que tous les ajustements à la nouvelle demande se soient réalisés.

En ce qui concerne le circuit de l'importation de ces produits agricoles à Bukavu, l'étude a conclu avec Vwima (2014) [12] qu'une partie importante vient de l'Ouganda via le Rwanda (farine de maïs), du Nord-Kivu via le Rwanda (pomme de terre, haricot), de l'île d'Idjwi (farine de manioc), de la plaine de la Ruzizi via le Rwanda (maïs), des marchés lacustres occasionnels à Katana, Kabamba, Iko, Kalehe, Birava. Le rôle des infrastructures routières délabrées et des tracasseries ainsi que d'autres coûts de transaction constituent les raisons de cette émergence de nouveaux segments des chaînes de valeur des produits.

En somme, la forte dépendance de la commercialisation de ces produits de l'extérieur est aussi justifiée par une absence des politiques agricoles avec des mesures d'encadrement clairement définies. Des textes peuvent exister; la mise en application effective, suivie et objectivement évaluée manque. L'impunité et la mauvaise gouvernance sont des défis réels.

---

<sup>2</sup> <http://www.ecossimo.org/>

## 4.2 SITUATION DE LA CONSOMMATION DANS LES MÉNAGES DE LA VILLE DE BUKAVU

Le haricot local consommé à Bukavu est beaucoup concurrencé par celui en provenance du Nord-Kivu et du Rwanda. Pour Vwima (2014) [12], la pomme de terre, à part le problème lié à la conservation, n'entre pas dans les habitudes alimentaires de la population du Sud-Kivu montagneux. Beaucoup de produits de base sont considérés comme des produits indispensables qui doivent être achetés quelles que soient les variations de prix [18]. Quoi qu'il en soit, les variations de prix des produits de base sont à peine perceptibles au niveau de la vente au détail, car le prix des produits de base ne représente généralement qu'une petite fraction du prix de détail des produits transformés.

Le ménage de la ville de Bukavu (Tableau 1) prend en moyenne 2 repas par jour comme l'a constaté aussi le PNUD (2017) [19]: le déjeuner et le souper. Les représentants des ménages ont estimé qu'ils prennent 3 repas de haricot par semaine, 4 repas de fufou du manioc par semaine, 5 fois le fufou de maïs par semaine et 1 repas par semaine de pomme de terre. A la consommation, ces produits sont toujours accompagnés de condiments pour avoir une diète équilibrée. Les quantités moyennes par repas ont été estimées à 1,7kg pour le haricot; 1kg pour la farine de manioc; 1,4 kg de farine de maïs et 1,1 kg de pomme de terre. Conformément à la table CINQUAL [20], ces produits peuvent apporter à un ménage de 8 personnes (Cirimwami et al, 2016) 724,6 kcal/pers/repas pour le haricot, 422,5 kcal/pers/repas pour le fufou de manioc, 635,3 kcal/pers/repas pour le fufou de maïs et 92,1 kcal/pers/repas pour un repas de pomme de terre. L'optimum de 1 800 kcal n'est pas atteint par la moyenne des ménages. Comparativement à la situation vécue dans le Sud-Kivu montagneux (Tableau 4), les ménages de la ville de Bukavu dépensent en moyenne 22US\$ par mois pour le haricot; 12US\$ pour la farine de manioc; 15,75US\$ pour la farine/semoule de maïs et 4,3US\$ pour la pomme de terre pour un revenu moyen mensuel estimé à 143,6 US\$ [21] soit 37,6% du revenu mensuel.

### 4.2.1 LES ÉQUATIONS ÉCONOMETRIQUES DE LA CONSOMMATION

Pour la consommation hebdomadaire du haricot (Tableau 5), un ménage qui habite Bagira réalise par semaine 0,42kg de plus par rapport à celui de Kadutu pris comme référence parce que les pesées ne sont pas étalonnées de la même façon. Lorsque le nombre de repas journaliers du ménage augmente de 1, la quantité de haricot payée par semaine diminue de 0,3 kg parce qu'on va faire des diètes mélangées. Mais lorsque le nombre de repas en haricot par semaine augmente de 1, la quantité de haricot payée par semaine augmente de 1,6 kg. Quand il augmente de 1 repas haricot par jour, le ménage paie 3 kg additionnels de haricot par semaine. Quand la fréquence d'achat de haricot augmente de 1, la quantité payée de haricot diminue de 0,1 kg par semaine parce que le haricot sera pris comme accompagnement.

Pour la consommation du fufou de maïs (Tableau 5), il apparaît que lorsqu'un individu est localisé dans la Commune d'Ibanda, sa demande hebdomadaire pour la farine de maïs diminue de 3 kg par rapport à celui qui habite Kadutu, pris pour référence. Par contre, pour celui qui habite Bagira, sa demande hebdomadaire en farine de maïs augmente de 2 kg. Cette différence est liée à la moyenne de personnes par ménage et par Commune habitée: 9 à Bagira et 7 à Ibanda [21]. Lorsque le prix augmente de 1\$, la quantité payée par semaine augmente de 6 kg en prévention de la flambée. La plupart de fois, le prix unitaire monte et descend rarement. Il peut se stabiliser et monter encore. Lorsque le nombre de repas du met fufou de maïs/semoule de maïs augmente de 1, la quantité de farine/semoule de maïs payée augmente de 1,8kg. C'est principalement à l'occasion des fêtes et cérémonies sociales (visiteurs, mariages, deuils, diplômes, etc.). Ceux qui préfèrent consommer la semoule de maïs en provenance des marchés transfrontaliers et Kamanyola consomment 4 kg de moins par semaine par rapport à ceux qui n'ont pas de préférence à cause du retard occasionné par la DGDA. Ceux qui préfèrent consommer la semoule de maïs en provenance des marchés urbains payent 5 kg de moins par rapport à ceux qui n'ont pas de préférence à cause du prix. Les acheteurs qui n'ont aucune justification de la préférence payent une quantité additive de 4,5kg par rapport à ceux qui en ont. Ceux qui payent la farine auprès des clients préférés reçoivent 0,76 kg de plus à titre de cadeau. Quand le prix est fixé par l'acheteur, il paie 1 kg de plus que prévu.

En ce qui concerne la farine de manioc (Tableau 5), lorsque le prix d'achat/kg augmente de 1 US\$, la quantité consommée de farine de manioc par semaine diminue de 15kg. Les ménages sont tournés à ce moment vers des produits de substitution. Ceux qui préfèrent payer la farine de manioc auprès des dépositaires reçoivent une quantité additionnelle de 0,3kg par rapport à ceux qui n'ont aucune préférence. Lorsque les dépenses en farine de manioc par semaine augmentent de 1 US\$, la quantité payée par semaine augmente de 1,8kg pour prévenir la hausse de prix. Ceci va de pair avec toute augmentation du revenu. Lorsque le nombre de repas en fufou de manioc par semaine augmente, la quantité demandée de farine de manioc augmente de 100 gr. Les vendeurs des produits étudiés accordent à leurs clients différents avantages fondés sur la quantité payée et la fréquence des transactions.

Pour la pomme de terre, lorsque le nombre de repas augmente de 1, la quantité payée par semaine augmente de 10,5kg. Quand le prix est fixé par le vendeur, la quantité annuelle de ce produit diminue de 5,1kg. Lorsque le marché est inondé de la pomme de terre produit localement, la quantité annuellement payée diminue de 6 kg. Ce comportement est justifié par le fait que la production locale a une teneur en eau élevée qui cause la pourriture en stock et exige des efforts de séchage. Par contre, quand il existe une justification de la préférence, la quantité annuelle de la pomme de terre augmente de 2,2 kg. Lorsque le marché est inondé de la pomme de terre produite au Nord-Kivu ou du Rwanda, la quantité payée par le ménage augmente de 5,2kg. Pendant la période de rareté, la quantité payée diminue de 21 kg par an. Lorsqu'il y a des mesures pour tous, la quantité payée augmente de 7,2 kg/an. Lorsque les dépenses annuelles du ménage augmentent de 1\$, la quantité de la pomme de terre payée par an augmente de 1,6kg.

#### **4.2.2 CARACTERISATION DES ACHETEURS DES PRODUITS ÉTUDIÉS**

Les ménages dont le panier du bien-être (PBE) dépasse la moyenne retenue dans la ville de Bukavu (716 US\$/mois) tel que retenu par les dernières études de la CARITAS-Développement Bukavu (2009) sont classés parmi les nantis (Figure 5, groupe 1). La majorité s'approvisionne dans les marchés urbains. Ils ne négocient pas le prix et ne s'approvisionnent que lorsque le stock constitué est terminé. Leurs dépenses sont toujours au top. Ils peuvent payer au-delà de 50 kg de pomme de terre car disposant des possibilités de stockage et de conditionnement. Dans ce groupe on peut classer les membres du gouvernement provincial, les députés provinciaux, les commerçants, les dirigeants d'ONG-D, dans les ONG-I, les médecins, les magistrats, les hauts gradés de la police et de l'armée qui ont des responsabilités, les internats et les Professeurs d'université; peu importe la Commune habitée.

Par contre, les ménages dont les responsables ont un âge avancé (Figure 5, groupe 2) sont classés parmi les moins nantis. Ils s'approvisionnent dans les marchés populaires car on négocie le prix. Ils ont un repas riche en haricot parce que ce produit peut être consommé seul ou comme un accompagnement du riz, du fufu, des patates douces ou de la pomme de terre. Ils ont également un repas riche en fufu de manioc parce que commun à la majorité d'habitudes alimentaires des peuples installés au Sud-Kivu. On voit ce dernier temps la semoule de maïs être consommée à la même préférence avec la farine de manioc car le mélange de ces deux donne un met devenu quotidien. Ces ménages achètent, rarement pour constituer le stock en famille, une quantité supérieure à 25 kg de pomme de terre. Chez eux la fréquence de la consommation de haricot au fufu de manioc mélange à la semoule de maïs ou avec la pomme de terre car le prix est abordable. C'est d'ailleurs ce qu'on qualifie localement de repas des pauvres. Dans cette classe on peut aussi classer les ménages des fonctionnaires de l'Etat, les enseignants, les autres vulnérables, les soldats et policiers et ceux qui font un petit commerce de survie.

Les ménages moins nombreux et dont les responsables sont jeunes atteignent facilement 3 repas par jour car les bouches à nourrir ne sont pas élevées (groupe 3). Ils peuvent consommer plus que les autres ménages si l'on tient compte de la diète pour une personne. Ils ont généralement des repas riches en fufu de maïs et pomme de terre. Le revenu est moyen et ils dépensent avec moins de peine. On peut classer dans ce groupe les scientifiques, ceux qui travaillent dans les ONG -D, les Chefs de division, les couvents,... En clair, la clientèle est certaine.

#### **4.2.3 ORDONNANCEMENT DES VARIABLES QUI INFLUENCENT LE COMPORTEMENT DES ACHETEURS**

En ce qui concerne l'ordonnement des variables qui déterminent le comportement des acheteurs des produits étudiés dans la ville de Bukavu (Tableau 6), il y a un besoin de définir des mesures pour améliorer la production et la consommation de la pomme de terre. C'est un produit considéré comme rare et de luxe dont la demande ne cesse d'augmenter. La Ville de Bukavu est considérée comme une ville des fêtes. A toutes les fêtes, à la tête des menus on a toujours les frites de pomme de terre ou la pomme sautée. C'est une culture considérée comme « cash crops » et rentable pour ceux qui ont adopté l'intensification. Pendant la période de récolte, son prix diminue mais la demande des ménages ne change pas trop car les consommateurs présumant qu'ils ne seront pas rassasiés comme ce serait le cas de ceux qui ont pris du fufu ou du riz. Le fufu de manioc est trop demandé mais la tendance est celle de le remplacer par la semoule de maïs depuis que le manioc est en disparition à cause de la mosaïque africaine. C'est pour cette raison que la quantité payée pour la farine de manioc a une tendance croissante. Le prix a une tendance décroissante à cause des importations incontrôlées.

### **5 CONCLUSION**

Les marchés locaux sont caractérisés par une concurrence imparfaite car non seulement l'information est imparfaite, mais aussi les coûts de transaction sont élevés, parfois arbitraires et gênent l'arbitrage dans la chaîne de commercialisation. Il existe une liberté d'entrée et de sortie dans le marché mais l'information n'est pas connue de la même façon et accessible à tous sur tous les marchés. Il existe sur le marché plusieurs vendeurs, plusieurs acheteurs mais les produits sont hétérogènes. Le prix des produits agricoles sur le marché ne sont pas stables et pour cause: la dévaluation de la monnaie locale, des taxes imprévisibles et une sur-taxation, la multiplicité des services de taxation sur un même produit, la liberté dans la fixation des prix par les acteurs, des fournisseurs et/ou grossistes à la fois détaillants (concurrence déloyale), un choix des produits dicté par la provenance. Ce qui pour Keynes [32] est un libre jeu de marché qui n'induit pas automatiquement au retour à l'équilibre. Schumpeter [33] estime que la concurrence imparfaite est nécessaire au bon fonctionnement du système capitaliste, dans la mesure où elle stimule l'innovation. La situation d'oligopole vécue dans le milieu est provoquée par la concentration des producteurs. Elle leur permet d'atteindre la taille critique afin d'augmenter le rendement, de réaliser des économies d'échelle et de dégager des gains de productivité. Les offreurs possèdent, ainsi, un pouvoir résultant de leur domination et d'une forte demande. L'oligopole est dangereux pour les consommateurs dans la mesure où les rares acteurs présents sur ce marché peuvent être tentés de s'entendre sur les prix qu'ils imposent aux acheteurs.

Les déterminants de la consommation qui sont communs aux quatre produits étudiés sont le prix du marché, le revenu/richeesse du consommateur, les prix d'autres biens et services substituables, les biens et services complémentaires, les goûts/préférences des clients ainsi que la charge familiale. La quasi-totalité des consommateurs ont les mêmes comportements face aux biens de première nécessité.

Les facteurs latents déterminants (à confirmer par une étude complémentaire) pour la propension de l'agrobusiness familial sur le haricot et le maïs sont le profil, les infrastructures, les ressources utilisées, les technologies de production utilisées, l'orientation entrepreneuriale et la commercialisation. Les facteurs latents déterminants de la propension de l'agrobusiness familial sur le manioc sont les ressources mobilisées et les infrastructures. Les facteurs latents déterminants de la propension de l'agrobusiness familial sur la pomme de terre sont les infrastructures, l'orientation entrepreneuriale, la commercialisation et les techniques de production.

## REFERENCES

- [1] Brondeau, F. (2012), Agrobusiness et développement agricole. Quels enjeux pour quelles perspectives? Le cas de la zone Office du Niger, Mali, HAL, 20p.
- [2] FAO (2018), La situation des marchés des produits agricoles 2018. Commerce agricole, changement climatique et sécurité alimentaire. Rome: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2018. ISBN 978-92-5-130835-6.
- [3] FIDA (2015), Rapport sur la petite paysannerie, En Ligne sur Google.
- [4] Mosher, A. (2013), Clin d'oeil sur la production agricole, Closer, 49 p.
- [5] Makhourdia, D. (2013), Commerce international des produits vivriers et règles de libre-situation, Rapport.
- [6] Said (2009), Caractéristique de l'environnement économique du commerce des produits vivriers, 44 p.
- [7] Mastaki, N. (2006), Le rôle des goulots d'étranglement de la commercialisation dans l'adoption des innovations agricoles chez les producteurs vivriers du Sud-Kivu (Est de la RD Congo), Thèse, PhD, Bruxelles, Gembloux, 267p.
- [8] Vwima, S., Mastaki J.L. et Lebailly P. (2013), «Le rôle du commerce frontalier des produits alimentaires avec le Rwanda dans l'approvisionnement des ménages de la ville de Bukavu (Province du Sud-Kivu)», Les Cahiers de l'association Tiers-Monde, 28: pp 27-40.
- [9] Arhengerwa, D. (2011), La pomme de terre dans le Nord et Sud-Kivu, Rapport.
- [10] De Faily, D. (2000), «L'économie du Sud-Kivu 1990-2000: mutations profondes cachées par une panne», L'Afrique de Grands lacs, Annuaire 1999-2000: pp 161-188.
- [11] Luhiriri, D. (2013), L'augmentation de la demande alimentaire, impulsion nouvelle à la commercialisation de la production vivrière. En Ligne sur Google, consulté le 14/7/2019.
- [12] Vwima, S. (2014), Le rôle du commerce frontalier des produits alimentaires avec le Rwanda dans l'approvisionnement des ménages de la ville de Bukavu (Province du Sud Kivu), Thèse de Doctorat. Belgique, Université de Liège/Gembloux Agro-Bio Tech, 170 p.
- [13] INS (2018), Statistiques de la population de la ville de Bukavu, Rapport.
- [14] Ringdon, E.E. (1998), «Structural equation modeling», Modern methods for business research. GA Marcoulides, Lawrence Erlbaum Associates Publishers: pp 251-294.
- [15] Pouliot, N. (2008), Etude exploratoire de l'accessibilité physique aux aliments dans la région de la capitale-Nationale, Québec, Université Laval, 254 p.
- [16] Nyahoho, E. et Proulx, P.P. (2006). Le commerce international: théories, politique et perspectives industrielles, 3e édition, Québec, Presses de l'Université du Québec, 824 p.
- [17] Courade, G. (1996), «Entre libéralisation et ajustement structurel: la sécurité alimentaire dans un étau», Cahiers Agricultures, 5: 221-7.
- [18] FAO (2004), La situation des marchés des produits agricoles, Groupes des ventes et de la commercialisation. Rome, Italie, 63 p.
- [19] PNUD et USAID (2012), Profil de la Province du Sud-Kivu, Rapport.
- [20] FAO (2003), Les bilans alimentaires. Manuel. Rome, 92 p.
- [21] Cirimwami K., Kabobya, B. et Shamavu, M. (2016), «Analyse de la pauvreté dans les ménages de la ville de Bukavu de 2003 à 2014 ». Cahier du CERPRU n°21bis, ISDR Bukavu, pp 123-138.

## Déterminants du succès de l'agrobusiness familial dans le Sud-Kivu montagneux en République Démocratique du Congo

### [ Determinants of the success family agrobusiness in mountainous South Kivu in the Democratic Republic of Congo ]

*Jean-Pierre Kashangabuye Cirimwami*

Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

---

Copyright © 2024 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:** Local markets in mountainous South Kivu are characterized by imperfect competition because not only is information imperfect, but also transaction costs are high, sometimes arbitrary and hinder arbitrage in the marketing chain. The prices of agricultural products on the market are not stable. The oligopoly situation experienced in the sector is caused by the concentration of producers. Suppliers thus have power resulting from their domination and strong demand. Oligopoly is dangerous for consumers to the extent that the few players present in this market may be tempted to agree on the prices they impose on buyers. Thus, the latent factors determining the success of agribusiness in beans and corn are the profile, infrastructure, resources used, production technologies used, entrepreneurial orientation and marketing. The latent factors determining the success of cassava agribusiness are the resources mobilized and infrastructure. The latent factors determining the success of potato agribusiness are infrastructure, entrepreneurial orientation, marketing and production techniques. The variable exploited and secured surface area proved to be discriminatory for family agribusiness. Apart from the cultivation of potatoes considered as cash crops on any surface area, only medium and large producers can boast of doing agribusiness on beans, corn and cassava. The direct use of land covered by official and lasting titles offers more guarantee than usufruct for family agribusiness. In addition to land guarantees, the common latent factors for doing family agribusiness are the personal characteristics of the producer, infrastructure, resources used, production technologies used, entrepreneurial orientation and marketing.

**KEYWORDS:** Mountainous South Kivu, imperfect competition, oligopoly situation, determinants of agribusiness success, family agribusiness.

**RESUME:** Les marchés locaux dans le Sud-Kivu montagneux sont caractérisés par une concurrence imparfaite car non seulement l'information est imparfaite, mais aussi les coûts de transaction sont élevés, parfois arbitraires et gênent l'arbitrage dans la chaîne de commercialisation. Le prix des produits agricoles sur le marché ne sont pas stables. La situation d'oligopole vécue dans le milieu est provoquée par la concentration des producteurs. Les offreurs possèdent, ainsi, un pouvoir résultant de leur domination et d'une forte demande. L'oligopole est dangereux pour les consommateurs dans la mesure où les rares acteurs présents sur ce marché peuvent être tentés de s'entendre sur les prix qu'ils imposent aux acheteurs. Ainsi, les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur le haricot et le maïs sont le profil, les infrastructures, les ressources utilisées, les technologies de production utilisées, l'orientation entrepreneuriale et la commercialisation. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur le manioc sont les ressources mobilisées et les infrastructures. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur la pomme de terre sont les infrastructures, l'orientation entrepreneuriale, la commercialisation et les techniques de production. La variable superficie exploitée et sécurisée s'est avérée discriminatoire pour faire l'agrobusiness familial. A part la culture de la pomme de terre considérée comme cash-crops sur n'importe quelle superficie, seuls les moyens et les grands producteurs peuvent se prévaloir de faire de l'agrobusiness sur le haricot, le maïs et le manioc. Le faire-valoir direct des terres couvertes par des titres officiels et durables offre plus de garantie que l'usufruit pour

faire de l'agrobusiness familial. En plus des garanties foncières, les facteurs latents communs pour faire l'agrobusiness familial sont les caractéristiques personnelles du producteur, les infrastructures, les ressources utilisées, les technologies de production utilisées, l'orientation entrepreneuriale et la commercialisation.

**MOTS-CLEFS:** Sud-Kivu montagneux, concurrence imparfaite, situation d'oligopole, déterminants du succès de l'agrobusiness, agrobusiness familial.

## 1 INTRODUCTION

L'adoption des techniques de l'intensification agricole n'est pas automatiquement synonyme de l'adoption de l'agrobusiness familial. Un ménage peut bien produire mais pas nécessairement pour créer un revenu. Par contre, on ne peut pas envisager développer un agrobusiness familial sans intensifier la production. Même si le bilan actuel de la « révolution verte » basée sur la modernisation des exploitations familiales et l'intensification de la production est finalement très mitigé sinon inquiétant [1]. L'agriculture, secteur primaire d'activités est l'un des piliers qui booste l'économie et changement social d'une nation. Selon le Fonds International de Développement Agricole [2], le monde compte près de 500 millions de petits exploitants agricoles, et la petite paysannerie permet de faire vivre plus de deux milliards de personnes. Le commerce international des produits vivriers et les règles du libre-échange qui le commandent ne sont pas adaptés au secteur agricole en général et menacent la survie de petits agriculteurs [3]. Son environnement économique se caractérise par un niveau élevé des risques et d'incertitudes. L'environnement institutionnel, quant à lui, se caractérise par l'existence de pratiques réglementaires inadaptées ainsi que de taxations abusives [4]. Le Sud-Kivu montagneux à l'Est de la RDC continue à être une des plaques tournantes du commerce transfrontalier [5], avec une forte dépendance de son économie alimentaire du Rwanda, du Burundi, de l'Ouganda et de la province du Nord-Kivu. Les acteurs impliqués dans les filières maïs, manioc, pomme de terre et haricot, font face aux défis ci-après: faible connaissance en entrepreneuriat agricole, pratiques agricoles rudimentaires; marché non organisé et non contrôlé; faible connectivité entre acteurs de la chaîne de valeur; financement agricole pas accessible à un bon nombre d'acteurs œuvrant dans le secteur; infrastructures/routes de dessertes agricoles en mauvais état [6], les sols sont de plus en plus épuisés, les autres ressources de ménages (surtout ruraux) sont trop faibles pour un investissement agricole conséquent [7]. Cinq décennies de « développement » et trois décennies des politiques néolibérales ont eu pour effet d'augmenter les disparités entre petites et grandes exploitations au détriment des paysans et de l'environnement. La contrée sous étude a connu énormément d'intentions de politiques agricoles et des campagnes agricoles pour les cultures vivrières en dépit desquelles leur importation bat son record. L'augmentation de la demande alimentaire a donné une impulsion nouvelle à la commercialisation de la production vivrière. Cependant, l'acheminement des produits agricoles des zones de production vers les marchés urbains et leur distribution entre les marchés primaires et les marchés de gros posent problème [8]. La meilleure façon de faciliter les échanges serait l'incitation à la production locale tout en amoindissant les coûts des transactions et/ou de transport, faciliter la commercialisation tout en éradiquant la concurrence déloyale des produits importés. Certes, le paysan vit principalement de l'agriculture et toute sa situation économique en dépend par le biais des échanges avec les milieux urbains, mais l'agriculture paysanne malgré son assiduité aux activités agricoles ne parvient pas toujours à satisfaire la demande urbaine [3].

La présente étude a eu comme objectif global de faire une analyse du succès de l'agrobusiness familial basé sur certains produits agricoles vivriers (manioc, maïs, haricot et pomme de terre) au Sud-Kivu montagneux. De manière spécifique, elle a analysé les déterminants de l'agrobusiness familial et Identifié des stratégies y relatives dans les régions voisines en vue d'en dégager un modèle optimal.

## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Les données de cette étude concernent les 3 zones agro écologiques que sont la basse altitude (<1000m); la moyenne altitude (1001-1400 m) et la haute altitude (1400m et plus) de la Province du Sud - Kivu. Les ménages enquêtés sont ceux de la région culturelle du Bushi répartis sur 3 territoires suivants: Kabare, Mwenga et Walungu qui couvrent 5.039 km<sup>2</sup> situés dans la zone 2°latitude Sud et 28° à 29° de longitude Est.

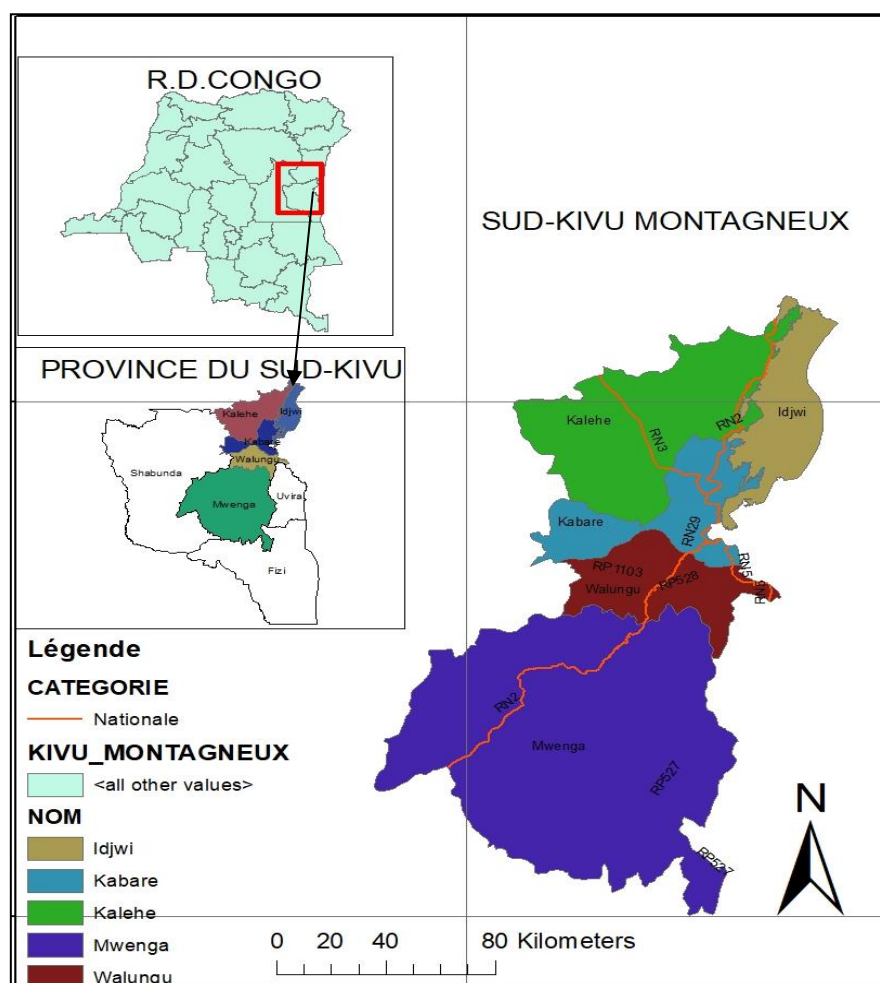


Fig. 1. Le milieu d'étude

Source: l'auteur

## 2.2 MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

Il a été question de vérifier l'affirmation selon laquelle « le succès de l'agrobusiness familial des produits étudiés dépend étroitement de 6 facteurs déterminants ».

L'étude a fait recours à un échantillon raisonné et non aléatoire. Un questionnaire a été remis aux producteurs qui exploitent au moins 0,50 ha pour le haricot, le maïs et le manioc, la polyculture étant dominante. La pomme de terre étant considérée comme une culture de rente, le questionnaire a été remis aux petits, moyens et grands producteurs. Ces producteurs ont été identifiés à partir de la base de données sur l'adoption des technologies de l'intensification au sein de Chefferies Burhinyi, Kabare, Kaziba, Luhwinja et Ngweshe pour une étude de confirmation. Le choix des villages et des groupements a été guidé par la même base de données. Leurs informations ont été couplées à celles récoltées auprès des producteurs expérimentés en agrobusiness familial à Idjwi (pour le manioc), à Kalehe et Minova (pour les 4 cultures) et à Kamanyola dans la Plaine de la Ruzizi (pour le haricot, le maïs et le manioc).

Cet échantillon a été réparti comme suit: 79 ménages pour le haricot, 112 ménages pour le maïs et 79 ménages pour le manioc, 79 ménages qui exploitent la pomme de terre. L'enquête auprès des producteurs a été réalisée au deuxième semestre de l'année 2019.

Les variables latentes ayant fait l'objet de l'analyse confirmatoire sur SPSS sont les caractéristiques individuelles de l'exploitant, les techniques de production, les infrastructures, la commercialisation, l'investissement et/ou ressources, l'orientation entrepreneuriale et le développement de l'agrobusiness familial pour chaque culture sous étude. L'étude a retenu, après une analyse factorielle confirmatoire, les variables suivantes par culture et par composante.

Pour le haricot, l'étude a retenu les variables ci-après: les caractéristiques individuelles de l'exploitant (le sexe, l'appartenance à une association et le niveau d'instruction), les techniques de production (le système de culture et l'adoption de l'utilisation des produits phytosanitaires), les infrastructures (l'existence du marché, les voies d'accès au marché et la taille du marché), la commercialisation (la concurrence, le type de produit vendu, le type d'acheteur, qui fixe le prix de vente, l'existence des cas de mévente et le niveau de satisfaction des clients), l'investissement et/ou ressources (l'évolution du capital engagé, l'évolution de l'épargne et le type de la main d'œuvre utilisée), l'orientation entrepreneuriale (la capacité d'innover, la bonne collaboration avec les acteurs, le travail en équipe, le travail en synergie, l'orientation pour le futur, l'existence d'une patience, la possession d'un compte en banque, la planification, les stratégies pour se maintenir, la vision, le contrôle et l'agilité face aux commandes), et le développement de l'agrobusiness familial (la proportion de la production vendue en saison A et saison B, la satisfaction par rapport à la production et la productivité).

Pour le maïs, l'étude a retenu les variables ci-après: les caractéristiques individuelles de l'exploitant (le sexe, l'appartenance à une association et le niveau d'instruction), les techniques de production (le système de culture et l'adoption de l'utilisation des fertilisants, l'adoption de la mécanisation agricole), les infrastructures (l'existence du marché, les voies d'accès au marché, la fréquence du marché dans le milieu et la taille du marché), la commercialisation (le type de produit vendu, le type d'acheteur, le prix de vente unitaire (FC) en saison A, l'investissement et/ou ressources (l'évolution de l'épargne), l'orientation entrepreneuriale (la capacité d'innover, le travail en équipe, la capacité de négocier, la possession d'un compte en banque, la capacité de prendre le risque, la planification, les stratégies pour se maintenir et l'orientation des clients), et le développement de l'agrobusiness familial (la proportion de la production vendue en saison A, la satisfaction par rapport à la production et la productivité).

Pour le manioc, l'étude a retenu les variables ci-après: les caractéristiques individuelles de l'exploitant (l'âge et l'appartenance à une association), les techniques de production (le statut foncier du champ, le prix de location du champ, le système de culture et l'adoption de la mécanisation), les infrastructures (la fréquence du marché dans le milieu, la possession d'un dépôt), la commercialisation (la concurrence, le type de produit vendu, qui fixe le prix de vente, la compétitivité du produit), l'investissement et/ou ressources (l'évolution du capital engagé, l'évolution de l'épargne et le type de la main d'œuvre utilisée), l'orientation entrepreneuriale (la capacité d'innover, la bonne collaboration avec les acteurs, le travail en synergie, la communication, la possession d'un compte en banque, la planification, la prise de risque, le contrôle et l'orientation des clients), et le développement de l'agrobusiness familial (la proportion de la production vendue en saison B, le niveau de satisfaction par rapport à la production et la productivité).

Pour la pomme de terre, l'étude a retenu les variables ci-après: les caractéristiques individuelles de l'exploitant (l'âge, la taille du ménage, la proportion fille-garçon dans le ménage, l'appartenance à une association et le niveau d'instruction), les techniques de production (le système de culture, l'accès au crédit agricole et l'adoption de l'utilisation des produits phytosanitaires), les infrastructures (la possession d'un dépôt, la fréquence du marché dans le milieu et la taille du marché), la commercialisation (la concurrence, le type de produit vendu, l'existence des cas de mévente et la compétitivité du produit), l'investissement et/ou ressources (la main d'œuvre utilisée), l'orientation entrepreneuriale (la fierté de création, le travail en équipe, la communication et la vision), et le développement de l'agrobusiness familial (la proportion de la production vendue en saison A et en saison B, le niveau de satisfaction par rapport à la production).

Pour toutes les cultures, les variables de l'orientation entrepreneuriale ont été réduites à quatre lors de l'élaboration des modèles d'équations structurelles avec le logiciel STATA en guise d'une analyse confirmatoire. Les résultats ont été présentés sous forme de schémas intelligents.

Les résultats sur les déterminants de l'agrobusiness familial sont représentés par quatre modèles d'équations structurelles (SEM) des variables qui identifient la force des facteurs latents dans le système pour chaque culture sous étude. Les variables latentes / composantes sont représentées par des ellipses/cercles. Les variables explicatives sont représentées par des rectangles ou des carrés. Des flèches relient les composantes/variables latentes à l'unique composante dépendante (elle a aussi ses variables explicatives). Chaque flèche est accompagnée d'un coefficient qui détermine sa force avec un signe positif ou négatif en termes d'influence. Chaque variable est également accompagnée de la marge d'erreur représentée par «  $\epsilon$  » d'un signe négatif ou positif.

La significativité des variables explicatives et des composantes est identifiée par leur p-value respective expliquée par un coefficient, la valeur de « Z score », un intervalle de confiance et une constante dans un tableau généré par le test. Des régressions linéaires ou logistiques sont utilisées pour déduire des équations économétriques.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 LES DETERMINANTS DU SUCCES DE L'AGROBUSINESS FAMILIAL DANS LE SUD-KIVU MONTAGNEUX

Les modèles d'équations structurelles (SEM) utilisés ont les mêmes composantes et non les mêmes facteurs explicatifs à l'intérieur de ces composantes suivant le tri des variables qui ont montré un effet significatif et selon les cultures (Analyse confirmatoire avec des régressions linéaires ou logistiques). Les modèles sur la culture du haricot, du maïs, du manioc et de la pomme de terre au sein des ménages d'agrobusinessmen du Sud-Kivu montagneux ont été tracés (Figure à Figure) en Annexe 2.

##### 3.1.1 LES DETERMINANTS DU SUCCES DE L'AGROBUSINESS DE LA CULTURE DU HARICOT

Le modèle des déterminants de l'agrobusiness du haricot (Figure et Tableau 2) par l'analyse SEM montre que la composante « agrobusiness familial sur le haricot » est significativement influencée par toutes les variables latentes étudiées (présentées en cercle): l'orientation entrepreneuriale, le profil de l'agriculteur, les infrastructures, la commercialisation, les technologies utilisées et les ressources ( $p < 0,001$ ).

L'existence de l'infrastructure (coef = 3,4) présenté en cercle constitue un facteur latent qui a une influence positive élevée sur le succès de l'agrobusiness familial. Les ressources mobilisées (coef=-3) ont une influence négative élevée. Les caractéristiques individuelles des responsables des ménages (coef = 1,2), la commercialisation (coef = -0,25), les techniques de production (-0,14) et l'orientation entrepreneuriale (-0,001) ont une faible influence.

L'équation économétrique dégagée par une régression logistique se présente comme suit (Tableau 1).

**Tableau 1. Régression agrobusiness sur le haricot**

| Proportion vendue A ou B | Coef.        | Std. Err.  | t            | P>t          | [95% Conf.   | Interval]  |
|--------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Sexe                     | .68          | .30        | 2.22         | <b>0.030</b> | .06          | 1.29       |
| Concurrence              | -1.25        | .33        | -3.77        | <b>0.000</b> | -1.90        | -.58       |
| Type produit vendu       | 1.01         | .37        | 2.71         | <b>0.009</b> | .26          | 1.76       |
| Type acheteur            | .57          | .20        | 2.84         | <b>0.006</b> | .17          | .97        |
| Qui fixe le prix         | .96          | .29        | 3.25         | <b>0.002</b> | .37          | 1.55       |
| Mévente                  | .81          | .27        | 2.94         | <b>0.004</b> | .26          | 1.36       |
| Satisfaction des clients | -1.04        | .31        | -3.32        | <b>0.001</b> | -1.66        | -.41       |
| <b>_cons</b>             | <b>-0.87</b> | <b>.71</b> | <b>-1.22</b> | <b>0.227</b> | <b>-2.29</b> | <b>.55</b> |

Number of obs = 78 ; F( 9,68) = 4.18; Prob > F = 0.0003; R-squared = 0.3562; Adj R-squared = 0.2710

L'équation économétrique dégagée par une régression logistique se présente comme suit:

**Propension de la proportion vendue de la production du haricot en saison A ou B = -0.87 +1,01 type de produit vendu + 0,96 Qui fixe le prix +0,81 mévente + 0,68 sexe + 0,57 type acheteur -1,25concurrence – 1,04 satisfaction du client**

##### 3.1.2 LES DETERMINANTS DU SUCCES DE L'AGROBUSINESS DE LA CULTURE DU MAÏS

Le modèle des déterminants de l'agrobusiness du maïs par une analyse SEM montre que la composante « agrobusiness familial sur le maïs » n'est pas significativement influencée par toutes les variables latentes mobilisées: l'orientation entrepreneuriale, le profil de l'agriculteur, les infrastructures, la commercialisation, les technologies utilisées et les ressources ( $p>0,05$ ).

Toutefois, une régression logistique (Tableau) a dégagé une équation économétrique qui se présente comme suit:

**Tableau 2. Régressions agrobusiness sur le maïs**

| Proportion vendue saison A      | Coef. | Std. Err. | t     | P>t          | [95% Conf. | Interval] |
|---------------------------------|-------|-----------|-------|--------------|------------|-----------|
| Niveau d'instruction            | -.21  | .11       | -1.86 | <b>0.066</b> | -.45       | .01       |
| Fréquence marché dans le milieu | .24   | .13       | 1.82  | <b>0.072</b> | -.02       | .51       |
| Evolution de l'épargne          | -.31  | .15       | -2.01 | <b>0.047</b> | -.62       | -.003     |
| Négociation                     | -.41  | .20       | -2.04 | <b>0.044</b> | -.80       | -.01      |
| <b>_cons</b>                    | 2.48  | .77       | 3.22  | <b>0.002</b> | .95        | 4.02      |

Number of obs = 112; F( 22, 89) = 1.83 ; Prob > F = 0.0247; R-squared = 0.3120; Adj R-squared = 0.1420

D'où,

**Propension à la proportion vendue de la production du maïs en saison A = 2,48 + 0,24 Fréquence du marché dans le milieu - 0,41 Capacité de négociation - 0,31 Evolution de l'épargne - 0,21 Niveau d'instruction.**

### 3.1.3 LES DETERMINANTS DU SUCCES DE L'AGROBUSINESS DE LA CULTURE DU MANIOC

Le modèle des déterminants de l'agrobusiness du manioc par l'analyse SEM montre que le facteur latent « agrobusiness familial sur le manioc » est significativement influencé par les infrastructures et les ressources ( $p \leq 0,05$ ).

Le facteur latent le plus influent pour cette culture ce sont les ressources mobilisées (coef = 0,87). En deuxième position, ce sont les infrastructures disponibles mais avec une influence négative (coef=-0,27).

D'où:

**Propension à la proportion vendue en saison B = 1,02 + 0,63 adoption mécanisation + 0,47 Système de culture + 0,27 Fréquence du marché dans le milieu - 0,85 capacité de collaboration - 0,01 âge du producteur (Tableau 1)**

**Tableau 3. Régressions agrobusiness sur le manioc**

| Proportion vendue saison B      | Coef. | Std. Err. | t     | P>t          | [95% Conf. | Interval] |
|---------------------------------|-------|-----------|-------|--------------|------------|-----------|
| Age                             | -.01  | .01       | -0.88 | 0.381        | -.03       | .01       |
| Système de culture              | .47   | .29       | 1.60  | 0.113        | -.11       | 1.07      |
| Adoption mécanisation agricole  | .63   | .24       | 2.60  | <b>0.011</b> | .15        | 1.13      |
| Fréquence marché dans le milieu | .27   | .15       | 1.82  | <b>0.073</b> | -.02       | .57       |
| Collaboration                   | -.85  | .33       | -2.57 | <b>0.012</b> | -1.5       | -.19      |
| <b>_cons</b>                    | 1.02  | .54       | 1.88  | <b>0.065</b> | -.06       | 2.12      |

Number of obs = 79; F( 5,73) = 2.96 ; Prob > F = 0.0172; R-squared = 0.1688; Adj R-squared = 0.1118

### 3.1.4 LES DETERMINANTS DU SUCCES DE L'AGROBUSINESS DE LA POMME DE TERRE

Le modèle des déterminants de l'agrobusiness de la pomme de terre par une analyse SEM montre que la composante « agrobusiness familial sur la pomme de terre » est significativement influencée par l'orientation entrepreneuriale, les infrastructures, les technologies de production et la commercialisation ( $p \leq 0,05$ ).

Le facteur latent le plus influent c'est l'orientation entrepreneuriale (coef = 0,92). En deuxième et troisième position, c'est successivement la commercialisation (coef = -0,32), les technologies de production (coef = 0,03) et les infrastructures utilisées (coef = -0,04).

D'où:

**Propension à la proportion vendue en saison A = 1,01 + 0,11 Main d'œuvre utilisée + 0,08 Existence produit concurrentielle - 0,15 Adoption des produits phytosanitaires (Tableau).**

Tableau 4. Régressions agrobusiness sur la pomme de terre

| Proportion vendue saison A | Coef. | Std. Err. | t     | P>t          | [95% Conf. | Interval] |
|----------------------------|-------|-----------|-------|--------------|------------|-----------|
| Adoption phytosanitaires   | -.15  | .08       | -1.79 | <b>0.078</b> | -.33       | .012      |
| Concurrence                | .08   | .04       | 2.24  | <b>0.029</b> | .01        | .16       |
| Type main d'œuvre utilisée | .11   | .05       | 2.08  | <b>0.042</b> | .004       | .21       |
| _cons                      | 1.01  | .16       | 6.11  | <b>0.000</b> | .68        | 1.35      |

Number of obs = 76; F( 18, 57) = 2.08 ; Prob > F = 0.0189; R-squared = 0.3965; Adj R-squared = 0.2059

## 4 DISCUSSION

En termes de rentabilité par are, l'ordre décroissant suivant est observé: la pomme de terre, le haricot, le manioc et le maïs [9]. Par rapport au Coût-Valeur maximum, l'ordre d'importance décroissant devient le haricot (3,5), la pomme de terre (3,3), le manioc sans tenir compte des boutures (3,2) et le maïs (2,1). Ce rapport peut augmenter en appliquant la fertilisation avec ou sans « zéro labour ». Malgré l'importance du marché, il n'y a pas d'entreprises spécialisées dans le secteur. A la colonisation, c'était des entreprises autour des cultures commerciales et pérennes. Avec l'agrobusiness familial, on va vers la production familiale et pour créer le revenu.

### 4.1 LES DÉTERMINANTS POUR LE HARICOT

Les individus qui produisent du haricot – semence vendent une proportion plus élevée par rapport à ceux qui produisent le haricot à consommer. La semence rapporte plus que le haricot à consommer. Lorsque le prix est fixé par les producteurs, la proportion vendue de la production du haricot est élevée par rapport à la fixation du prix par l'Etat pris comme référence. Les producteurs vendent une grande proportion de leur production quand il n'y a pas mévente. Les individus de sexe masculin vendent une grande proportion de leur production du haricot que ceux de sexe féminin pris comme référence. Les producteurs vendent une proportion élevée de leur production de haricot aux grossistes par rapport aux détaillants pris comme référence. La présence d'une quantité importante de haricot produit ailleurs impacte négativement la proportion à vendre par les producteurs locaux. Les consommateurs préfèrent plus le haricot importé que celui produit localement à cause du prix, la rapidité de la cuisson et le goût. Lorsque les clients ne sont pas satisfaits du haricot produit localement, la proportion vendue de la production du haricot diminue.

L'existence sur le marché de haricots hors zone, le niveau de satisfaction des clients, le type de haricot vendu, les acteurs qui fixent le prix, l'absence des cas de mévente sont plus explicatifs de la proportion vendue de la production du haricot à cause de leurs ratios de Student (en valeur absolue) et des coefficients plus élevés (Tableau 1).

Les cas d'échecs pour les années et les saisons agricoles sont fréquents. Ces échecs sont attribués la plupart de fois aux effets des changements climatiques [10], aux technologies utilisées et causent une distorsion entre l'offre et la demande [11].

Les facteurs les plus influents au sein de l'orientation entrepreneuriale sont la possession des capacités d'innover et une vision de l'avenir. Le niveau d'instruction et l'appartenance à une association sont les plus influents pour le profil des agripreneurs. Les voies utilisées pour accéder au marché et la taille du marché ont une influence similaire sur les infrastructures. Les facteurs les plus influents de la commercialisation sont par ordre d'importance les types d'acheteurs, l'existence ou non des cas de mévente, le type de production vendu (semence ou haricot de consommation), les modalités de fixation du prix et le niveau de satisfaction des clients. Pour les techniques de production, le niveau d'adoption de l'utilisation des produits phytosanitaires constitue le facteur le plus influent pour distinguer les agripreneurs. Les autres facteurs ont une influence similaire. Les facteurs les plus influents des ressources des agripreneurs sont l'évolution du capital et l'évolution de l'épargne (Figure).

Pour cette culture, la période de rareté sur le marché est constituée des mois de février à avril, septembre à novembre; elle est favorable au business car le haricot est rare sur le marché, le prix à l'achat est élevé, le prix de vente est élevé et le producteur peut faire de grands bénéfices. Les mois de juin, juillet, décembre et janvier sont défavorables pour les producteurs; c'est la période de récolte. Pendant ce temps, l'offre est élevée, les prix à l'achat ne sont pas stables et les prix de vente sont très bas [12].

## 4.2 LES DÉTERMINANTS POUR LE MAÏS

Les producteurs vendent une proportion élevée de leur production quand la fréquence du marché dans le milieu augmente. Ceux qui n'ont pas des capacités de négociation vendent une proportion moins élevée. Ceux qui gagnent peu à épargner vendent une proportion moins élevée de leur production du maïs. Les producteurs instruits vendent une proportion moins élevée que les analphabètes qui, eux, ne font pas de compte d'exploitation.

La capacité de négociation et l'évolution de l'épargne sont plus explicatives de la proportion de la production vendue en saison A que la fréquence du marché dans le milieu et le niveau d'instruction car elles ont des ratios de Student (en valeur absolue) et des coefficients plus élevés.

Dans le milieu, on produit le maïs pour la vente (jusqu'à 95% de la production). La majorité vend des maïs frais laitoux. Rares sont ceux qui attendent que le maïs sèche au champ par peur du vol des récoltes. Vendre le maïs grain est plus rentable.

La possession d'une planification constitue le facteur le plus influent de l'orientation entrepreneuriale. En deuxième position c'est la possession des stratégies pour se maintenir. La prise de risque et la possession des capacités d'innover ont une influence similaire. Le sexe est le facteur le plus influent pour le profil des agripreneurs. L'appartenance à une association et le niveau d'instruction ont une influence similaire. Les facteurs les plus influents des infrastructures sont par ordre d'importance les voies utilisées pour accéder au marché, l'existence des marchés, la taille des marchés et la fréquence de marché par semaine. Le type de produit vendu est le facteur le plus influent de la commercialisation. Le type d'acheteur et le prix de la saison A ont une influence similaire. Le facteur le plus influent des technologies de production est l'adoption de l'utilisation des fertilisants. L'adoption de la mécanisation agricole et les systèmes de production utilisés ont une influence similaire. Le facteur le plus influent pour les ressources est l'évolution de l'épargne (Figure).

Pour cette culture, la période de rareté sur le marché est constituée des mois de janvier, février, et octobre à décembre; elle est favorable au business car le maïs, à cette période, est rare sur le marché; le prix à l'achat est élevé; le prix de vente est élevé et le producteur peut faire de grands bénéfices. Les mois de mars, avril, mai et septembre sont plus ou moins favorables car l'offre est moyenne, les prix à l'achat et à la vente ne sont pas stables [12].

## 4.3 LES DÉTERMINANTS POUR LE MANIOC

Le manioc est généralement récolté en saison sèche. Ce produit occupe une place particulièrement importante dans l'alimentation des ménages au Sud-Kivu montagneux. Cultivé principalement pour ses racines et secondairement pour ses feuilles [13], les données sur les quantités produites dans plusieurs pays de l'Afrique subsaharienne sont rares [14]. La demande des ménages porte essentiellement sur la farine de manioc. Mais les producteurs vendent directement les cossettes de manioc ou le manioc carotte. Une nouvelle forme de vente est en train de s'installer: vendre au champ et en gros au grand désavantage des producteurs. La vente groupée n'est pas trop répandue.

Les facteurs qui différencient les agripreneurs par rapport aux ressources mobilisées pour cette culture sont l'évolution de l'épargne et l'évolution du capital engagé. Les facteurs qui différencient les agripreneurs par rapport aux infrastructures existantes pour cette culture sont l'existence et la fréquence du marché dans le milieu et la possession d'un dépôt (Figure).

Les individus qui ont adopté la mécanisation ont une grande proportion à vendre par rapport aux non adoptants. Ceux qui font l'association des cultures disposent d'une plus grande proportion de la production du manioc à vendre que ceux qui ont fait la monoculture. Lorsque la fréquence du marché dans le milieu augmente, les producteurs vendent une plus grande proportion du manioc produit. Les producteurs du manioc qui ont opté pour une vente groupée écoulent une faible proportion de leur production que ceux qui travaillent en solo. Les clients payent facilement auprès des producteurs qu'auprès des associations car ils peuvent négocier le prix au désavantage du producteur. Les jeunes producteurs ont moins à vendre que les producteurs âgés par le simple fait que l'expérience va de pair avec l'âge.

La possession des capacités de collaboration, l'adoption de la mécanisation et le système de culture sont plus explicatifs de la proportion de la production vendue du manioc en saison sèche car ils ont les ratios de Student (en valeur absolue) et des coefficients plus élevés.

La période de rareté sur le marché de Bukavu est constituée des mois d'octobre à février; elle est favorable au business car le manioc est rare sur le marché, le prix à l'achat est élevé, le prix de vente est élevé et le producteur peut faire de grands bénéfices. Les mois de juin à août sont des mois de récolte. Ils sont défavorables au producteur car l'offre est élevée, le prix d'achat n'est pas stable et les prix de vente sont bas. Ce sont les clients qui dictent le [12]. Les principales contraintes identifiées le long de la chaîne de valeur de manioc sont l'insuffisance des matériels de plantation de qualité, la faible fertilité du sol, le

faible accès au crédit, le manque d'équipement de transformation [15], le manque ou mauvais état d'infrastructure (dépôts, routes...) et le manque d'une forte connexion entre les acteurs et parties prenantes.

#### **4.4 LES DETERMINANTS POUR LA POMME DE TERRE**

La possession d'un dépôt constitue le facteur qui différencie les agripreneurs par rapport aux infrastructures mobilisées pour cette culture; il permet de réduire la teneur en eau pour une meilleure vente. L'existence d'un marché, la taille du marché et la fréquence du marché dans le milieu ont la même influence. En effet c'est le même facteur: le marché, sans lequel les producteurs subissent des cas de mévente. Les facteurs qui différencient les agripreneurs par rapport à l'orientation entrepreneuriale pour cette culture sont la fierté de création, le travail en équipe, la possession d'une vision de l'avenir et la communication. Les facteurs de la commercialisation et des techniques de cultures utilisées n'ont pas une influence significative. A n'importe quel prix, on finit par vendre (Figure).

Les producteurs qui utilisent la main d'œuvre payée vendent une plus grande proportion que ceux qui utilisent la main d'œuvre familiale. Les producteurs vendent facilement une grande portion de leur production de la pomme de terre lorsqu'il n'existe pas sur le marché de la pomme de terre qui vient de l'extérieur (Nord-Kivu, Rwanda, etc.). Les producteurs qui n'ont pas utilisé des produits phytosanitaires pour la pomme de terre ont une faible production à vendre à cause du faible rendement. L'existence sur le marché de la pomme de terre importée est plus explicative de la proportion vendue que les deux autres facteurs car, en effet, elle a le ratio de Student (en valeur absolue) et le coefficient élevé.

Les mois où les producteurs connaissent le cas de mévente sont: septembre à décembre pour ceux qui exploitent les marais; mai à août pour ceux qui exploitent les zones d'altitude [16].

En général, plusieurs plans et programmes agricoles élaborés depuis l'indépendance de la RDC n'ont pas atteint leurs objectifs. Ils ont été inadaptés et même certains n'ont jamais dépassé le stade des tiroirs [20]. Parmi ces plans et programmes, on peut citer le plan intérimaire de relance agricole (1966-1972), le Programme Agricole Minimum (1980-1981), le Plan de relance agricole (1982-1984), le Programme d'Autosuffisance Alimentaire (1987-1990), le Plan directeur du Développement Agricole et Rural (1991-2000), le Programme National de Relance du Secteur Agricole et Rural « PNSAR » (1997-2001), le Programme triennal d'appui aux producteurs du secteur agricole (2000-2003), les Programmes et projets appuyés par la FAO ainsi que les différents Programmes bilatéraux et multilatéraux qui sont restés tous des simples slogans. Les causes communes de l'échec ou tout simplement la non ou la faible implémentation sont la mauvaise gouvernance et le manque de volonté politique.

En clair, l'élément de discrimination au développement de l'agrobusiness pour ces cultures c'est le revenu à en tirer; la conviction que c'est rentable et que le marché est certain. L'étude retient, à la lumière de Cirimwami et al [17] et Entraides et Fraternité [18] que si ces conditions sont réunies, l'effectivité de l'agrobusiness familial fonctionnerait comme décrit par la Figure. Contrairement aux défenseurs de l'agrobusiness basé sur des cultures de rente, cette étude préconise le modèle de l'agriculture paysanne familiale [18] qui, appuyé correctement, a la capacité de fournir de nombreux emplois tout en respectant les modes de vie traditionnels, de lutter contre la pauvreté, de garantir la sécurité alimentaire des générations présentes et futures, de préserver la biodiversité et les ressources naturelles et de lutter contre le changement climatique. Cette étude ne considère pas l'agrobusiness familial comme une extension logique des politiques d'industrialisation agricole et de libéralisation qui se sont imposées un peu partout dans le monde, au cours des 2 dernières décennies au travers de programmes de « développement ». Mais plutôt un développement de l'agriculture de moyens et grands producteurs (exploitent plus d'1ha par saison) dans une approche de marché où la demande conditionne la productivité et la compétitivité.

Il s'agit, à la lumière d'Entraides et Fraternité [18], d'un modèle de l'agrobusiness qui met beaucoup en avant aujourd'hui la « résilience » de l'agriculture familiale. Les études d'exploitations familiales réalisées montrent que l'un des ressorts de cette capacité d'adaptation de l'agriculture familiale pouvant aider à faire face aux contraintes et aux aléas est la diversification. Elle permet de répartir les risques (naturels, économiques) et de mieux se saisir des opportunités de marché ou climatiques. Elle a aussi des conséquences positives sur l'emploi familial (notamment des femmes) et l'équilibrage des rapports intrafamiliaux; mais elle affecte également les circuits et les échanges micro et macro-économiques. Elle renforce l'autosuffisance de l'exploitation familiale et les possibilités d'échanges de proximité sur les marchés locaux; elle favorise ainsi les circuits courts, autonomise en partie les économies locales et réduit les distances, et donc les coûts énergétiques pour les transports. En un mot, la diversification réduit la dépendance.

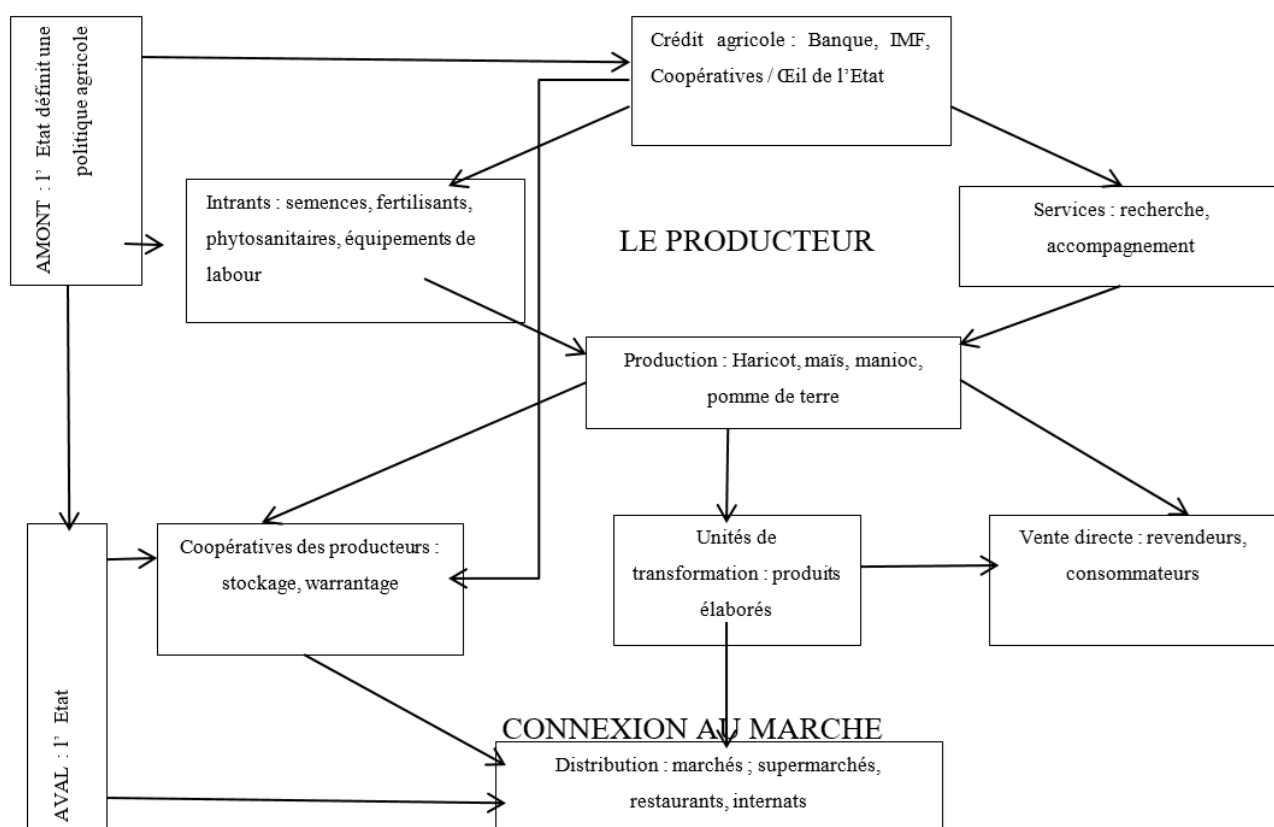
Les aptitudes et compétences sur l'agriculture commerciale doivent être renforcées pour améliorer la capacité entrepreneuriale. Il sera en même temps important d'élever la connaissance et de renforcer les capacités des acteurs sur l'adaptation climatique afin qu'ils l'intègrent dans leurs activités et leurs stratégies [15]. Les efforts devront être centrés sur le

développement des nouveaux systèmes agricoles afin d'améliorer la fertilité du sol et la qualité de matériel de plantation pour accroître le rendement à l'hectare.

Cinq focus s'avèrent nécessaires (Figure).

- Offrir des incitations appropriées aux agrobusinessmen et garantir l'existence de conditions leur permettant de réagir à ces incitations

A cette fin, en amont, le pouvoir public pourrait mettre en œuvre des politiques micro-économiques saines et capables de faciliter l'accès au crédit agricole, aux intrants, à un accompagnement agricole via des institutions de recherche. Ainsi, une infrastructure institutionnelle et physique, propre à appuyer les agripreneurs en facilitant l'accès à la terre, au financement rural, aux connaissances techniques et aux services de communication et de transport, et en assurant un encadrement à des écoles à vocation agricole qui seront mises en place. A ceci s'ajoute la réhabilitation des routes de desserte agricole en vue de permettre que les produits agricoles atteignent les marchés [26].



**Fig. 2. Fonctionnement de l'agrobusiness familial**

- Garantir une sécurité des investissements

En amont comme en aval, l'Etat, dans les responsabilités qui lui incombent, peut trouver des mécanismes pour améliorer les conditions du travail et sécuriser les investissements dans le domaine de l'agriculture, promouvoir et renforcer les organisations professionnelles agricoles, garantir un calme social et une fiscalité stable [27]. Un volet qui instaure et sécurise le développement du warrantage est nécessaire. L'analyse a dégagé l'existence des périodes de mévente et de carence qui font fluctuer les prix sur le marché. Les producteurs peuvent solliciter et obtenir des crédits agricoles auprès des banques, des institutions de micro-finance et les coopératives contre une garantie faite de la production stockée et mieux conditionnée par les coopératives ou les unités de transformation. Leurs produits, une fois vendus pendant la période de carence, à un prix plus rémunérateur pourraient rembourser les crédits, les frais, les intérêts et créer un bénéfice conséquent.

- Reforme la loi foncière en faveur des producteurs ruraux

Cette stratégie permettra de faciliter un accès équitable de tous les agriculteurs au capital foncier. Il permettra aussi de réduire le dualisme entre la loi foncière et les us et coutumes et assurera la protection de la propriété privée contre les vols et

les accaparements des hommes forts [19]. Cette mise à l'ordre de la loi foncière aidera à sécuriser les tenures foncières et attirer les investissements dans le secteur agricole.

- Réguler le marché

Comme retenu par Namegabe [29], la concurrence imparfaite qui régit le marché des produits agricoles peut défavoriser les producteurs à cause des produits importés vendus moins chers. L'hétérogénéité des produits sur le marché n'est pas mauvaise mais doit répondre aux préférences des demandeurs à consommer local. C'est un signe de diversification soutenue comme un indicateur de développement. Le prix et les taxes doivent être stables, accessibles à toutes les bourses et identiques sur tous les marchés de la ville. Au sein des chefferies du Sud-Kivu montagneux, les prix d'achat des produits agricoles devraient être fixés par le pouvoir public en tenant compte de la distance à parcourir vers les centres de consommation de façon qu'il soit possible de les livrer dans les normes identiques que ceux de la concurrence. Les tracasseries sont des barrières au développement agricole car trop de taxes tuent la taxe. L'information devrait être connue de la même façon et accessible à tous sans coûts ou si coût existe, devrait être accessible à tous. Une concurrence contrôlée devrait fixer des normes qui sécurisent et encourage la production interne.

- Garantir une connectivité au marché

Avec Serge [30], l'étude soutient qu'un partenariat stratégique et une collaboration entre tous les acteurs des chaînes de valeur devront être renforcés pour l'accroissement du pouvoir de négociation et la réalisation des profits attractifs des uns et des autres. Ce rôle pourrait être assuré par un regroupement des producteurs, pour ceux qui le veulent, en des coopératives agricoles bien que ce facteur n'ait pas été déterminant parce que mal connu. Le renforcement de ce partenariat et des plateformes existantes à tous les niveaux aurait aussi pour avantage de faciliter une gestion partagée de l'information sur les mesures d'adaptation aux perturbations climatiques. Il permettra l'utilisation plus efficiente des ressources, l'amélioration de la coordination et l'implémentation des activités de régulations et le développement des systèmes d'information performants entre les acteurs.

Ainsi, l'Etat aura comme rôle principal de garantir à la nation toute entière la vie et la protection de celle-ci, à travers ses multiples services. Il doit instaurer une politique pouvant permettre les services de bien travailler. Les opérateurs politiques regroupant gouvernement et parlement au niveau central, provincial et entités territoriales décentralisées d'une part, et d'autre part les services techniques représentant l'administration doivent assurer l'exécution des politiques publiques par le niveau politique. Chaque niveau dans cet arsenal a sa compétence qui lui est définie par la constitution de la République. Les services de vulgarisation, par des efforts et techniques appropriées, vulgarisent des nouvelles techniques culturales en vue d'améliorer la production agricole et par là la situation socio-économique des ménages des agriculteurs ruraux. Ils sont non seulement reconnus par l'Etat mais aussi contrôlés par lui, pour avoir une idée sur l'impact de leurs activités sur le terrain.

Les agrobusinessmen ne pourront produire pour créer un revenu suffisant que s'ils adoptent à grande échelle les technologies adaptées de l'intensification. La prise de risque va jouer un rôle prépondérant parmi les facteurs de la composante « orientation entrepreneuriale ». La population agricultrice doit adopter un comportement responsable pouvant l'aider à émerger pour quitter une vie de moins être vers une vie de plus être. Ce que Defour [20] considère comme une liberté qui n'est pas faite par le seul fait de ne pas être soumis à l'exploitation économique et être apte à satisfaire lui-même ses besoins primaires matériels, mais plutôt d'acquérir son droit de l'autodétermination, de décider son mode de vie, de maîtriser son devenir. On ne peut jamais arriver ici sans que les acteurs locaux prennent une part active à cet exercice.

La viabilité de ces stratégies est conditionnée par la participation active de tous les acteurs intervenants dans le domaine de l'agriculture et l'accès non discriminatoire aux informations sur le marché ainsi que les normes et techniques culturales plus productrices.

## **5 CONCLUSION**

Les marchés locaux sont caractérisés par une concurrence imparfaite car non seulement l'information est imparfaite, mais aussi les coûts de transaction sont élevés, parfois arbitraires et gênent l'arbitrage dans la chaîne de commercialisation. Il existe une liberté d'entrée et de sortie dans le marché mais l'information n'est pas connue de la même façon et accessible à tous sur tous les marchés. Il existe sur le marché plusieurs vendeurs, plusieurs acheteurs mais les produits sont hétérogènes. Le prix des produits agricoles sur le marché ne sont pas stables et pour cause: la dévaluation de la monnaie locale, des taxes imprévisibles et une sur-taxation, la multiplicité des services de taxation sur un même produit, la liberté dans la fixation des prix par les acteurs, des fournisseurs et/ou grossistes à la fois détaillants (concurrence déloyale), un choix des produits dicté par la provenance. Ce qui pour Keynes [21] est un libre jeu de marché qui n'induit pas automatiquement au retour à l'équilibre. Schumpeter estime que la concurrence imparfaite est nécessaire au bon fonctionnement du système capitaliste, dans la

mesure où elle stimule l'innovation. La situation d'oligopole vécue dans le milieu est provoquée par la concentration des producteurs. Elle leur permet d'atteindre la taille critique afin d'augmenter le rendement, de réaliser des économies d'échelle et de dégager des gains de productivité. Les offreurs possèdent, ainsi, un pouvoir résultant de leur domination et d'une forte demande. L'oligopole est dangereux pour les consommateurs dans la mesure où les rares acteurs présents sur ce marché peuvent être tentés de s'entendre sur les prix qu'ils imposent aux acheteurs.

Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur le haricot et le maïs sont le profil, les infrastructures, les ressources utilisées, les technologies de production utilisées, l'orientation entrepreneuriale et la commercialisation. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur le manioc sont les ressources mobilisées et les infrastructures. Les facteurs latents déterminants du succès de l'agrobusiness sur la pomme de terre sont les infrastructures, l'orientation entrepreneuriale, la commercialisation et les techniques de production.

La variable superficie exploitée et sécurisée s'est avérée discriminatoire pour faire l'agrobusiness familial. A part la culture de la pomme de terre considérée comme cash-crops sur n'importe quelle superficie, seuls les moyens et les grands producteurs peuvent se prévaloir de faire de l'agrobusiness sur le haricot, le maïs et le manioc. Le faire-valoir direct des terres couvertes par des titres officiels et durables offre plus de garantie que l'usufruit pour faire de l'agrobusiness familial. En plus des garanties foncières, les facteurs latents communs pour faire l'agrobusiness familial sont les caractéristiques personnelles du producteur, les infrastructures, les ressources utilisées, les technologies de production utilisées, l'orientation entrepreneuriale et la commercialisation.

## REFERENCES

- [1] Brondeau, F. (2012), Agrobusiness et développement agricole. Quels enjeux pour quelles perspectives? Le cas de la zone Office du Niger, Mali, HAL, 20p.
- [2] FIDA (2015), Rapport sur la petite paysannerie, En Ligne sur Google.
- [3] Makhouredia, D. (2013), Commerce international des produits vivriers et règles de libre-situation, Rapport.
- [4] Said (2009), Caractéristique de l'environnement économique du commerce des produits vivriers, 44 p.
- [5] Vwima, S., Mastaki J.L. et Lebailly P. (2013), «Le rôle du commerce frontalier des produits alimentaires avec le Rwanda dans l'approvisionnement des ménages de la ville de Bukavu (Province du Sud-Kivu)», Les Cahiers de l'association Tiers-Monde, 28: pp 27-40.
- [6] Arhengerwa, D. (2011), La pomme de terre dans le Nord et Sud-Kivu, Rapport.
- [7] De Faily, D. (2000), «L'économie du Sud-Kivu 1990-2000: mutations profondes cachées par une panne», L'Afrique de Grands lacs, Annuaire 1999-2000: pp 161-188.
- [8] Luhiriri, D. (2013), L'augmentation de la demande alimentaire, impulsion nouvelle à la commercialisation de la production vivrière. En Ligne sur Google, consulté le 14/7/2019.
- [9] Mutabazi, C. (2019), Utilisation efficiente de différents niveaux de phosphore sur différents types de matières organiques sur le haricot commun (*phaseolus vulgaris*) à Kabare, cas du groupement de Bugorhe. Bukavu, Université Catholique de Bukavu, 77 p.
- [10] Ngalamulume, G. (2016), Le développement rural en RD Congo. Quelles réalités possibles? Louvain-la-Neuve, Academia, L'Harmattan, 206 p.
- [11] Bwami, I. (1999), «L'agriculture vivrière et l'autosuffisance alimentaire dans la Province du Sud-Kivu», Cahier du CERPRU n° 13. ISDR Bukavu, pp 172-175.
- [12] Moga, B. (2019), Analyse de la politique alimentaire dans la ville de Bukavu, Province du Sud-Kivu. Mauritius: EUE 978-613-8-49213-9, 145 p.
- [13] Bisimwa, E. (2011), Epidémiologie, diversité génétique, distribution et contrôle des virus de la mosaïque africaine du manioc et son vecteur (*Bemisia tabaci*) dans la région du Sud-Kivu en RDC. Thèse, PhD, UCL, 123 p.
- [14] Aduni, V., Olufunmike, A., Mpoko, B. et Bussie, M. (2005), «The use of Cassava leaves as food in Africa», Ecology of food and Nutrition, 44: pp 423-435.
- [15] Masirika, S. 2015. Cartographie de la chaîne de valeur des tubercules et légumineuses au Sud-Kivu / RD Congo, Mémoire DEA. Bukavu: Université Evangélique en Afrique, 111 p.
- [16] Wafoyu, S. (2019), Développement de la filière pomme de terre de manière durable et rentable à Kabare - Centre, ISDR Bukavu, 69 p.
- [17] Cirimwami, K., Ramanarivo, S., Mutabazi, N., Muhigwa, B., Romaine, R., Razafarijaona, J. et Bisimwa, E. (2019c), «Organization of agricultural production unit seen as a family business in mountainous South Kivu in the Democratic Republic of Congo», Moj Ecology and Environmental Sciences, Vol. 4, issue 6-2019: pp 296-306. En ligne sur MedCrave, Mojes 04-00167.
- [18] Entraides et Fraternité (2011), Rapport sur l'agrobusiness, En ligne sur Google, 16 p.

- [19] Nyenyezi, A. et Ansoms, A. (2016), « Droits et conflits fonciers à Bukavu: vers une anthropologie de mécanismes juridictionnels de résolution des conflits», in: Marysse, S. et J. Omasombo Tshonda, *Conjonctures congolaises 2016*, L'Harmattan: 358 p. <http://hdl.handle.net/2078.1/176777>.
- [20] Defour, G. (1994), *Le développement rural en Afrique central. Théories et essai d'analyse critique*. Bukavu: Bandari, 128 p.
- [21] Keynes, J.M. (1936), *Théories générales de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, Vol 109, *Encyclopedia Universalis*, 10 nov. 2015: 16 p.

## Perception des changements climatiques sur le bilan hydrologique et opportunités naturelles d'exploitation de l'énergie solaire dans la zone de Kouroussa

### [ Perception of climate changes on the hydrological balance and natural opportunities for exploiting solar energy in the Kouroussa area ]

*Moriba Kourouma, Daouda Keita, Mory Kourouma, and Ousmane Djènè Kaba*

Laboratoire de Recherche Appliquée en Géosciences et Environnement (LRA), Unité de Géologie Appliquée et Environnement UGEAE),  
Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké (ISMGB), BP: 84 Tamakènè, Boké, Guinée

Copyright © 2024 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 Kouroussa prefecture is one of five prefectures in the Kankan region in the North-East and is an integral part of the upper Niger basin in the Republic of Guinea. It is an area that is experiencing the effects of climate change on the hydrological balance and the activities of local populations. The objective of the study is to characterize the hydroclimatic and thermal parameters in order to foresee the possibilities of natural exploitation of solar energy for the development of agricultural activities in the study area. In this study we determined the drought indices and calculated the specific energies from solar radiation. In terms of the results of the study, we note that the period from 1981 to 1993 the average rainfall value equals 1082 mm when the drought period from 1994 to 2010 is characterized by an average rainfall of 1131 mm. From 2011 to 2022 the rainfall is 1742 mm. The river is experiencing a period of drought for an average flow of 121.5 m<sup>3</sup>/s from 1980 to 1994. The average flow of 173.3 m<sup>3</sup>/s estimated for the period 1995-2018 explains the alternating drought phenomena. and surplus. The balance deficit is worth 95% of precipitation and the energies calculated at the expense of temperatures vary between 2048.10E-26 and 2062 10E-26 joules for an average of 2054. 10E-26 joules. Solar radiation established in the north and northeast of the area is characterized by temperatures varying between 25 and 27°C for an average temperature equal to 26°C. Solar energy sources can be used among many other possibilities for exploiting renewable energy for the benefit of the populations of Kouroussa.

**KEYWORDS:** Climate, drought, solar energy, Kouroussa, Agriculture.

**RESUME:** La préfecture de Kouroussa est l'une des cinq préfectures de la région de Kankan au Nord-Est et fait partie intégrante du bassin supérieur du Niger en République de Guinée. C'est une zone qui subit des effets de changement climatique sur le bilan hydrologique et les activités des populations locales. L'objectif de l'étude est de caractériser les paramètres hydroclimatiques et thermiques afin d'entrevoir les possibilités d'exploitation naturelle de l'énergie solaire pour le développement des activités agricoles dans la zone d'étude. Dans cette étude nous avons procédé à la détermination des indices sécheresse et calculé les énergies spécifiques issues du rayonnement solaire. En termes de résultats de l'étude, nous retenons que la période de 1981 à 1993 la valeur moyenne de pluviométrie égale 1082 mm lorsque la période de sécheresse de 1994 à 2010 se caractérise par une pluviométrie moyenne de 1131 mm. De 2011 à 2022 la pluviométrie est de 1742 mm. Le fleuve connaît une période de sécheresse pour un débit moyen de 121,5 m<sup>3</sup>/s de 1980 à 1994. Le débit moyen de 173,3 m<sup>3</sup>/s évalué au compte de la période 1995-2018 explique les phénomènes d'alternance de sécheresse et d'excédentaire. Le déficit du bilan vaut 95% des précipitations et les énergies calculées aux dépens des températures varient entre 2048.10<sup>E-26</sup> et 2062 10<sup>E-26</sup> joules pour une moyenne de 2054. 10<sup>E-26</sup> joules. Les rayonnements solaires établis au nord et au nord-est de la zone se caractérisent par des températures, variant entre 25 et 27 °C pour une moyenne de température égale à 26 °C. Les sources d'énergie solaire sont utilisables parmi tant d'autres possibilités d'exploitation d'énergie renouvelable en faveur des populations de Kouroussa.

**MOTS-CLEFS:** Climat, sécheresse, énergie solaire, Kouroussa, Agriculture.

## 1 INTRODUCTION

L'Afrique de l'Ouest subit les effets de changement climatique se manifestant du nord au sud avec les effets d'ensoleillement, de déficit pluviométrique et de désertification ([1]; [2]; [3]; [4]).

La Guinée enregistre des déficits pluviométriques dans les stations météorologiques placées sur toute l'étendue du territoire ([5]) et les préfectures les plus affectées de ces changements climatiques, selon le rapport du [6], nous citons Kankan (-8,12%), Siguiri (-7%), Faranah (-4,08%).

L'étude que nous effectuons consiste à caractériser les paramètres hydro climatiques de la préfecture de Kouroussa en vue de comprendre les tendances, les ruptures intervenues sur ces variables climatiques (pluviométrie, température) et de débit fluvial (Q) du fleuve transfrontalier Niger en Haute Guinée.

Ainsi, pour organiser les idées générales autour de la thématique de cet article, nous nous attelons à :

- Décrire les paramètres pluviométriques et thermiques à l'origine du déficit hydrologique (bilan);
- Décrire les indices de variation du débit fluvial du niger dans la zone d'étude pour mieux comprendre la part d'eau de précipitation infiltrée;
- Etablir les variabilités spatiales de la pluviométrie, de la température et de de l'énergie issue de rayonnement solaire en vue de montrer les populations locales exposées aux rayonnements et solaires et de déplacement dans un temps futur proche.

Les études portées sur la zone d'étude à travers les données climatiques et hydrologiques permettront, donc, de comprendre d'une part les risques encourus par les populations et d'autre part saisir les opportunités d'exploitation des énergies renouvelables thermiques du phénomène de réchauffement climatique pour entrevoir les possibilités de pratiquer les activités agricoles grâce aux énergies solaires.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

#### 2.1.1 CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE

La préfecture de Kouroussa est au Nord-Ouest de la République de Guinée (**Figure1**). Elle appartient à la région administrative de Kankan. Elle est limitée au Nord par les préfectures de Dinguiraye et de Siguiri, au Sud par Kissidougou; à l'Est par Kankan et à l'Ouest par Faranah et Dabola. La superficie de la zone d'étude est de 15 802,7 km<sup>2</sup> avec une population 323 305 habitants et une densité de la population de 20,5 habitants/km<sup>2</sup> selon le site *city facts* (<https://fr.city-facts.com/kouroussa/population> de 17 /12/2023).

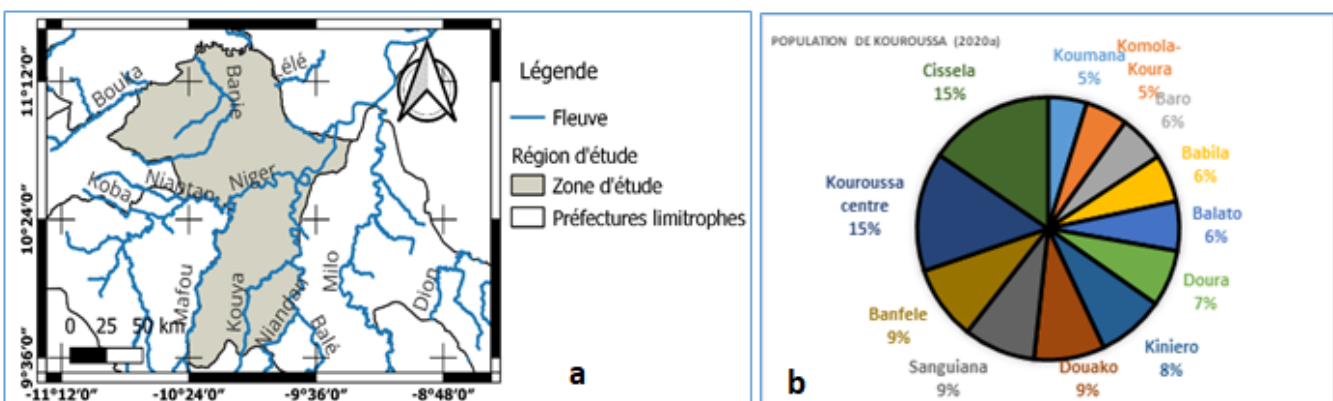
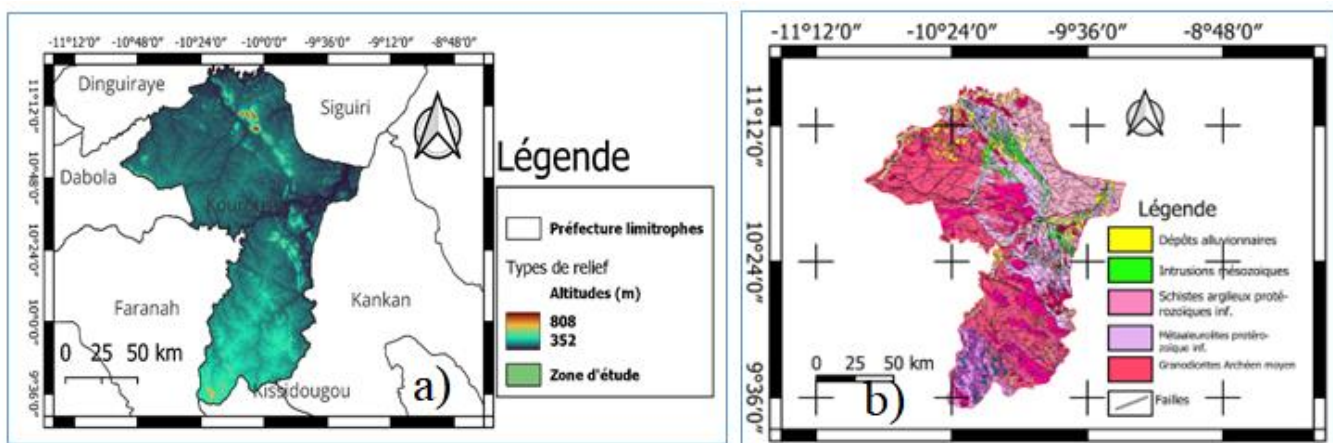
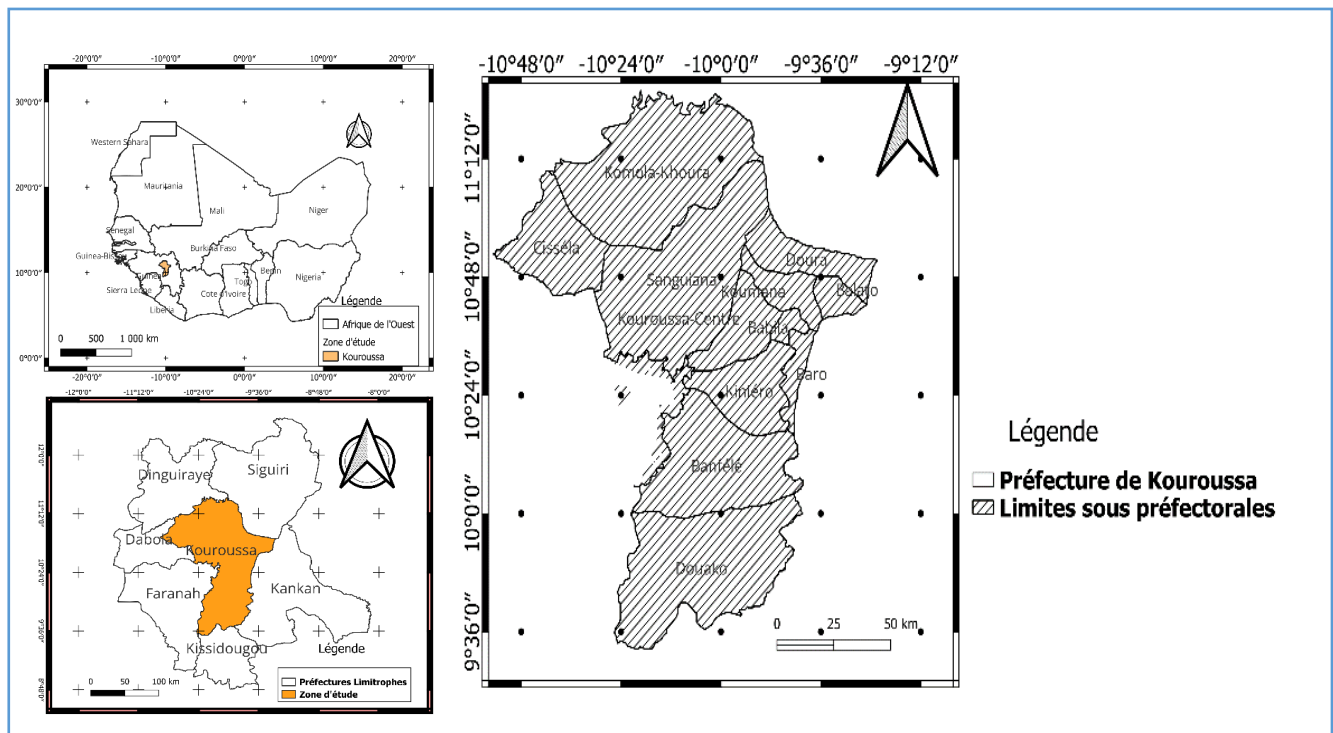
Les reliefs varient de 500 à 700 m avec un sommet plus haut observé à Souboto (650-700 m) à l'ouest (**Figure 2a**). Les formations géologiques (**Figure 2b**) sont représentées par les socles granito-gneissiques d'âge archéen Arks), de protérozoïque inférieur d'âge birimien (Prbr1), de calcaires. Les roches effusives à Kiniéro sources de minéralisation aurifère. Dans la zone d'étude les formations Cénozoïque sont détritiques (graviers, cailloutis) et alluvionnaires (dépôts récents du Quaternaire) et sont rencontrées le long des principaux cours dont le niveau d'eau fluviale est fonction des régimes pluviométriques mensuels et interannuels.

#### 2.1.2 CONTEXTES- CLIMATIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET DÉMOGRAPHIQUE

Le régime climatique à Kouroussa est tropical humide avec l'alternance de saison sèche (de novembre à avril) et de saison pluvieuse (de mai à octobre). Les mois chauds sont avril et mai avec une température moyenne annuelle variant entre 26 et 30°C. Le réseau hydrographique de la préfecture (**Figure 3a**) est constitué du Niger et de ses affluents, le Mafou, le Tinkisso et ses affluents (Banié et Niéma). La population de Kouroussa inégalement répartie (**Figure 3b**) est essentiellement composée d'agriculteurs, d'éleveurs, d'artisans et de travailleurs salariés. Les 13% de la population sont installés dans le centre urbain ([7]).

### 2.2 DONNÉES CLIMATOLOGIQUES ET HYDROTIMÉTRIQUES

Les données pluviométriques définies dans la période 1980-2018 sont recueillies auprès de la Direction nationale de la Météorologie de la Guinée et hydrotimétriques du Niger à Kouroussa. Les données de température nécessaires dans le calcul d'énergie rayonnante est téléchargeable sur le site (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>).



**Fig. 3. Réseau hydrographique (3a) et Population (3b) de la zone d'étude**

## 2.3 ANALYSE DES DONNEES CLIMATOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

### 2.3.1 INDICES PLUVIOMETRIQUES OU HYDROMETRIQUES STANDARDS

Les indices IPS (IQS) traduisent l'excédent ou le déficit pluviométrique (hydrométrique) pour l'année considérée en comparaison avec la pluviométrie (débit fluvial) moyenne de la période d'étude ([8]). Ils mettent également en évidence l'intensité du déficit ou de l'excès pluviométrique (hydrotimétrique) sur un bassin versant. L'équation 1 permet de calculer l'indice pluviométrique (hydrotimétrique) défini comme une variable centrée réduite

$$I_{ps} = \frac{x_i - x_m}{\sigma} \quad (\text{Eq. 1})$$

Avec:

- $X_i$ : valeur de la pluviométrie annuelle (ou du débit annuel) de l'année  $i$ ;
- $X_m$ : valeur moyenne interannuelle de la pluviométrie (ou du débit annuel) sur la période étudiée;
- $\sigma$ : l'écart-type de la pluviométrie interannuelle (ou du débit annuel) sur la période étudiée;
- $I_p$ : indice pluviométrique.

### 2.3.2 CALCUL DE DÉFICITS HYDROCLIMATIQUES

Le déficit de la période sèche, par rapport à la période humide, est évalué en appliquant la formule représentée par l'équation 2 ([14]):

$$D = \frac{X_j}{X_i} - 1 \quad \text{Eq. (2)}$$

Avec :

D: le déficit hydro climatique

$X_j$ : la moyenne sur la période après rupture

$X_i$ : la moyenne sur la période avant rupture

### 2.3.3 DESCRIPTION HYDRO CLIMATIQUE PAR UN MODELE DE KHONOSTAT 1.01

Le Khronostat est un modèle développé par l'IRD (Institut de recherche et de Développement) pour l'école des sciences de l'eau de Montpellier (France). Il permettait de caractériser les variabilités hydro climatiques de l'Ouest au Centre de l'Afrique ([9]).

Les tests de rupture de PETTIT ([10]) et les statistiques de BUIHAND ([11]; [12]) sont appliqués dans cette étude pour analyser la variation pluviométrique et comprendre les tendances de la zone à la sécheresse ou à l'humidité.

#### TEST DE BUIHAND

Le test de Buishand est formulé sur la même base théorique celle de Lee and Heghinian. L'élément statistique représenté par  $U$  est noté par les relations 3, 4 et 5.

$$U = \sum_{k=1}^{N-1} \frac{(S_k)^2}{N(N+1)} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$S_k = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}) \quad \text{Eq. (4)}$$

Où  $S_k$ , es une somme partielle et  $\sigma_x$  représente l'écart quadratique moyen calculé d'après la relation

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \quad \text{Eq. (7)}$$

L'hypothèse nulle signifie qu'il n'y a pas de rupture dans la série temporelle. Le rejet de l'hypothèse nulle signifie qu'il y a un point de rupture dans la série temporelle. Outre ces différentes procédures, la construction d'une ellipse de contrôle permet d'analyser l'homogénéité de la série ( $x_i$ )

### TEST DE PETTITT

Le test de Pettitt se détermine par la relation 8

$$U_{t,N} = \sum_{t=1}^t \sum_{t=t+1}^N \text{Sgn}(x_i - x_j) \quad \text{Eq. (8)}$$

Si  $N$  est le nombre de séries chronologiques,  $\text{Sgn}$  est un coefficient déterminé par la formule 9

$$\text{Sgn} = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad \text{Eq. (9)}$$

Sous l'hypothèse nulle, la statistique de la variable à tester est  $K$  donnée par l'Equation 10.

$$K = \text{Max}|U_t| \quad \text{Eq. (10)}$$

La probabilité de dépassement de  $k$  comme (Equation 11):

$$\text{Prob}(K_N > k) \approx 2 \exp\left(\frac{-6k^2}{N^2 + N^3}\right) \quad \text{Eq. (11)}$$

Lorsque la probabilité de dépassement est inférieure au niveau significatif  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est rejetée pour un niveau de signification  $\alpha$  ([13]).

### 2.3.4 CALCUL DES INDICES DE SÉCHERESSE

Le SPI est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique. Il est l'indication de variation d'une quantité de climatologie sur 30 ans. L'indice est négatif pour les sécheresses, et positif pour les conditions humides ([14]; [15]; [16]).

Cet indice standardisé des précipitations (ISP ou SPI) est noté par la formule 12.

$$\text{SPI} = \frac{(P_i - P_m)}{\sigma} \quad \text{Eq. (12)}$$

avec  $P_i$ : la pluie du mois ou de l'année  $i$ .  $P_m$ : la pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée.  $\sigma$ : l'écart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée. Les conditions de sécheresse sont établies par [17] dans le tableau 1.

Tableau 1. Critères de classification des indices de sécheresse

| Classes                 | Degré de la sécheresse |
|-------------------------|------------------------|
| $\varepsilon > 2$       | Humidité extrême       |
| $1 < \varepsilon < 2$   | Humidité forte         |
| $0 < \varepsilon < 1$   | Humidité modérée       |
| $-1 < \varepsilon < 0$  | Sécheresse modérée     |
| $-2 < \varepsilon < -1$ | Sécheresse forte       |
| $\varepsilon < -2$      | Sécheresse extrême     |

### 2.3.5 CALCUL DU BILAN HYDROLOGIQUE

Pour calculer le bilan hydrologique nous avons appliqué une relation 13 de ([18]) notée par:

$$P = Le + De; m \quad \text{Eq. (13)}$$

$P$ - la lame annuelle précipitée en mm;  $Le$ -la lame annuelle écoulée (mm) et  $De$  -le déficit annuel d'écoulement (mm) sur le bassin versant.

La lame annuelle écoulée en m s'obtient à travers la relation 14 notée par :

$$Le = 365 * 86,4 * Q / S \text{ ce qui équivaut à écrire } Le = 31,6.10^6 * Q / S \quad \text{Eq. (14)}$$

Où: **Q** est le module d'écoulement (**m<sup>3</sup>/s**); **S** est la superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>). Le déficit d'écoulement (De mm) est calculé selon la relation 15:

$$De = P - Le; \text{ mm} \quad \text{Eq. (15)}$$

$$\text{L'indice de débit est déterminé par la relation: } le = (Q - Q_m) / Q_m \quad \text{Eq. (16)}$$

où P et Q - constituent respectivement la pluie et le débit annuels. Quant à P<sub>m</sub> et Q<sub>m</sub> - ce sont les moyennes interannuelles calculées sur la période 1951-1989 de la pluie et des modules du bassin versant.

## 2.4 DÉTERMINATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Le rayonnement solaire est caractérisé par une émission de particules. Ce flux de particules, appelées photons, atteint la terre avec différentes longueurs d'ondes à la quelle correspond une énergie spécifique décrite par les relations [24].

$$E [J] = h \nu = h.c / \lambda \quad \text{Eq. (17)}$$

Où H est constante de Planck  $h = 6,63.10^{-34}$  J.S; **C**, est la vitesse de la lumière égale à  $3.10^8$  m/s

;  $\lambda$  est la longueur d'onde de rayonnement en m et en  $\mu m$ , calculée sur la base de la relation 18 de Wien et de la transformation de la température suivant la relation 19.

$$\lambda_m = \frac{2,9}{T^{\circ}K}; \mu m \quad \text{Eq. (18)}$$

$$T^{\circ}K = t^{\circ}C + 273,15 \quad \text{(Eq.19)}$$

**Transformations:** L'énergie d'un photon a une valeur très faible en joule (J). Pour mieux les comparer, il est souvent commode de changer d'échelle pour avoir des valeurs sans puissance de dix négatives. Ainsi, on a: 1 eV =  $1,60.10^{-19}$  J. Dans ce cas nous prendrons 1 joule =  $0,625. 10^{22}$  milli électron volt (mev).

## 2.5 APPLICATION DE LA METHODE DES ISOHYETES (ISO VALEURS)

Les isohyètes sont des lignes de même pluviosité (iso valeurs de pluies annuelles, température, d'énergie annuelles) tracées grâce aux valeurs des paramètres acquises dans la zone d'étude. Lorsque les courbes isohyètes sont tracées, la pluie moyenne peut être calculée à partir des relations 20 et 21.

$$Y_M = \frac{\sum_{i=1}^K [(A_i) * X_i]}{A} \quad \text{Eq. (20)}$$

$$X_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \quad \text{Eq. (21)}$$

$Y_M$ , est la moyenne des paramètres (pluviométrie, température, énergie) considérés. **A** est la superficie en km<sup>2</sup> du bassin versant. **A<sub>i</sub>** est la surface unitaire entre deux isohyètes ou iso valeurs de  $h_i$  et  $h_{i+1}$  et K est le nombre de mesures.

## 3 RESULTATS

### 3.1 EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA TEMPERATURE ANNUELLES

#### 3.1.1 INDICES DE PLUIES ET DE DEBIT FLUVIAL

La préfecture de Kouroussa a connu les années d'humidité de 1981 à 1993. Alors que de 1994 à 2009 nous avons observé des années de sécheresse. Le retour aux conditions d'humidité est signalé entre 2010 et 2021 (**Figure 4a**). De 1981 à 1993 la pluviométrie est de 1082 mm et de 1994 à 2010 la pluviométrie moyenne annuelle vaut 1131 mm. De 2011 à 2022 nous avons obtenu 1746 mm de hauteurs pluviométriques moyennes (**Figure 4a**). Le débit moyen du fleuve Niger de 1980 à 1994 est estimé à 121,5 m<sup>3</sup>/s alors que le débit évalué entre 1995 et 2018 est de 173,3 m<sup>3</sup>/s (**Figure 4b**).

### 3.1.2 VARIATIONS ANNUELLES - INTERANNUELLES DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA TEMPERATURE

On observe sur la **figure 5a** que de 1981 (2090, 48 mm) à 1992 (1495,57 mm) la pluviométrie annuelle est supérieure ou égale à la moyenne générale (1492,57 mm). Les deux années de 1993 (1154,88 mm) et de 1994 (1377,25 mm) sont marquées par les pluviométries inférieures à la moyenne générale (**Figure 5a**). En 1995 la pluviométrie enregistrée se confond à la moyenne générale (1495,57 mm) avant de baisser en intensité en 1996 (970,31 mm). Les pluviométries enregistrées sont enregistrées au cours des années 1997 (1684,86 mm), 1998 (1918,21 mm) baissent à 1495,57 mm en 1999a (**Figure 5a**). La baisse de la pluviométrie est importante selon la **figure 5a** de l'année 2000 (1131,15 mm), de l'année 2001 (605,13 mm), 2002 (556,35 mm), 2003 (696,53 mm), 2004 (742,24 mm), 2005 (759,82 mm), 2007 (619,19 mm). A partir de cette année 2007 la tendance des précipitations est à la hausse en 2008 (1495,57 mm), 2009 (1868,12 mm), 2010 (1754,74 mm) avant de baisser en intensité en 2011 (1131,59 mm). De l'année 2012 de hauteur pluviométrique évaluée à 1729,25 mm jusqu'à l'année 2021, qui enregistre une hauteur pluviométrique de 1703,34 mm, les variations pluviométriques sont oscillatoires autour de la moyenne de 1495,57 mm (**Figure 5a**). L'année la plus pluvieuse est 2021 (2427,01 mm). On observe que de 1981 (2090, 48 mm) à 1992 (1495,57 mm) la pluviométrie annuelle est supérieure ou égale à la moyenne générale (1492,57 mm). Les deux années de 1993 (1154,88 mm) et de 1994 (1377,25 mm) sont marquées par les pluviométries inférieures à la moyenne générale (**Figure 5a**). En 1995 la pluviométrie enregistrée se confond à la moyenne générale (1495,57 mm) avant de baisser en intensité en 1996 (970,31 mm). Les pluviométries de grandes hauteurs qui sont enregistrées au cours des années 1997 (1684,86 mm), 1998 (1918,21 mm) baissent à 1495,57 mm en 1999a. La baisse de la pluviométrie est importante durant l'année 2000 (1131,15 mm), les années 2001 (605,13 mm), 2002 (556,35 mm), 2003 (696,53 mm), 2004 (742,24 mm), 2005 (759,82 mm), 2007 (619,19 mm). A partir de cette année 2007 la tendance des précipitations est à la hausse en 2008 (1495,57 mm), 2009 (1868,12 mm), 2010 (1754,74 mm) avant de baisser en intensité en 2011 (1131,59 mm). De l'année 2012 de hauteur pluviométrique évaluée à 1729,25 mm jusqu'à l'année 2021, qui enregistre une hauteur pluviométrique de 1703,34 mm. Les variations pluviométriques oscillatoires autour de la moyenne de 1495,57 mm. L'année la plus pluvieuse est de 2021 (2427,01 mm) selon le **figure 5a**.

De 1981 à 1995 les températures moyennes annuelles ont peu varié de 25,01°C (1981) à 25,69°C (**Figure 5b**). Les valeurs de températures sont restées inférieures à la moyenne de 26,10°C. En 1996 la température est montée à 26,76°C avant de décroître jusqu'à 25,2°C (1999), peu évoluée de l'ordre de 25,5°C à l'année 2000 (**Figure 5b**). Les années 2001 (27,86°C), 2002 (29,18°C), 2003 (28,73°C), 2004 (28,47°C), 2005 (28,21°C), 2006 (28,38°C), 2007 (28,3°C), 2008 (28,58°C) observables sur la **figure 5b**.

### 3.1.3 VARIATIONS DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA TEMPERATURE SAISONNIERES

On observe sur la **figure 6a** les températures différentes déterminées au cours des mois. Nous obtenons au mois de janvier (23,69°C), de février (27,26°C), de mars (30,52°C), d'avril (31,42°C), de mai (29,18°C) et de novembre (23,80°C) et décembre (22,42°C). Ce sont les plus hautes valeurs pendant cette saison correspondant aux saisons sèches dans la zone d'étude (**Figure 6a**). Pendant la saison pluvieuse les valeurs de température sont les suivantes sur la **figure 6a**: juin (26,72°C), juillet (24,90°C), août (24,08°C), septembre (24,39°C) et octobre (24,94°C). Les mois qui couvrent la saison pluvieuse concernent mai (123 mm), juin (218 mm), juillet (304 mm), août (397 mm), septembre (294 mm), octobre (118 mm).

### 3.1.4 VARIATIONS MENSUELLES DE LA TEMPERATURE ET DE L'ENERGIE SPECIFIQUE

Les températures selon la **figure 6a** baissent à partir du mois de mai (29,18°C) commencent à baisser au mois de juin (26,72°C), en juillet (24,90°C), au mois d'août (24,08°C), au mois de septembre (24,39°C) et au mois d'octobre (24,94°C). Les températures se caractérisent au mois de novembre par 23,80°C et 22,42°C au mois de décembre. Les mois de janvier (23,69°C), de février (27,26°C), de mars (30,52°C) et d'avril (31,42°C) sont très chauds (**Figure 6a**). Les données sur les coordonnées de points d'observation et les résultats de calculs de l'énergie spécifique des photoélectrons sont présentés dans le tableau... Nous avons trois mois qui connaissent de grandes énergies rayonnantes: le mois de février ( $2036.10^E-26J$ ), de mars ( $2083.10^E-26J$ ), d'avril ( $2089.10^E-26J$ ) et de mai ( $2074.10^E-26J$ ).

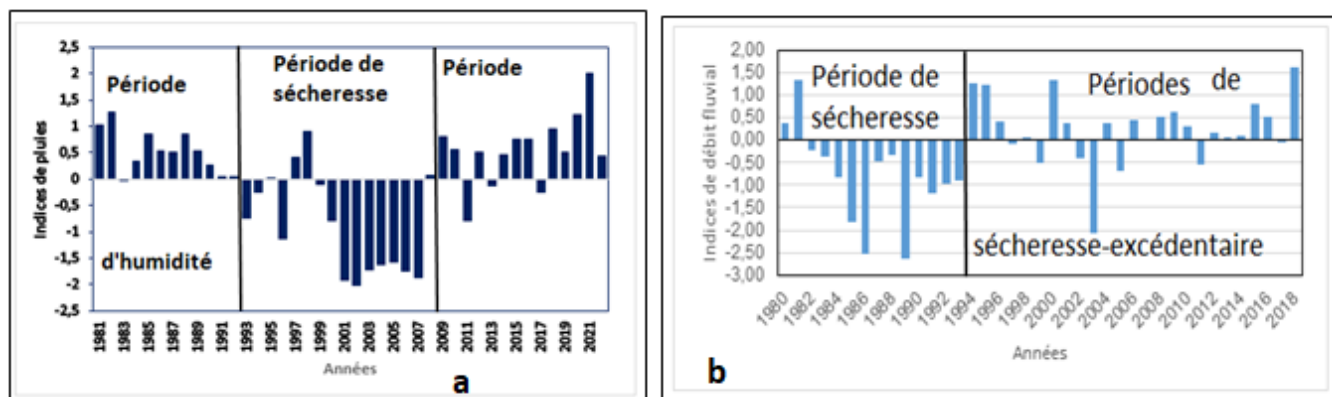


Fig. 4. Indices de pluies (4a de la période 1981-2022) et de débit fluvial (4b de la période 1980-2018)

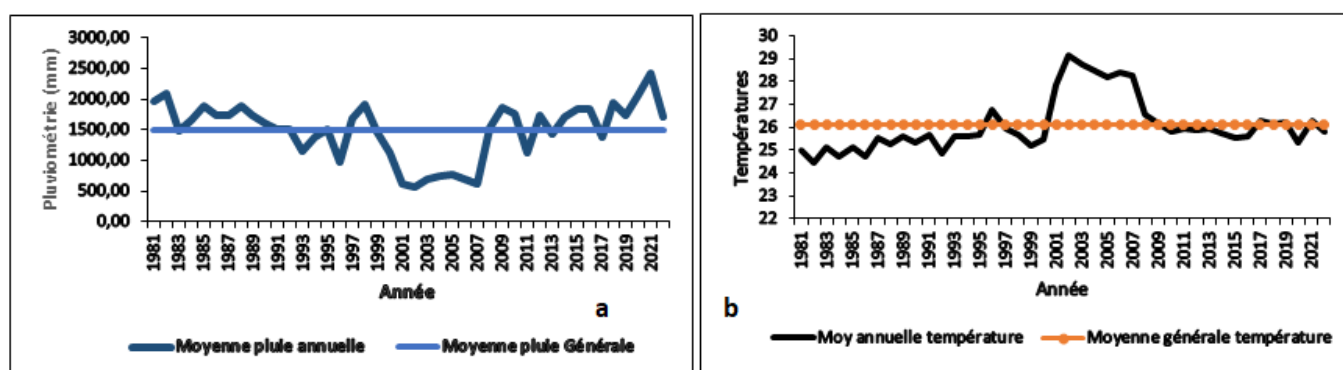


Fig. 5. Variations de la pluviométrie moyenne (5a) et de température moyenne (5b) autour de leurs moyennes annuelles (période de 1981-2022)

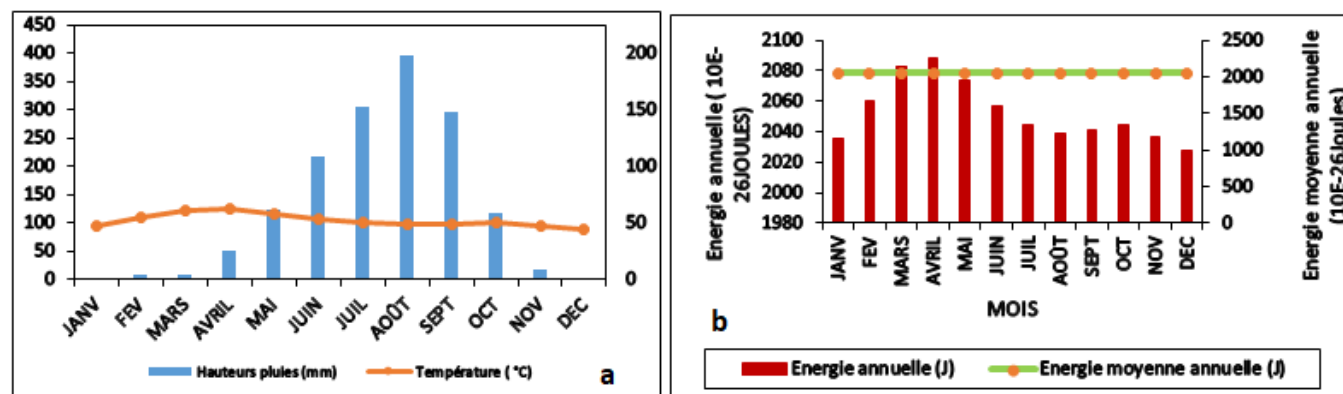


Fig. 6. Diagrammes ombrothermique (6a) et Variation mensuelle de l'énergie solaire par rapport à la moyenne (6b)

### 3.1.5 BILAN HYDROLOGIQUE

Les résultats du bilan hydrologique calculé à partir des données de précipitation (P) et de lame d'eau d'écoulement du bassin du fleuve Niger (Le) à Kouroussa sont notés dans le **tableau 2**. Le déficit est représenté par la valeur de 1461 mm qui correspondent à 95% des précipitations.

Tableau 2. Le bilan hydrologique de la zone d'étude (période 1981-2022)

| P (mm)  | Le (mm) | De (mm) | Ke (%) |
|---------|---------|---------|--------|
| 1540,55 | 80      | 1460,55 | 95     |

### 3.1.6 RESULTATS DE CALCULS ÉNERGETIQUES AUX POINTS D'OBSERVATION

Sur la **figure 7**, les résultats donnés suite aux calculs sont différents selon les positions géographiques de localités de Kouroussa et de ses environs: A Banko à l'ouest ( $E=2048.10E-26J$ ), Banfele au sud ( $E=2048.10E-26J$ ), Douako au sud ( $E=2048.10E-26J$ ), Cissela au nord ( $E=2051.10E-26J$ ), Bissikrima au nord-ouest ( $E=2051.10E-26J$ ), Babila à l'est ( $E=2052.10E-26J$ ), Kiniero au centre est ( $E=2052.10E-26J$ ), Kouroussa centre ( $E=2052.10E-26J$ ), Dinguiraye centre au Nord ( $E=2054.10E-26J$ ), Norassoba au nord est ( $E=2057.10E-26J$ ), Komola au nord ( $E=2056.10E-26J$ ), Sanguiana au nord-ouest ( $E=2056.10E-26J$ ), Balato à l'est ( $E=2057.10E-26J$ ), Baro au centre est ( $E=2057.10E-26J$ ), Koumana à l'est ( $E=2057.10E-26J$ ), Banora au nord-ouest ( $E=2058.10E-26J$ ), Doura à l'est ( $E=2058.10E-26J$ ), Bate Nafadji au nord-est ( $E=2060.10E-26J$ ).

### 3.1.7 REPRESENTATION DE VARIATION SPATIALE DE SECHERESSE, RECHAUFFEMENT ET DES ÉNERGIES SPECIFIQUES DANS LA ZONE D'ETUDE

Le déficit pluviométrique est observé dans la zone d'étude au fur et à mesure que l'on évolue du nord au sud (**Figure 8a**). Les hauteurs pluviométriques établies à 1260 mm aux extrêmes nord-est et nord-ouest augmentent progressivement de 1280 mm à 1460 mm vers le centre de la zone d'étude (**Figure 8a**). Du centre vers les parties sud-est et sud-ouest les hauteurs pluviométriques augmentent en intensité de 11480 mm à 1660 mm vers le sud de la zone d'étude (**Figure 8a**). Les températures très chaudes de 27°C sont observées au nord et au nord-est avec des valeurs de températures annuelles qui sont variables entre 26 et 27,3°C. Les températures, moyennement chaudes au nord au sud, oscillent entre 26,8 et 25,6°C. Plus au sud, nous observons les basses températures qui sont variables entre 25,5 et 25,2°C (**Figure 8b**). La période 1981-1990 a été caractérisée par des températures de 24 et 25°C alors que la période de 1991-2000 s'est distinguée par les températures de 24 et 26°C. L'évolution décennale des températures de la série chronologique 1981-2022 est représentée sur la figure 7c. Il apparaît que la période 2001-2010 fut très chaude. A cette période les températures ont été évaluées entre 24 et 28°C. Durant la période 2011-2022 les températures sont au minimum 24°C et maximum de 26,5°C (**Figure 8c**). Sur la **figure 7d** les zones de grands rayonnements énergétiques sont liées aux rayonnement de photons qui sont observables lorsque nous quittons de l'extrême Nord et continuons vers le Nord-Est. Les bandes d'énergies importantes sont variables entre 300,4 et 299,9.  $10^E-26$  Joules (**Figure 8d**). Dans la partie centrale les énergies sont moyennes et varient entre 299,7 et 299,00.  $10^E-26$  Joules. Les parties Sud et Sud - Ouest sont moins productrices d'énergie spécifique rayonnantes. Les valeurs d'énergie varient entre 298,9 et 298,3.  $10^E-26$  Joules (**Figure 8d**).



**Fig. 7. Evolution de l'énergie solaire spécifique par localités (1981-2022)**

La Guinée s'étend sur une superficie de 245 857 km<sup>2</sup> avec une radiation solaire évaluée à 4,8 Kwh/m<sup>2</sup>/j [25], soit 1752 kwh/m<sup>2</sup>/an. Ainsi, les points d'énergie calculées correspondent à des unités de surface. En multipliant le rapport de proportionnalité entre les surfaces des localités par rapport à la superficie totale de la Guinée, à la radiation solaire de Guinée nous avons pu obtenir des radiations spécifiques telles que définies sur la **figure 8**.

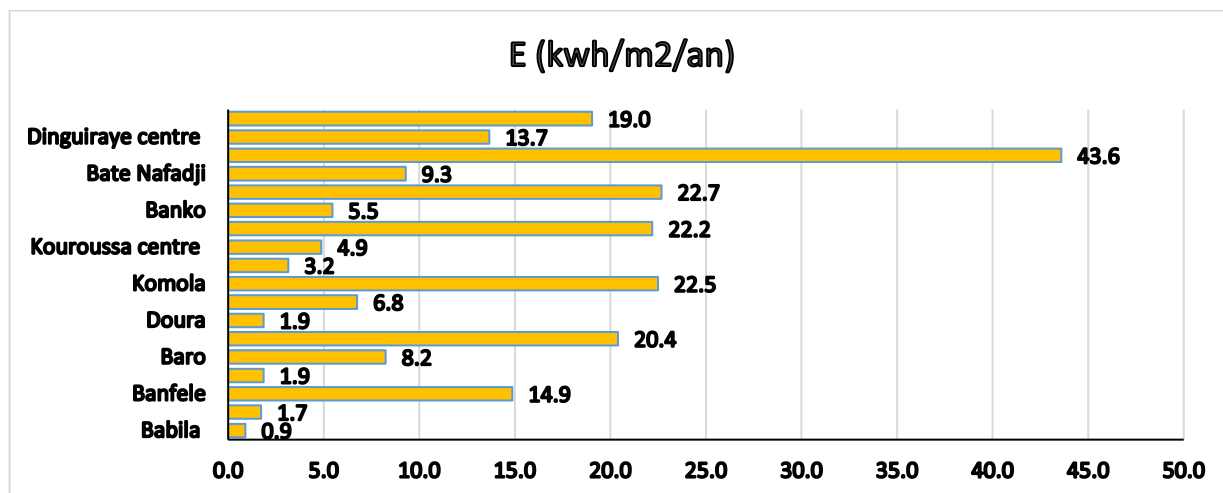


Fig. 8. Radiation solaire moyenne annuelle des localités par rapport à la superficie totale de Guinée

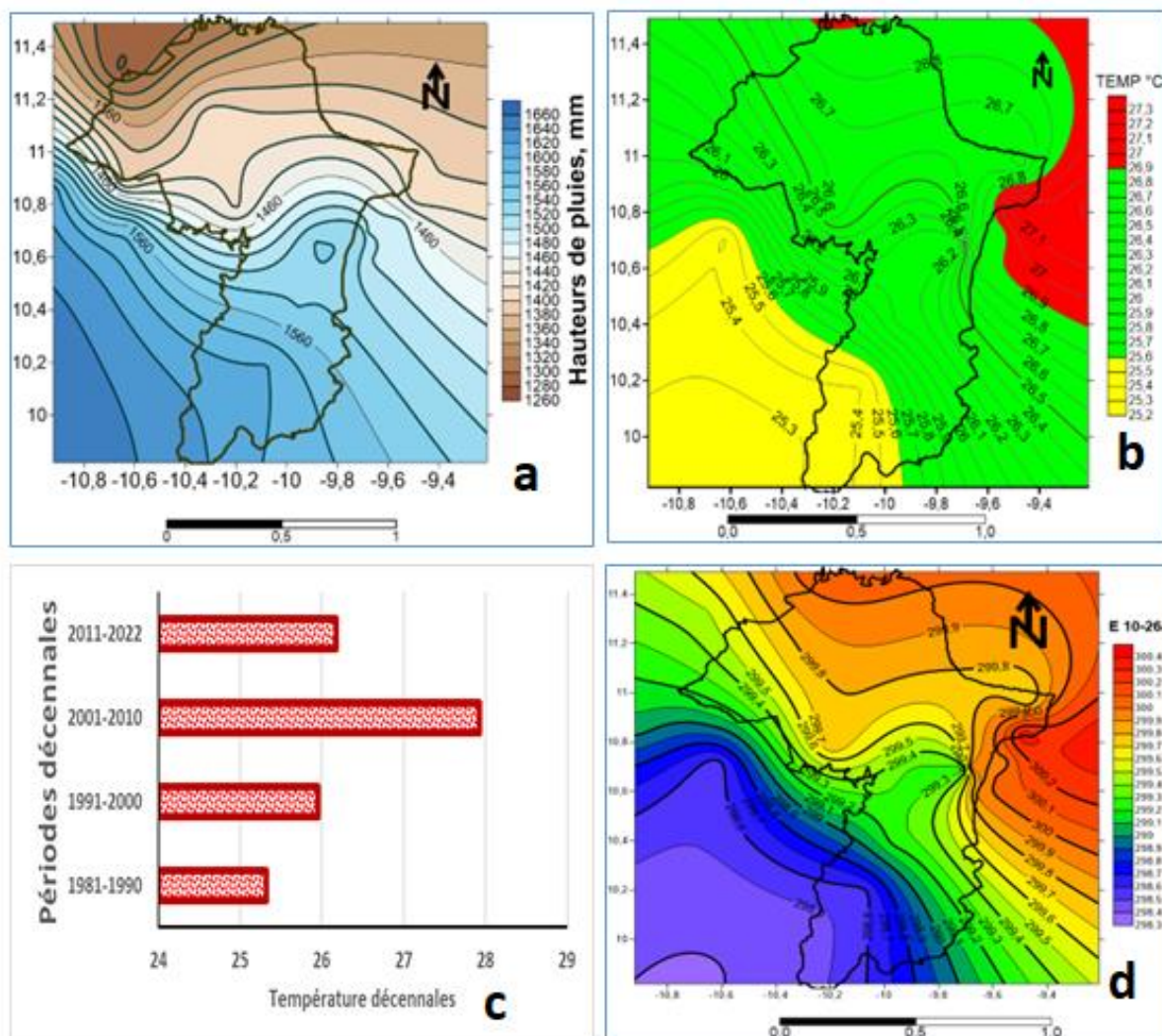


Fig. 9. Variations spatiales des données climatiques et d'énergies rayonnantes dans la zone d'étude

#### 4 DISCUSSION

Les changements climatiques observés du nord au vers le sud de la Guinée sont localement observés dans la zone de Kouroussa. Les déficits pluviométriques sont remarquables lorsque nous évoluons du centre vers le nord et le nord-est de la zone d'étude. Les parties soumises à la sécheresse sont les plus exposées aux rayonnements solaires. Les températures de la surface terrestre contenant des quantités de photons sont sources d'énergie thermique. C'est pourquoi les énergies solaires sont parmi les formes d'énergie renouvelables les plus sollicitées en cette période de réchauffement climatique en Europe. En France la transition écologique pour soutenir le développement durable passe par l'exploitation de l'énergie solaire. Dans notre cas nous avons exposé que les parties qui sont les plus chaudes sont productrices également de grandes énergies spécifiques. Les rayonnements solaires et les augmentations de température placent des populations à d'importants risques de maladies quand bien même il serait important d'exploiter l'énergie solaire dans cette partie de la République de Guinée. L'énergie solaire photovoltaïque consiste à transformer directement la lumière provenant du soleil en électricité. L'effet photovoltaïque même qui a été découvert par Antoine Becquerel en 1839 et expliqué scientifiquement par Einstein (1905) dans [19]. C'est une énergie naturelle quoique l'on aura besoin de réglementations pour sa production, comme cela est le cas en Europe. Il faut savoir que le rayonnement solaire est une émission de particules appelées photons correspondant à une manifestation d'énergie utilisable. La transition énergétique est entreprise en France au cours de ce 21<sup>ème</sup> siècle pour soutenir un nouveau programme de modèle énergétique. L'investissement scientifique et technologique dans ce programme permet de protéger l'environnement et faire face à l'épuisement des ressources ([20]). Le Soleil émet dans son entourage une énergie fantastique, qui correspond à une perte de masse de 4 millions de tonnes par seconde; 4 millions de tonnes de lumière ! Pourtant, à l'échelle de la cellule, la conversion de l'énergie lumineuse utile en glucose est excellente: le rendement est de 30 %, ce qui est le rendement d'une bonne centrale électrique ([21]).

Le rayonnement solaire provoque le départ d'électrons et donc la génération d'un courant électrique. Les matériaux susceptibles de convertir relativement efficacement l'énergie contenue dans la lumière en déplacement d'électrons sont de type semi-conducteur. Les semi-conducteurs ont la particularité de ne conduire l'électricité qu'à partir du moment où l'énergie incidente (l'énergie solaire) est suffisante. Ces matériaux sont généralement à base de silicium. On en fait des cellules d'une taille de quelques centimètres. L'assemblage de ces cellules conduit aux panneaux photovoltaïques. Ces derniers permettent d'alimenter des pompes hydrauliques, des sources lumineuses (panneaux d'affichage, éclairage...), de batteries afin de stocker l'énergie électrique et tout autre appareil électrique de puissance similaire. Pour un fort ensoleillement (de l'ordre de 1000 watts par m<sup>2</sup>), un panneau d'1 m<sup>2</sup> fournira au mieux de 100 à 150 watts (compte tenu des rendements actuels compris entre 10 et 15 %).

Le stockage de l'électricité dans des batteries permet de s'affranchir des intermittences de l'ensoleillement et de satisfaire les besoins sans interruption ([22]). Annuellement, c'est environ de 60 % de l'énergie solaire qui nous arrive sous forme de rayonnement diffus, et 40 % sous forme de rayonnement direct.

Pour permettre une comparaison de l'efficacité de différentes cellules, on définit ces caractéristiques dans des conditions de test bien précises (STC = Standard Test Conditions). Ces conditions sont: émission lumineuse de 1 000 W/m<sup>2</sup>, température de 25 °C, conditions spectrales Air Mass 1.5 de composition du spectre identique au spectre solaire lorsqu'il traverse une épaisseur d'atmosphère, ce qui correspond à un angle d'incidence de 41.8° par rapport à l'horizontale ([24]; [26]; [23]). En Guinée la durée annuelle moyenne d'ensoleillement en Haute Guinée est 2700 heures avec un potentiel énergétique de 500MW qui représentent 8,9% du potentiel total ([25]).

#### REFERENCES

- [1] Sangaré, S., Mahé, G., Paturel, J. E., & Bangoura, Y. (2002). Bilan hydrologique du fleuve Niger en Guinée de 1950 à 2000. *Sud Sciences et Technologies*, 9, 21-33.
- [2] Diarra D. Z., (2004). Impacts des changements climatiques en Afrique. 35p. <https://www.wamis.org/agm/meetings/iwacc09/S3-Diarra.pdf>.
- [3] Al Hamndou D. Et Requier-Desjardins M. (2008). Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique: s'adapter, une approche intégrée. VertigO- la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, mis en ligne le 07 novembre 2008, consulté le 07 janvier 2022.
- [4] Pachauri, R. K., & Reisinger, A. (2008). Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. GIEC.
- [5] PANA-Guinée. 2007. Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA-Guinée), PNUD/CCNUCC, pp. 92.
- [6] MEEF, (2018). Seconde communication nationale à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques, Conakry. 162p.
- [7] INS (2014). Recensement général de la population et de l'Habitat 2014. Données sociodémographiques et économiques: Préfecture de Siguiri. Institut National de la Statistique, Bureau Technique du Recensement, Région Haute Guinée, République de Guinée.
- [8] Abdou A., Thierry Lebel T.L. & Abou A., 2008. Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel. *Sécheresse* (19), 227-235.

- [9] Boyer J.F. (2002): Khronostat 1.01: Logiciel d'analyse statistique de séries chronologiques. Disponible en ligne: <http://www.hydrosociences.org/spip.php?article1000>.
- [10] Pettitt A.N. (1979): « A non-parametric approach to the change point problem ». *Applied Statistics*; 28 (2): 126-35.
- [11] Buishand T.A., 1984. Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. *Journal of Hydrology*, vol. 58, pp. 51-69, 1984.
- [12] Buishand T.A. (1982). « Some methods for testing the homogeneity of rainfall records ». *Journal of Hydrology*; 58 (1-2): 11-27.
- [13] Bodian, A. (2014). Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 8), 297-312.
- [14] Hayes M., Svoboda M., Wall N., Widhalm M. (2011). The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92, 485-488.
- [15] Kourouma, M., Kourouma, M., Keita, D., Soro, T. D., Soro, G., Soumaré, O., Soro, N., (2023). Study of spatial and temporal climate variability in the Siguiri sub-basin (North-Eastern Guinea). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20 (1), Article 1. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.1.2072>.
- [16] Mc Kee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. *Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology*, p. 233-236. Amer. Meteor. Soc., Boston.
- [17] Faye C., Sow A.A. & Ndong J.B. (2015). Étude des sécheresses pluviométriques hydrologiques en Afrique tropicale caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, 9, 17-35.
- [18] Bamba, F., Diabaté, M., Mahé, G., & Diarra, M. (1998). Variabilité hydrologique sur le haut bassin du fleuve Niger. *Revue Malienne de Science et de Technologie*, 4, 6-22.
- [19] Abdelhady, S. (2011). Comments on Einstein's explanation of electrons, photons, and the photo-electric effect. *Applied Physics Research*, 3 (2), 230-240.
- [20] Schwarz, V., & Lavergne, G. (2015). Why must there be an energy transition?. *Responsabilité et Environnement*, 2 (78), 7-10.
- [21] Peychès, I. (1974). Soleil, énergie et agriculture. *Journal de la société française de statistique*, 115, 317-326.
- [22] Avadikyan, A., & Mainguy 1, C. (2016). Accès à l'énergie et lutte contre le changement climatique: opportunités et défis en Afrique subsaharienne—Présentation. *Mondes en développement*, (4), 7-24.
- [23] Kharef, F. Z., & Masmoudi, R. (2021). *Commande MPPT pour les panneaux photovoltaïques en ombrage* (Doctoral dissertation, Commande Electriques).
- [24] Energieplus, 2010. Caractéristiques électriques des cellules et des modules photovoltaïques. <https://energieplus-lesite.be/theories/photovoltaique6/caracteristiques-electriques-des-cellules-et-des-modules-photovoltaiques/>.
- [25] ECOWAS Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (ECREEE), MHE- Guinée (2015). <http://www.ecreee.org>.
- [26] Belhadj, M., Benouaz, T., Cheknane, A., & Bekkouché, S. M. E. A. (2010). Estimation de la puissance maximale produite par un générateur photovoltaïque. *Journal of Renewable Energies*, 13 (2), 257-264.

## Caractérisation des processus détritiques sur le littoral Ivoirien: Cas d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

### [ Characterization of detrital processes on Ivory coast: Case of Abidjan (Côte d'Ivoire) ]

**GBAMBLE Bi Youzan Aimé<sup>1</sup>, EGORAN Blandine Akissi Épouse KOUASSI<sup>1</sup>, and AHOURE N'Guessan Donald<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Université de San Pedro, Unité de formation et de recherche des Sciences de la mer, UP: Géologie, Hydrogéologie, Biogéographie marine et Science du littoral, BP V1800 San Pedro, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Alassane OUATTARA, Unité de formation et de recherche des Sciences et Technologies, Département de BIOSCIENCES, BP V 1801 Bouaké, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2024 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 coastline in Abidjan -Côte d'Ivoire present many potential. Much previous work has been done there. However, there are few studies that essentially address the petro-sedimentary processes of detrital deposits in their transfer to the coast in Abidjan. Granulometric, morphoscopic and mineralogy approaches made it possible to characterize these detrital deposits on the coast. The sediments would have been preferentially moved by traction. At the end of their transfer, these sediments were deposited in the beach area and coastal dune. The appearance of the quartz grains in Abidjan area remains dull and not very shiny. These grains have rounded, sub-rounded, sub-angular, angular and masted round shapes. The proportion of haevy minerals increases from the «canal Est» site to the «Cité U» site. This follows the direction of the littoral drift.

**KEYWORDS:** Coastline, grain size, morphoscopy, mineralogy, Côte d'Ivoire.

**RESUME:** Le littoral à Abidjan en Côte d'Ivoire, présente des potentialités. De nombreux travaux antérieurs y ont été réalisés. Toutefois, rare sont les études qui abordent essentiellement les processus pétro-sédimentaires des dépôts détritiques dans leur transfert sur le littoral à Abidjan. Les approches granulométrique, morphoscopique, et minéralogique ont permis de caractériser ces dépôts détritiques du littoral. Les sédiments auraient été préférentiellement déplacés par traction. A la fin de leur parcours, ces sédiments se sont déposés dans le domaine plage et d'une côtière. L'aspect des grains de quartz dans la zone d'Abidjan reste émoussé peu luisant. Ces grains ont des formes arrondies, sub-arrondies, sub-anguleuses, anguleuses et ronds mâts. La proportion des minéraux lourds augmentent du site « Canal est » vers le site « Cité U ». Ceci suit le sens de la dérive littorale.

**MOTS-CLEFS:** Littoral, granulométrie, morphoscopie, minéralogie, Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

La zone littorale d'Abidjan est grandement ouverte sur l'océan Atlantique. Cette zone d'une forte potentialité économique présente d'importants risques côtiers. Citons l'instabilité des masses sédimentaires ou l'érosion, inondation, pollution marine, etc. Cette zone a fait l'objet de plusieurs investigations, qui se sont intéressées: à la réalisation de la carte de sensibilité littorale (Abé, 2005); au calcul du trait de côte après une tempête (Konan, 2012); au calcul de l'épaisseur de la couche mobile au cours d'un cycle de marée (Aby, 2017), à la connaissance de l'impact des houles sur les équilibres sédimentaires côtiers (GBEGBE,

2021). Cependant rares sont les investigations qui décrivent les processus détritiques en termes de paléoenvironnement (granulométrie, modèle et agent de transport, milieu de dépôt, etc.), sur le longshore à Abidjan.

### 1.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude appartient au bassin sédimentaire ivoirien. Celui-ci représente 1/3 des formations géologiques ivoiriennes (figure 1). La plage d'Abidjan est essentiellement constituée de côtes basses sableuses. Ce milieu transitoire est soumis à l'effet dynamique des marées et des vagues. L'évolution morpho-sédimentaire de cette zone est sous l'influence du canal artificiel de Vridi, du trou sans fond et des paramètres océaniques.

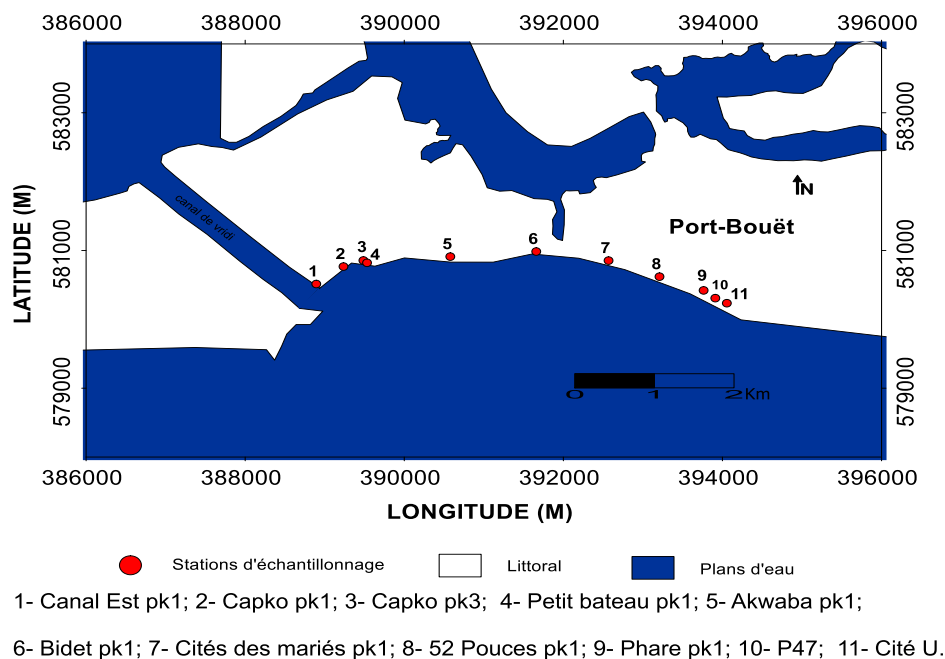


Fig. 1. Station de prélèvement des sédiments sur la plage

## 2 MATERIEL ET METHODE

Les sédiments du littoral (plage aérienne) ont été échantillonnés en surface de chaque unité morphologique (hauts, mi et bas estrans). Ces sédiments vont servir à caractériser les processus pétro-sédimentaires à travers les études granulométriques, morphoscopiques et minéralogiques. Les échantillons ont été conditionnés, puis tamisés à sec selon la méthode de Saaidi (1991). Le logiciel statistica 10.2 a été nécessaire pour la réalisation des graphiques pour le mode de transport.

L'approche granulométrique détermine le mode de transport par la méthode de Visser (Lucyna & Paweł, 2011; Xiao *et al.*, 2012; Maciej, 2015), le type de dépôt par la méthode de Tricart (Bétard et Bourgeon, 2009), et l'environnement de dépôt à partir des diagrammes de dispersions de Moiola & Weiser (Adopo *et al.*, 2016; Ahmad *et al.*, 2017; Ramadan *et al.*, 2019; Ayodele et Madukwe 2019). La classe de sédiments utilisée pour la minéralogie est la fraction C ( $0,10 \text{ mm} < \phi < 0,20 \text{ mm}$ ) car l'identification des minéraux dans les fractions plus grossières ou plus fines est difficile (Samir *et al.*, 2012). Les minéraux observés n'ont pas subi de tri préalable par séparation densimétrique (Parfnoff *et al.*, 1970, Saaidi, 1991). Ces minéraux ont fait l'objet d'une observation directe à la loupe binoculaire OPTIKA 4X et ont été identifiés à partir des minéraux tests.

Les études morphoscopiques ont été réalisées à la loupe binoculaire (grains de quartz de la fraction  $500\text{-}630 \mu\text{m}$  selon Parfnoff *et al.*, (1970), Mouyalou (2017) et Konan, (2012)). Elle renseigne sur la nature de l'agent de transport (Boulvain, 2008), puis permet de connaître le milieu de dépôt des grains et met en évidence certains remaniements.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 MODE DE TRANSIT DES DEPOTS RECENTS DU LONGSHORE D'ABIDJAN

Les sédiments peuvent se déplacer par la traction ou le fluage; par la saltation ou mode mixte (saltation/fluage, saltation/suspension).

##### 3.1.1 TRANSPORT PAR LA TRACTION

Le transport par la traction ou par le fluage est observé dans les sédiments du canal est, de Cakpo, de Petit bateau, d'Akwaba, de Bidet, du Site Cité des mariés et 52 Pouce. Par ailleurs, certains estrans de ces sites recouvrent des sédiments transportés par un mode mixte: saltation/traction et saltation/suspension. Au sein de ces sédiments, l'on rencontre soit une seule population soit deux ou trois populations (figure 2).

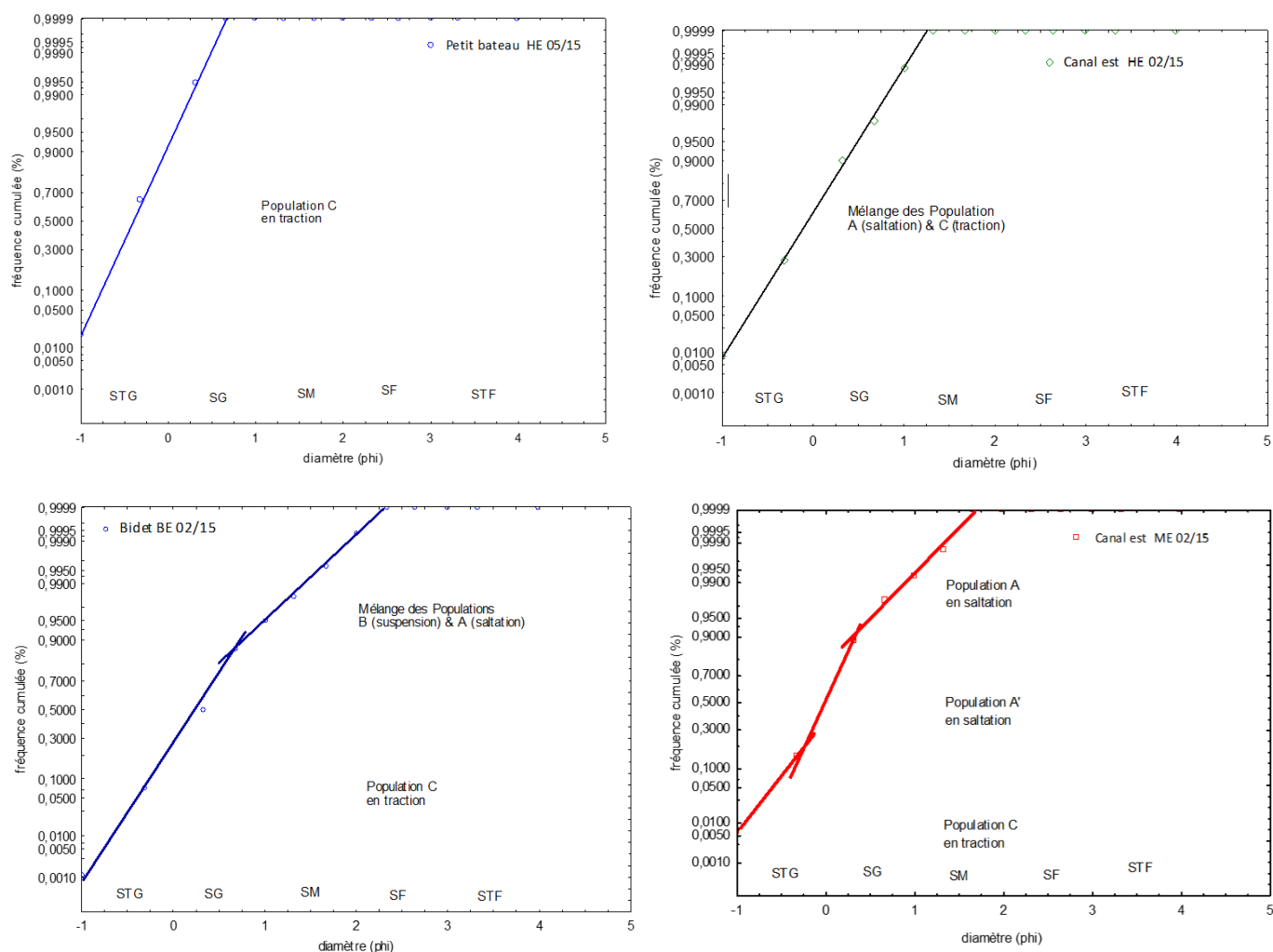


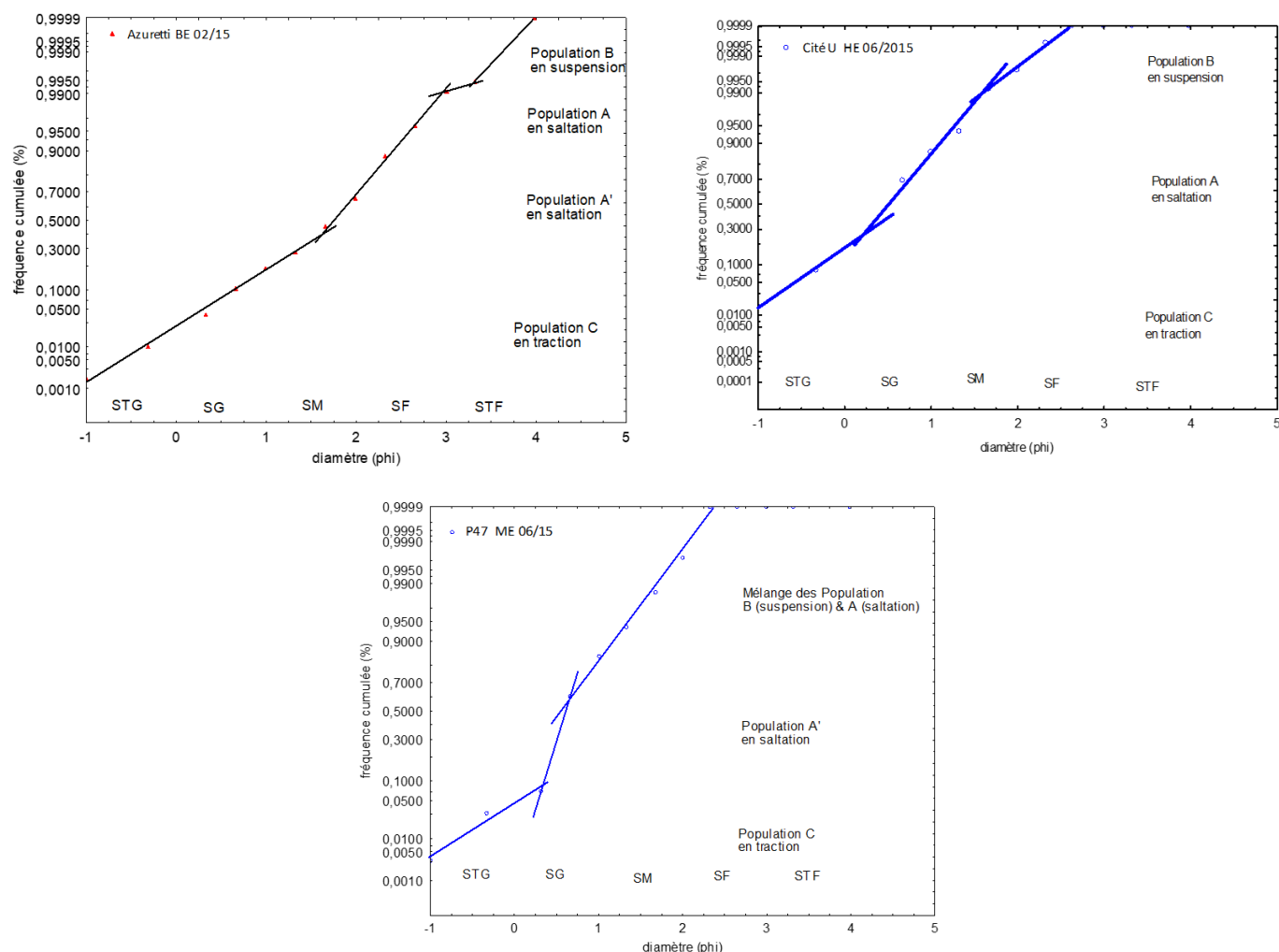
Fig. 2. Transport par la traction

Le mélange de population B et de la population A contient 7 % de sables grossiers et 5,1 % de sables moyens qui sont transportés par saltation et 0,09 % de sables fins déplacés par suspension. En effet, il existe une étroite association entre une importante population de matière en suspension, une forte concentration de sédiments en suspension dans la mer et un taux de sédimentation rapide. Ces relations concernant le tri de cette population en suspension et le mélange avec la population en saltation sont ambiguës. Cependant, ils semblent refléter la turbulence dans l'eau de recouvrement (vague) et la présence d'une couche limite d'eau chargée en sédiments. Cette couche limite se situe entre le fond et la profondeur à laquelle la vitesse de l'écoulement ne varie plus, environ 1 à 10 m au-dessus du fond de la mer. Les forts courants produisent une couche limite qui freinent à la fois la quantité et le tri de la population de suspension incluse dans la distribution. Un solide mélange entre la

suspension et la saltation semble être lié à des conditions très variables de l'énergie, qui se traduisent par la destruction partielle de la couche limite d'eau chargé en sédiments.

### 3.1.2 TRANSPORT PAR LA SALTATION

Les sables du site "Phare", du site P47, du site Cité U, sont mobilisés préférentiellement par saltation. Toute fois on est sans ignorer que quelques sédiments ont connu un transport mixte. Les sédiments sont renfermés par trois à quatre populations (figure 3).



**Fig. 3. Transport par la saltation**

### 3.2 AGENT ET DUREE DE TRANSPORT DES SABLES DU LITTORAL ABIDJAN

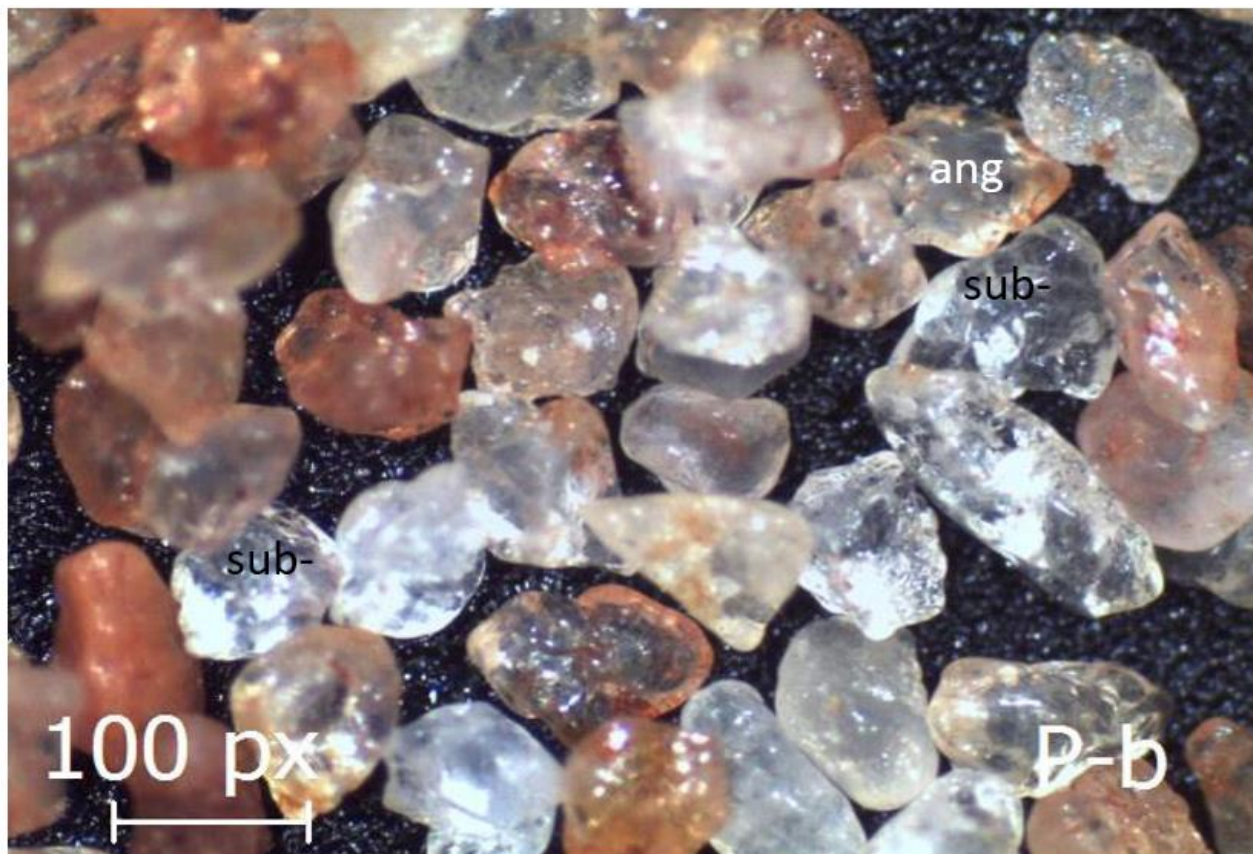
La morphoscopie des quartz des sédiments sableux porte sur l'état de la surface et la forme (la morphométrie) des grains. Ces deux paramètres permettent de connaître, respectivement, l'agent et la durée de transport par les grains, depuis la source pourvoyeuse.

### 3.3 ETAT DE SURFACE ET FORME DES GRAINS

Les grains de quartz de la zone d'Abidjan sont émoussés, peu luisants (figure 4). Nous distinguons trois (03) types de forme de grain sur le littoral: les formes sub-arrondies, les formes sub-anguleuses et les formes anguleuses (figure 5). En outre, leur sphéricité est dans l'intervalle [0,3-0,8] et leur arrondi est situé dans la fourchette [0,1-0,5].



**Fig. 4.** Quartz émoussés peu luisants



**Fig. 5.** Forme des quartz des sites Abidjan,

*ang: anguleux, sub-ang: sub-anguleux, sub-arr: sub-arrondi*

L'analyse interprétative indique que les sédiments du littoral transportés par traction, saltation ou traction/saltation, ou encore saltation/traction, ont une surface émoussée peu luisante. Ceci montre que le transport s'est fait essentiellement par l'eau. Ils sédimentent dans un lieu où les courants d'eau sont tantôt réguliers, tantôt irréguliers. Toutes les aspérités de ces

grains relèveraient de la mécanique par frottement engendrée par les énergies des vagues. Par ailleurs, ces aspérités témoignent de la distance suivant laquelle les grains ont été transportés. Cette distance peut être courte ou longue.

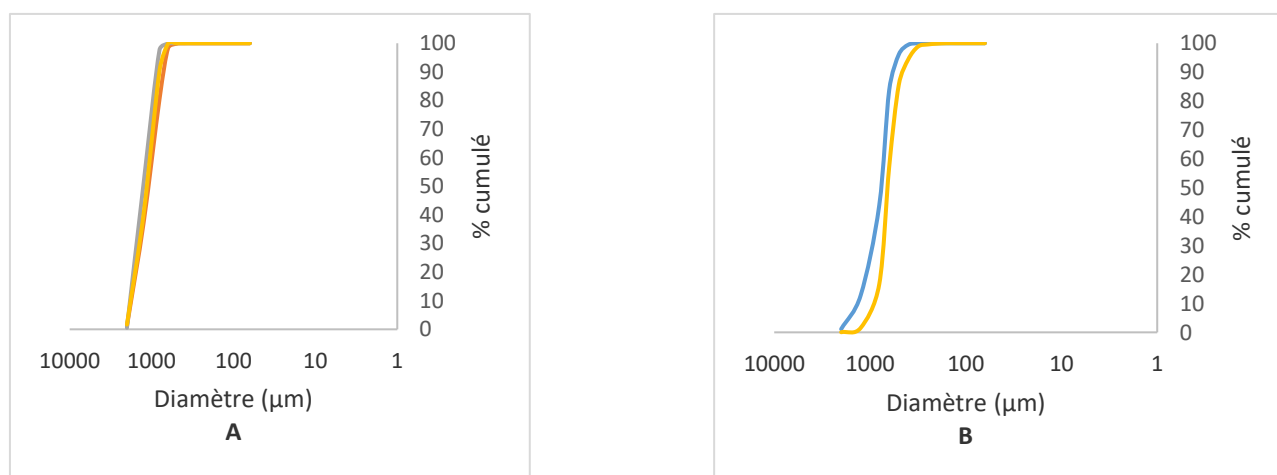
Tous les caractères morphoscopiques (coefficient d'arrondi et de sphéricité, état de la surface et la forme de grains de quartz) des sables de la plage d'Abidjan montre que la sphéricité varie de faible à moyen, les grains sont anguleux, sub-anguleux et sub-arrondis (Tableau I). Les sédiments sont alors remaniés sur place par les vagues et autres courants.

**Tableau 1.** *Caractères morphoscopiques des grains de sables du littoral oriental ivoirien*

| Portion de plage | Arrondi | Sphéricité | Eclat               | Forme                      |
|------------------|---------|------------|---------------------|----------------------------|
| Canal est        | 0,1-0,3 | 0,3        | Peu émoussé luisant | Anguleux à sub-anguleux    |
| Cakpo            | 0,3-0,5 | 0,6        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| Petit bateau     | 0,3-0,5 | 0,5        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| Akwaba           | 0,3-0,5 | 0,6        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| Bidet            | 0,3-0,5 | 0,6        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| Cité des mariés  | 0,3-0,5 | 0,6        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| 52 Pouces        | 0,3-0,5 | 0,6        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| Phare            | 0,3-0,5 | 0,6-0,8    | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| P 47             | 0,3-0,5 | 0,6        | Peu émoussé luisant | Sub-anguleux à sub-arrondi |
| Cité U           | 0,3-0,5 | 0,5        | Emoussé luisant     | Sub-anguleux à sub-arrondi |

### 3.4 DEPOTS DETRITIQUES PAR DECANTATION

Il y a des similitudes entre les courbes cumulatives au niveau des périmètres de plage étudiés, nous observons un faciès unique, c'est-à-dire le type sigmoïde (figure 6). Ainsi, les sables des secteurs de plage de 52 pouces, Cakpo, Akwaba, Cité des mariés, Canal est, Phare, P47, Bidet, Petit bateau et Cité Universitaire présentent des courbes cumulatives à la forme d'un S chacune (figure 6). Elles caractérisent un faciès granulométrique sigmoïde. L'allure du S est tantôt redressée, tantôt étalée à pente moyenne.



**Fig. 6.** *Faciès sigmoïde à allure redressée (A) et à allure étalée (B)*

L'analyse interprétative indique que les courbes cumulatives des sables d'Abidjan ont une forme en S à allure tantôt étalée, tantôt redressée. Ces courbes indiquent un faciès sigmoïde. Il suggère que la sédimentation s'est faite dans un milieu plus ou moins agité, par diminution progressive de la compétence du courant. Le milieu plus agité concerne les fractions moyennes à grossières comme les sables d'Abidjan.

### 3.5 MINÉRALOGIE DES SABLES LITTORAUX D'ABIDJAN

Les cortèges minéralogiques des différents sites seront en fonction des estrans; par ordre d'abondance et regroupés en minéraux lourds et minéraux légers.

- Canal est

Les analyses minéralogiques du canal est sont (tableau II):

**Tableau 2.** Cortèges minéralogiques du site Canal est

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | quartz         | 76     | 64     | 67     |
|                        | citrine        | 0      | 5      | 2      |
| <b>Minéraux lourds</b> | hornblende     | 5      | 7      | 7      |
|                        | Pyrope         | 9      | 13     | 3      |
|                        | Grenat almadin | 10     | 11     | 11     |

Sur ce site les minéraux légers prédominent sur les minéraux lourds. Parmi les minéraux lourds ce sont les pyropes qui sont les plus nombreux (87 %) et les quartz sont les seuls qui représentent les minéraux légers.

- Cakpo

La minéralogie des sables de Cakpo est (tableau III):

**Tableau 3.** Cortèges minéralogiques du site Cakpo

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | quartz         | 95     | 96     | 90     |
|                        | hornblende     | 0      | 1      | 4      |
| <b>Minéraux lourds</b> | leucoxène      | 5      | 0      | 1      |
|                        | limonite       | 0      | 0      | 2      |
|                        | Grenat almadin | 0      | 3      | 3      |
|                        |                |        |        |        |

Les minéraux lourds sont presque inexistants devant les minéraux légers. Cette fine proportion de minéraux lourds contient 50 % de limonite.

- Petit bateau

La minéralogie de petit bateau est (tableau IV):

**Tableau 4.** Cortèges minéralogiques du site Petit bateau

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | quartz         | 97     | 98     | 90     |
|                        | pyrope         | 0      | 0      | 4      |
| <b>Minéraux lourds</b> | Grenat almadin | 3      | 2      | 6      |

Sur cette station, les minéraux lourds représentent 5 % et les minéraux légers couvrent 95 % des minéraux. Parmi les minéraux lourds, les grenats prédominent avec 73,33 %.

- Akwaba

Les cortèges minéralogiques à Akwaba sont (tableau V):

**Tableau 5. Cortèges minéralogiques du site Akwaba**

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | quartz         | 83     | 85     | 91     |
|                        | Quartz rose    | 0      | 2      | 0      |
| <b>Minéraux lourds</b> | limonite       | 9      | 3      | 6      |
|                        | Grenat almadin | 6      | 2      | 3      |

Les minéraux légers représentent plupart des sédiments de cette zone. Ils contiennent 98,18 % des quartz. La hornblende occupe la moitié (50 %) des minéraux lourds.

- Bidet

Dans la zone du Bidet, les minéraux légers sont abondants (87 %) au sein desquels les quartz sont majoritaires (94 %). Les grenats almadins (46,5 %) sont les plus nombreux parmi les minéraux lourds.

La répartition de ces minéraux en fonction des estrans est la suivante (tableau VI):

**Tableau 6. Cortèges minéralogiques du site Bidet**

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | Quartz         | 79     | 87     | 79     |
|                        | Plagioclase    | 1      | 0      | 2      |
|                        | Citrine        | 5      | 3      | 4      |
| <b>Minéraux lourds</b> | Hornblende     | 3      | 2      | 5      |
|                        | Pyrope         | 2      | 0      | 2      |
|                        | Limonite       | 3      | 4      | 2      |
|                        | Grenat almadin | 7      | 4      | 7      |

- Cité des mariés

Le tableau VII présente le cortège minéralogique du site Cité des mariés:

**Tableau 7. Cortèges minéralogiques du site Cité des mariés**

|                        | Minéraux       | HE (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | quartz         | 84     | 88     |
|                        | hornblende     | 3      | 3      |
| <b>Minéraux lourds</b> | Magnétite      | 2      | 0      |
|                        | Grenat almadin | 11     | 6      |

Les minéraux légers représentent 87 % et les minéraux lourds sont autour de 13 %. Ces derniers sont dominés par les pyropes (34,61 %) pendant que les minéraux légers sont à 100 % du quartz.

- 52 Pouces

Le cortège minéralogique des sables de 52 Pouces se présentent comme suit (tableau VIII):

**Tableau 8.** Cortèges minéralogiques du site 52 pouces

|                        | Minéraux       | HE (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | Quartz         | 75     | 75     |
|                        | Citrine        | 3      | 1      |
|                        | Plagioclase    | 3      | 2      |
| <b>Minéraux lourds</b> | hornblende     | 3      | 6      |
|                        | Magnetite      | 0      | 2      |
|                        | Pyrope         | 0      | 2      |
|                        | Limonite       | 7      | 7      |
|                        | Grenat almadin | 9      | 5      |

Les minéraux légers et lourds sont respectivement dominés par les quartz (90 %) et les grenats almadins (41,6 %).

- Phare

Au Phare de Port bouët, la minéralogie est la suivante (tableau IX):

**Tableau 9.** Cortèges minéralogiques du site Phare

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | Quartz         | 19     | 42     | 43     |
|                        | Quartz rose    | 0      | 0      | 3      |
|                        | Plagioclase    | 0      | 4      | 0      |
|                        | Biotite        | 6      | 0      | 0      |
|                        | Muscovite      | 3      | 0      | 0      |
|                        | Citrine        | 2      | 2      | 4      |
| <b>Minéraux lourds</b> | hornblende     | 29     | 15     | 17     |
|                        | Anatase        | 9      | 0      | 0      |
|                        | Sillimanite    | 5      | 0      | 0      |
|                        | Epidote        | 0      | 2      | 0      |
|                        | limonite       | 14     | 0      | 0      |
|                        | Magnetite      | 8      | 0      | 0      |
|                        | Pyrope         | 3      | 11     | 12     |
|                        | Grenat almadin | 2      | 24     | 21     |

Les minéraux lourds dominent les minéraux légers sur ce site. Au sein des minéraux lourds, ce sont les hornblendes (35,5 %) qui sont les plus nombreux. Les quartz restent les plus abondant (81,60 %) parmi les minéraux légers

- P47

Les analyses minéralogiques des sables de ce site donnent (tableau X):

**Tableau 10.** Cortèges minéralogiques du site P47

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | Quartz         | 23     | 38     | 41     |
|                        | Muscovite      | 0      | 0      | 3      |
|                        | Citrine        | 9      | 4      | 2      |
| <b>Minéraux lourds</b> | hornblende     | 19     | 14     | 16     |
|                        | Anatase        | 6      | 3      | 2      |
|                        | Epidote        | 0      | 3      | 2      |
|                        | Magnétite      | 12     | 10     | 10     |
|                        | Pyrope         | 16     | 3      | 0      |
|                        | Grenat almadin | 15     | 25     | 24     |

Les minéraux lourds sont les plus nombreux par rapport aux minéraux légers. Ces minéraux lourds sont représentés par le grenat almadin (34 %) alors que les quartz couvrent les 84,17 % des minéraux légers.

- Cité U

Les différents types de minéraux contenus dans les sables de ce site sont (tableau XI):

**Tableau 11. Cortèges minéralogiques du site Cité U**

|                        | Minéraux       | HE (%) | ME (%) | BE (%) |
|------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| <b>Minéraux légers</b> | Quartz         | 36     | 33     | 63     |
|                        | Citrine        | 4      | 0      | 2      |
| <b>Minéraux lourds</b> | hornblende     | 27     | 24     | 22     |
|                        | Anatase        | 0      | 2      | 0      |
|                        | Magnétite      | 0      | 14     | 3      |
|                        | Limonite       | 9      | 6      | 10     |
|                        | Grenat almadin | 18     | 21     | 0      |

Les minéraux lourds dominent les minéraux légers sur 5 % d'avance. Les quartz (96 %) sont les plus nombreux au sein des minéraux légers et les hornblendes (44 %) sont les plus représentatifs des minéraux lourds.

Le cortège minéralogique du site Canal est au site Cité U est variable. Le minéral léger le plus abondant est le quartz. Il est suivi des plagioclases. Quant aux minéraux lourds, plusieurs minéraux sont abondants et leur abondance est fonction des secteurs de plage: ce sont: le pyrope, la limonite, le grenat almadin, la hornblende et la magnétite.

La proportion des minéraux lourds et des minéraux légers varie également du site Canal Est à Cité U. Le pourcentage des minéraux légers diminue pendant que celui des minéraux lourds augmente (tableau XII). Du point de vue océanologique, cela démontre que le sens du courant est de Canal est vers Cité U. Cela indiquerait que la dérive littorale se fait du canal est vers Cité U.

Toute fois dans le détail, l'on observe des inversions de sens de déplacement des sédiments littoraux. L'eau doit être le vecteur dominant pour le transport des minéraux, depuis leurs zones-sources jusqu'à la plage. En effet, durant la saison de pluie, le socle cristallin riche en minéraux métamorphiques et magmatiques ivoirien subit une érosion plus ou moins forte. Les produits d'érosion sont acheminés par le ruissellement des eaux de précipitation vers les bassins versants (Sassandra, Bandama, Comoé). Ceux-ci les transportent vers les systèmes lagunaires (Ebrié, Aby) qui à leurs tours, à travers les passes naturelles ou artificielles, les déversent dans la mer et/ou sur le littoral.

**Tableau 12. Résumé de la minéralogie d'Abidjan à Assinie**

| Portion de plage | Minéral léger le plus abondant | Minéral lourd le plus abondant | % des minéraux légers | % des minéraux lourds |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Canal est        | Quartz                         | Pyrope                         | 73                    | 27                    |
| Cakpo            | Quartz                         | Limonite                       | 96                    | 4                     |
| Petit bateau     | Quartz                         | Grenat almadin                 | 95                    | 5                     |
| Akwaba           | Quartz                         | Hornblende                     | 92                    | 8                     |
| Bidet            | Quartz                         | Grenat almadin                 | 87                    | 13                    |
| Cité des mariés  | Quartz                         | Pyrope                         | 87                    | 13                    |
| 52 Pouces        | Quartz                         | Grenat almadin                 | 85                    | 15                    |
| Phare            | Quartz                         | Hornblende                     | 44                    | 56                    |
| P 47             | Quartz                         | Grenat almadin                 | 39                    | 61                    |
| Cité U           | Quartz                         | Hornblende                     | 45                    | 55                    |

### 3.6 ENVIRONNEMENT DE DEPOTS DES SABLES LITTORAUX

Il s'agit des environnements continentaux (fleuve/dune continental) et des environnements marins (plage / dune côtière) à Abidjan.

Les diagrammes Md-So et Sk-Md montrent que le nuage de points se trouve à 100 % dans les domaines de type plage et dune côtière (figure 7).

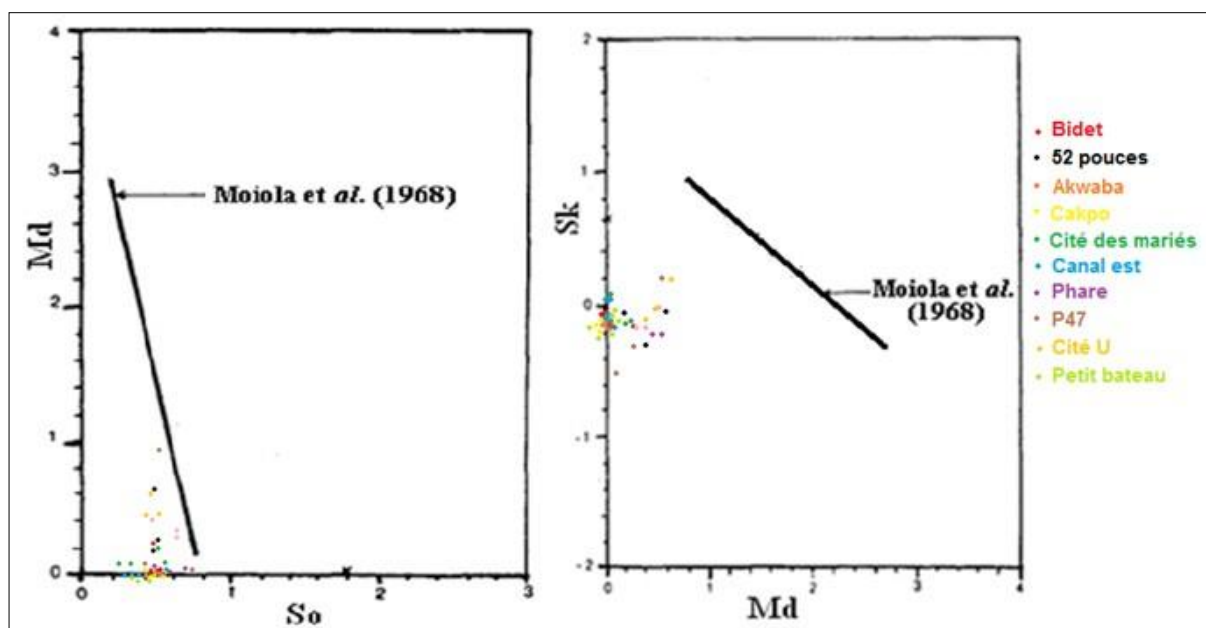


Fig. 7. Dispersions Md-So et Sk-Md des sables d'Abidjan

La dispersion du nuage de points dans le diagramme Md-So et Sk-Md permet de dire qu'à Abidjan, les sables se sont déposés sur la plage et dans une dune côtière.

## 4 DISCUSSION

### 4.1 PROCESSUS DE TRANSPORT SUR LA PLAGE AÉRIENNE D'ABIDJAN

Les sables du littoral d'Abidjan se sont déplacés par fluage, et par saltation eu égard aux différents calibres observés. Sur le site "Petit bateau" et certains estrans de plage comme le haut estran du site "Petit bateau", l'on observe un seul mode de transport. Aussi avons-nous des modes de transport mixte, à savoir saltation/suspension issus des mélanges de sédiments. Préférentiellement les sables du littoral d'Abidjan ont été transportés par fluage. Egoran (2014); Konan (2012) et Dangui (2014) indiquent la saltation comme mode transport sur le littoral oriental ivoirien. Ce qui ne semblerait pas être juste sur les plages à Abidjan. Car, les vagues arrivent de façon brutale au niveau d'Abidjan. Aussi, leur résultat serait dû à une insuffisance dans l'application de la méthode Lucyna & Paweł, (2011); Xiao *et al.* (2012); Maciej (2015). Cette méthode stipule que sur le diagramme, l'axe des fréquences cumulées est en axe de probabilité. Il indique aussi le mode mixte de transport dans ses recherches.

L'aspect peu luisant que nous avons décrit à Abidjan a été constaté par Martin (1977). En effet, cet auteur constate que les sables d'Abidjan sont peu luisants à cause de leur milieu de sédimentation qui est un milieu réducteur. Les quartz anguleux à sub-anguleux montrent un transport sur une courte distance. Les analyses morphoscopiques indiquent également que les sédiments des plages actuelles sont anguleux à sub-anguleux, semblables aux sables décrits par Tastet (1979) et Yao (2005).

### 4.2 PROCESSUS DE DÉPÔT DÉTRITIQUE SUR LE LITTORAL

Le faciès sigmoïde est le seul faciès dont sont issus les sables du littoral d'Abidjan. Ce faciès témoigne d'un dépôt par abandon des particules les plus grossières au fur et à mesure de la diminution de la compétence du milieu. Cette tendance est corroborée par les travaux de Yéyé (2015).

#### **4.3 ENVIRONNEMENT DE DÉPÔT DÉTRITIQUE SUR LE LINÉAIRE CÔTIER D'ABIDJAN**

Les sables de la plage d'Abidjan se sont déposés pour la plupart dans un domaine de type plage et dune côtière. Egalement, Egoran (2014) et Yéyé (2015) soulignent que les sables du littoral oriental ivoirien séjournent dans le domaine de type plage et dune côtière.

#### **4.4 MINÉRAUX DES SÉDIMENTS DU LITTORAL ABIDJAN**

Les minéraux du littoral oriental ivoirien, sont inégalement répartis dans les différentes classes granulométriques. Le pourcentage le plus élevé des minéraux se localise dans la fraction fine. Il est moins élevé dans la fraction moyenne comme dans la fraction grossière. La tendance des minéraux lourds à se concentrer dans les fractions fines a d'ailleurs été signalée par de nombreuses études (Parfénoff *et al*, 1970).

La teneur élevée des minéraux lourds (hornblende, grenat almadin, limonite) à Abidjan montre bien que cette portion de plage subit une forte agitation. Cette même remarque a été faite par Mostafa and Larue (2009).

La présence inévitable du quartz est due à la résistance de ce minéral. Transportés par les réseaux hydrographiques, les sédiments sont déversés à la plage et remaniés par la mer. La glauconite observée dans les sédiments se serait développé dans les environnements marins ouverts et loin des zones de sédimentation active, de préférence pendant de longues périodes de non-dépôts dues à la montée relative du niveau de la mer (Odin & Fullagar, 1988).

L'existence d'une nette variété minéralogique des sables de plage du littoral d'Abidjan fait penser à une source d'approvisionnement lointaine en minéraux lourds (présence glauconite, glaucophane, tourmaline, sillimanite, pyrope, limonite, grenat almadin, hornblende, rutile, zircon, anatase, autres) qui sont d'origine métamorphique et magmatique. Ce type de roches affleure en abondance dans la partie nord de la Côte d'Ivoire. Les minéraux lourds permettent de déceler le sens des courants et l'origine des apports (Parfénoff, *et al.*, 1970). La quantité des minéraux lourds augmente grossièrement du Canal est vers Cité U. Cela démontre que le sens du courant marin est du Canal est vers Cité U donc de l'Ouest vers l'Est.

### **5 CONCLUSION GENERALE**

Les sédiments du littoral d'Abidjan se sont mobilisés préférentiellement par la traction. Toutefois, certains ont été déplacés par la saltation et les modes de transport mixte c'est-à-dire saltation/suspension et saltation/traction. Un type unique de faciès est représenté le long des plages d'Abidjan. C'est le faciès sigmoïde.

La morphoscopie des quartz montre que les sables de cette zone d'étude, ont été transportés et remaniés par la mer vu leur caractère luisant.

Les minéraux légers dominent les minéraux lourds dans la zone Abidjan. Le quartz reste le minéral léger le plus abondant. Par contre, au sein des minéraux lourds, le grenat almadin, la hornblende, le pyrope et la limonite sont les plus nombreux. Nous observons une ubiquité du quartz dans tous les sédiments

#### **REFERENCES**

- [1] ABY A. M. SAIMON. (2011). Contribution à la connaissance de la dynamique sédimentaire du littoral ivoirien: cas du périmètre littoral de Port-Bouët. Mém. DEA, Université Cocody, 79p.
- [2] ADOPO K. L.; N'GUESSAN. M. Y.; SANDU A. V.; ROMANESCU G; SANDU I. G 2016. La répartition et la caractérisation spatiales des sédiments et de la morphologie inférieure du lac hydroélectrique à ayamé 2 (CÔTE D'IVOIRE): Journal international de la science de la conservation. Vol. 7 Numéro 2, p567-578. 12p.
- [3] AHMAD, F. QUASIM, M. A. GHAZNAVI, A. A. KHAN, Z. AHMAD, A. H. M. 2017. Depositional environment of the Fort Member of the Jurassic Jaisalmer Formation (western Rajasthan, India), as revealed from lithofacies and grain-size analysis. *Geologica acta*, Vol. 15 Núm. 3, p. 153-167.
- [4] AYODELE OLUSIJ S., HENRY Y. MADUKWE 2019. Granulometric and Sedimentologic Study of Beach Sediments, Lagos, Southwestern Nigeria International Journal of Geosciences, 10, 295-316p.
- [5] BOULVAIN F. 2008. Une introduction aux processus sédimentaires. Cours de pétrologie sédimentaire B20, Département de géologie, Faculté des Sciences, Université de Liège. <http://www.ulg.ac.be/facsc>. Mars 2010.
- [6] BÉTARD ET BOURGEON. 2009: Cartographie morphopédologique: de l'évaluation des terres à la recherche en géomorphologie. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, n°3, 187-198p.

- [7] DANGUI, N.P. 2014. Évolution récente du littoral d'Abidjan à Bassam. Thèse de Doctorat Unique, Univ. Félix Houphouët-Boigny, 264 p.
- [8] EGORAN, A. 2014. Caractéristiques granulométriques des plages d'Abidjan à Mondoukou avant et après la tempête d'août-septembre. Mém. DEA, Université d'Abidjan, 74 p.
- [9] Folk, R.L., Ward, W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Tulsa (Okla.), 27 (1), pp. 3-26.
- [10] HAUHOUOT C. 2000. Analyse et cartographie de la dynamique du littoral et des risques naturels côtiers en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat Univ. Nantes 289p.
- [11] KONAN, K.E. (2012). Étude morpho-dynamique et sensibilité aux événements « exceptionnels » du cordon littoral sableux Ivoirien à l'est d'Abidjan (Abidjan-Aforenou). Thèse de Doctorat Unique, Univ. Félix Houphouët-Boigny, 224 p.
- [12] KONAN K. E., N'DOUFOU G. H. C. N'GUESSAN Y A., KOFFI K. P., BAMBA S. B. 2018. Contribution des analyses morphoscopique et exoscopique des grains de quartz des plages ivoiriennes a la reconstitution des environnements de dépôts quaternaires. *REV. RAMRES - VOL.06 NUM.01. 2018 \*\* ISSN 2424-7235. 23-29p.*
- [13] LUCYNA WACHECKA-KOTKOWSKA & PAWEŁ KOTKOWSKI. 2011. Grain-size distribution analysis of Quaternary sediments from the southern part of the Lodz region in Poland: a computational-methods approach *Geologos*, 17 (4): 205–219 p.
- [14] MACIEJ LIRO 2015. Differences in the reconstructions of the depositional environment of overbank sediments performed using the C/M diagram and cumulative curve analyses. *Landform Analysis* 35–40p.
- [15] MARTIN L. 1977. Morphologie, sédimentologie, paléogéographie au Quaternaire du plateau continental ivoirien. Travaux et document n° 61, ORSTOM, Paris, 265 p.
- [16] MOSTAFA B. & LARUE J-P. 2009. Evolution du littoral de la baie de Saïdia: dynamique naturelle et impact des aménagements (Maroc oriental). *Physio-Géo*, vol 3, Varia 2009, p. 113-130.
- [17] MOUYALOU V. M. T 2017. Dynamique morphosédimentaire d'un segment côtier sableux du Lycée Léon Mba (Libreville) à La Sablière (Baie d'Akouango). Thèse de doctorat de géomorphologie littorale, Université Omar Bongo, 303p.
- [18] N'DOUFOU, C. (2012). Contribution morpho-sédimentologiques et exoscopique à l'évolution du secteur du littoral ivoirien entre Sassandra et Abidjan. Thèse de Doctorat Unique, Univ. Félix Houphouët-Boigny, 210 p.
- [19] N'GANZA Kesse Paul Armand, GBANGBOT Jean-Michel Kouadio, SAIMON Aby Atse Mathurin, HAUHOUOT Assyepo Célestin. 2020: Mouvements sédimentaires sous la dépendance de la marée ou de la houle sur le littoral Est ivoirien (Côte d'Ivoire). *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. Vol. 10, No. 1; 043-052p.
- [20] ODIN G.S. & FULLAGAR P. D. 1988. Geological significance of the glaucony facies. *In: Encyclopedia of Earth Sciences Series: Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks*. GERARD V. M. Edition Springer, Canada, pp. 331-333.
- [21] PARFENOFF A., POMEROL C. ET TOURENQ J., 1970. – Les minéraux en grains. Méthodes d'étude et de détermination. Masson Ed. (Paris), 578p.
- [22] QUELENNEC R. E. 1984. Identification des problèmes d'érosion sur le littoral sableux de Côte d'Ivoire. Proposition d'actions prioritaires. Rapport du BRGM, 46 p.
- [23] RAMADAN R. S, AHMED G., MOHAMED M. YEHIA, YEHIA H. DAWOOD, NILLY A. KAWADY. 2019. Grain size and mineralogical characteristics of the stream sediments, East of Abu Zeneima area, Southwestern Sinai, Egypt. *Arabian journal of Geosciences*, 1-23p.
- [24] SAAIDI E. 1991. Traité de sédimentologie. Edition Ellipses, 393p.
- [25] SAMIR K, IVALDI J-P, ONORATINI G, DE LUMLEY H ET BIETTI A., 2012. Contribution de la minéralogie des sables à l'étude des paléoenvironnements du moustérien et du paléolithique supérieur de l'abri Mochi (ligurie italienne). *Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*. Vol. 23/1, 49-60p.
- [26] TASTET J.P., 1979. Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse de Doctorat Sc. Nat. Univ. Bordeaux I, pp.621, 175p.
- [27] XIAO JULE, ZHIGANG CHANG, JIAWEI FAN, LANG ZHOU, DAYOU ZHAI, RUILIN WEN AND XIAOGUANG QIN 2012. The link between grain-size components and depositional processes in a modern clastic lake. *Sedimentology* 59, 1050–1062p.
- [28] YAO K.S. 2005. Origine et évolution des sables du littoral entre Grand-lahou et Assinie. DEA, Univ de Cocody, 70 p.
- [29] YÉYÉ A.B.J. 2015. Géomorphologie et dynamique du trait de côte d'azurétti à l'embouchure du fleuve comoé. Mémoire Master Univ. FHB Cocody, 80p.

## Effectiveness of ophtascan 2 diabetes screening in Lubumbashi: Pilot study on screening for cancer and type

*Désiré Kamba Banza<sup>1,2</sup>, Robert Mbuli Lukamba<sup>2</sup>, Simon Henry Opio-Emuna<sup>3</sup>, Cilundika Phillippe<sup>1,2</sup>, Amani Chuma<sup>4</sup>, Jean-Paul Mande Ngoy<sup>5</sup>, Dophra Nkulu Ngoy<sup>5</sup>, Albert Tambwe Nkoy Mwembo<sup>1,2</sup>, and Oscar Numbi Luboya<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Département de Santé Publique (Unité de la Santé Mère-Enfant), Faculté de Médecine - UNILU, RD Congo

<sup>2</sup>Ecole de Santé Publique-UNILU, RD Congo

<sup>3</sup>Sigma Africa Healthcare LTD, RD Congo

<sup>4</sup>Département de Gynécologie et Obstétrique de la Faculté de Médecine - UNILU, RD Congo

<sup>5</sup>Département de Médecine Interne de la Faculté de Médecine - UNILU, RD Congo

---

Copyright © 2024 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: Introduction:** Screening and early treatment are the best strategy for controlling cancer and type 2 diabetes (T2DM). Based on artificial intelligence, new software Ophtascan allows the early detection of the following cancers: cervix, endometrium, breast, prostate, lung as well as type 2 diabetes, from the image of the eyes. The objectives of this study were to test the reliability of the test in the detection of type 2 diabetes and to present the prevalence of oncological pathologies detected.

**Methodology:** screening was carried out in two stages: a technical test of the program and mass screening at the University Clinics of Lubumbashi and the Sendwe Hospital of Lubumbashi among volunteers from April 2023 to July 2023.

**Results:** Of the 98 volunteers screened including 32 men and 66 women, the risk of the following cancers was detected by Ophtascan: in men, 12.5%, 28% and 6% respectively for the prostate, lung (pre-cancer) and lung while in women we had 1.5%, 6%, 3%, 4.5% and 3% respectively for cervix (pre-cancer), cervical cancer, endometrial, breast (pre-cancer) and breast. This cancer screening trial was not accompanied by clinical confirmation of detected diseases due high cost and practical problems. T2DM trial was accompanied by lab blood test for confirmation of results. Proved sensitivity of Ophtascan for T2DM achieved 91% within blind clinical trial and 100% within technical trial, and 72% of screened people did not suspect they had this disease, detected by Ophtascan.

**Conclusion and recommendation:** Ophtascan is feasible in our environment and seems to have high reliability for the detection of type 2 diabetes as screening tool. Ophtascan certainly detected most of the targeted cancers, but the low number of cases does not allow solid conclusions to be drawn. The difficulty of validation for all types of cancer mentioned above due to its high cost for patients, we propose to carry out a new pilot research project which will focus on cervical cancer, for which early treatment is possible at a low cost in our environment.

**KEYWORDS:** Effectiveness, ophtascan, screening, cancer, type 2 diabetes.

### 1 INTRODUCTION

According to WHO data (2016), the problem of cancer and diabetes in the DRC is not acute: they contribute to mortality of 3% and 1%, respectively [1]. But as indicated by [2], most of these statistics are collected especially in Kinshasa in private hospitals. The vast majority of the country's population is undiagnosed for these diseases because they cannot afford the diagnostics [2].

Regarding the prevalence of diabetes in the DRC, the official figure is 4.8% [2], of which 92% is type 2 diabetes [3]. The rate of glycemic control in diabetic patients is extremely low, with local studies finding that control was not achieved in 68% to 86% of patients [2]. But even diagnosed diabetics are only diagnosed in the capital, Kinshasa, and much of the country is not diagnosed because of the high cost [2]. Undiagnosed diabetes represented 58.8% in the DRC. With this in mind, more than 75% of African countries do not have epidemiological data on the prevalence of diabetes in adults, and most of the available data often concerns urban settings. In the Democratic Republic of Congo (DRC), no nationwide study has been conducted on the prevalence of diabetes. Prevalence in urban areas of the DRC ranged from 11.7 to 15.5% in 2006, while in rural and semi-rural areas a much lower prevalence was reported, varying between 1.7% in 2006. 'East and 4.8% in the West from 2007 to 2015 [4].

Many doctors in the DRC do not take diabetes seriously. But, in fact, the consequences of diabetes are very tragic: diabetes is a major cause of blindness, kidney failure, heart attacks, stroke, lower limb amputation and early death [5].

"Cancer is a major public health problem in our country," said Pacifique Misingi Aye, director of the National Blood Transfusion Center in Kinshasa. "We must prioritize prevention and early detection to minimize the need for care at later stages in the poorest populations who are most affected. » [6]

Taking a closer look at even WHO statistics, only 1 in 10 women were diagnosed with cervical cancer in 5 years, and this is the type of cancer that women in the DRC suffer from the most and die [6].

Modern doctors know that mass screening makes it possible to detect diseases in the population at an early stage and send to expensive functional diagnostics only those people who need real treatment. Unfortunately, many screening tools are inaccessible to the majority of the DRC population, both in terms of price and accessibility to transport, so the problem of introducing a cheap mass screening tool and affordable in the DRC is very acute.

## **1.1 BRIEF INFORMATION ABOUT OPHTASCAN**

The new computer program Ophtascan from the Swedish company Oncotech is an innovative screening tool that allows online screening for the risks of 5 types of cancer (cervical cancer, endometrial cancer, breast cancer, breast cancer, Prostate and lung cancer) and type 2 diabetes from eye photos. It allows for a few minutes to obtain the risk very cheaply for the person on the above diseases. The current version of the program is designed for use in public and private hospitals and clinics. It is based on proven clinical data from thousands of Russian patients and has CE marking. Photography can be done on modern model smartphones.

## **1.2 INFORMATION ON PILOT RESEARCH**

In connection with the situation of screening and diagnosis in general in the DRC, we carried out a pilot research project at the University Clinics of Lubumbashi and at the Sendwe Provincial General Reference Hospital to test the reliability of the new innovative screening tool - the ophthalmological medical program from the Swedish company Oncotech "Ophtascan".

## **1.3 THE OBJECTIVE OF THE STUDY**

### **1.3.1 GENERAL**

contribute to improving the management of type 2 diabetes and the above-mentioned cancers through their detection and early treatment.

### **1.3.2 SPECIFIC**

Test the reliability of the Ophtascan test in the detection of type 2 diabetes;

To test the reliability of the Ophtascan test in the detection of precancerous and cancerous lesions of the cervix, endometrium, breast, prostate and lung.

## **2 METHODOLOGY**

### **2.1 RESEARCH DESIGN**

This research was a multi-clinical validation study of diagnostic accuracy to assess the validity and reliability of the Ophtascan™ application to improve type 2 diabetes and cancer screening in Democratic Republic of Congo.

This research was a part of the multi-national study on the effectiveness of the Ophtascan™ application in Democratic Republic of Congo and eventually in Africa, such Ophtascan™ study will be carried out in South Africa, Kenya and Namibia.

Study consisted of 2 parts:

**Part 1.** Brief validation of screening tool Ophtascan™ to confirm its sensitivity and specificity for type 2 diabetes patients.

**Part 2.** Mass blind type 2 diabetes screening by Ophtascan™ with further comparison of Ophtascan™ and clinical diagnosis to validate accuracy of Ophtascan™ for type 2 diabetes. Also, the same people were screened for 5 types of cancer without further validation, just for to see and know how Ophtascan™ operates with cancer screening.

### **2.2 TARGET POPULATION**

Part 1 study target population included 8 patients with a confirmed diagnosis of 2 type diabetes. Research team recruited the type 2 diabetes patients of University Clinics of Lubumbashi and the Sendwe Hospital of Lubumbashi and 6 healthy young volunteers-students of Lubumbashi University, 18-20 years old, with a clinically confirmed absence of diseases and no family background of type 2 diabetes.

Part 2 study target population included 98 volunteers - random selected people, various age and gender, without any diagnosis.

### **2.3 SAMPLING TECHNIQUES**

Sampling technique in Part 1 was simple random sampling within patients University Clinics of Lubumbashi and the Sendwe Hospital of Lubumbashi with type 2 diabetes diagnosis.

Sampling technique in Part 2 was simple random sampling with patients of any diagnosis of University Clinics of Lubumbashi and the Sendwe Hospital of Lubumbashi.

### **2.4 DATA COLLECTION PROCEDURE**

Patients' data was extracted from the hospital medical records information system. These real-world hospital-based health data are collected during routine healthcare.

- Sociodemographic data: age, sex, marital status, residence (district, region, urban/rural), ethnicity, educational level (tertiary, secondary, primary, none), occupation (retired/pensioner, unemployed, unskilled work, skilled work, professional), health insurance (public, private, public and private, none, other)
- Clinical data: diagnosis, clinical staging of disease, duration (in years) from the first encounter to a hospital to the final diagnosis, duration (in years) of disease from the initial symptoms and signs, laboratory and imaging tests, treatment, current signs and symptoms. Patients' clinical diagnosis was classified according to the International Classification of Diseases (ICD)

In addition, research team conducted interviews with study participants using a structured questionnaire in order to collect the study-specific sociodemographic and clinical data that complement the retrospective hospital-based routine healthcare data. This interview was conducted before taking photographs of the participant's eye iris.

### **2.5 DATA COLLECTION TOOLS**

Through a prospective data collection process, research team collected sociodemographic and clinical data using standardized electronic data collection tools using the Open Data Kit (ODK).

## 2.6 ANALYSIS

All tests were analyzed using SPSS statistical software.

The investigators evaluated the performance of the Ophtascan™ in the real-time detection of cancer and type 2 diabetes using the diagnostic accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV). We compared the difference in PPV and NPV between the APP and real-world medical diagnosis.

## 3 RESULTS

Total number of volunteers screened: 98

Number of women: 66

Number of men: 32

### 3.1 TECHNICAL TESTS

14 volunteers screened including 6 healthy and 8 confirmed type 2 diabetics

The following results were obtained:

All 6 healthy people were detected healthy for type 2 diabetes by the test = 100% specificity;

The 8 cases of type 2 diabetes detected positive by Ophtascan=100% sensitivity

### 3.2 MASS SCREENING

The following results were obtained:

For cancer:

Among the 84 volunteers screened, including 24 men and 64 women, the risks were as follows:

*Table 1. Type of cancer risks detected by ophtascan on women*

| Type of cancer                | Number of cases | Percentage |
|-------------------------------|-----------------|------------|
| Cervical precancerous lesions | 1               | 1,5%       |
| Cervical cancer               | 4               | 6%         |
| Endometrial cancer            | 2               | 3%         |
| Breast precancerous lesions   | 3               | 5,7%       |
| Breast cancer                 | 2               | 3%         |
| Total                         | 12/64           | 18%        |

*Table 2. Type of cancer risks detected by ophtascan on men*

| Type of cancer                | Number of cases | Percentage |
|-------------------------------|-----------------|------------|
| Prostate precancerous lesions | 0               | 0%         |
| Prostate cancer               | 4               | 16,6%      |
| Lung precancerous lesions     | 9               | 37,5%      |
| Lung cancer                   | 2               | 8,3%       |
| Total                         | 15/24           | 62,5%      |

For type 2 diabetes:

13 people were detected at risk of type 2 diabetes, or 15%

Among these:

11 confirmed cases and 2 unconfirmed cases;

9 out of 11 cases did not know they were diabetic, or 72%.

## **4 DISCUSSION**

### **4.1 TYPE 2 DIABETES**

Technical tests and mass screening detected 21 cases of type 2 diabetes, including 19 cases confirmed by Hb A 1C (HbA1c test  $\geq 6.5\%$ : sensitivity of 25% and specificity of 93%), or 90%. This specificity rate found is lower than that found in a study which was 93% [7]. This is explained by the fact that, for economic reasons and unavailability, 2 cases detected were not confirmed.

Oncotech claims a specificity of 96% and a sensitivity of 95% for the detection of type 2 diabetes. However, these results from technical and clinical trials in Russia have not yet been published.

72% of cases of type 2 diabetes detected by Ophtascan during screening were not aware of their disease; this finding is very important because it allows early treatment.

### **4.2 ONCOLOGICAL SCREENING**

Despite the reduced number of cases, the risks of cervical cancer and breast cancer remain the most common oncological pathologies in women in our country as in many low- and middle-income countries [8] - In our study, we notes a slight predominance of risks of the cervix compared to those of the breast of around 6% to 5.7% of cases respectively. A study carried out at the University Clinics of Kinshasa and the General Reference Hospital of Kinshasa shows that cervical and breast cancers are the most prevalent in women with respectively 27.7% and 13.7% while in women The most predominant cancers in men are that of the lymphoid organs and the prostate (14%) [9]. In our study, we had a prevalence of 16.6% for the risk of prostate cancer. Prostate cancer is the most common cancer in men over 50 in Western countries. In Africa, the low level of medicalization and the difficulties in accessing health services make this condition less known and the diagnosis late, sometimes even undiagnosed [10]. We can see that almost all the cancers targeted by the OPHTASCAN program have been detected already at the precancerous stage; which corresponds to the discoveries of Professor Gantsev, a renowned Russian oncologist [11] on "cancer without tumor". The idea of using Ophtascan MC is based on the principle of screening, that is to say the detection of cancer in the early stages or precancerous conditions in people who are not registered as cancer patients: they have never been diagnosed and have not been treated for cancer.

## **5 CONCLUSION, RECOMMENDATIONS AND PERSPECTIVES**

### **5.1 TYPE 2 DIABETES**

The reliability of the test in detecting type 2 diabetes appears to be established. A project for mass screening on a larger scale of around 3000-5000 volunteers on the basis of which a report and recommendations to the National Ministry of Health, Hygiene and Prevention should be presented to motivate the introduction of Ophtascan into our national health system to screen for type 2 diabetes nationwide.

### **5.2 CANCER AND PRECANCEROUS CONDITIONS**

The low number detected cases do not allow solid conclusions to be drawn. In addition, given the difficulty to confirm all types of cancer mentioned above due to its high cost for patients, we recommend to carry out a new pilot research project which will focus on: "Validation of the 'Ophtascan to identify the risk of cervical cancer (#1 mortality for female cancers in the DRC with 12.7%)" for which early treatment is possible at a low cost in our environment. This project will be executed concurrently with the first one. In the event of a satisfactory result, the use of the test may be authorized.

What is known:

- Screening for cancer and type 2 diabetes

What the study adds:

- Ophtascan as a new tool on cancer and type 2 diabetes
- Reliability of ophtascan in detecting type 2 diabetes
- Early Detection of cervical, uterus, breast, prostate, lung cancer by ophtascan

## REFERENCES

- [1] [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/country-profiles/diabetes/cod\\_en.pdf?sfvrsn=8759f61d\\_7&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/country-profiles/diabetes/cod_en.pdf?sfvrsn=8759f61d_7&download=true).
- [2] International Diabetes Foundation. Democratic Republic of Congo [Internet]. [cited 2020 Sep 9]. <https://www.idf.org/our-network/regions-members/africa/members/21-democratic-republic-of-congo.html>.
- [3] Ministry of Public Health of the Democratic Republic of the Congo. [Standards and guidelines for diabetes management], [Internet]. [cited 2021 May 1]. [https://extranet.who.int/ncdccs/Data/COD\\_B6\\_NV\\_Draft%20final\\_Normes%20Diab%C3%A8te\\_09\\_11\\_13final%20\(2\).pdf](https://extranet.who.int/ncdccs/Data/COD_B6_NV_Draft%20final_Normes%20Diab%C3%A8te_09_11_13final%20(2).pdf) 4. 4.
- [4] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9467973/>.
- [5] <https://www.nature.com/articles/s41598023297431><https://www.iaea.org/newscenter/news/strengthening-cancer-care-in-the-democratic-republic-of-the-congo-experts-recommend-decentralizing-services>.
- [6] [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/country-profiles/cervical-cancer/cervical-cancer-cod-2021-country-profile-en.pdf?sfvrsn=f8a6d07d\\_36&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/country-profiles/cervical-cancer/cervical-cancer-cod-2021-country-profile-en.pdf?sfvrsn=f8a6d07d_36&download=true).
- [7] Cavagnoli G, Comerlato J, Comerlato C, et al. HbA1c measurement for the diagnosis of diabetes: is it enough? *Diabet Med* 2011; 28: 31-5.
- [8] Organisation Mondiale de la Santé. Rapport mondial sur le diabète. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204875/WHO\\_NMH\\_NVI\\_16.3\\_fre.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204875/WHO_NMH_NVI_16.3_fre.pdf?sequence=1). 2016, consulted on February, 18th, 2019.
- [9] Mshinda KD, Kayembe KP, Mapatano MA. (2012). Prévalence du cancer en République Démocratique du Congo: données anatomo-pathologiques aux Cliniques Universitaires de Kinshasa et à l'Hôpital de Référence de Kinshasa. *Annales Africaines de Médecine*; Vol 3: Juin 2012.
- [10] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA. Cancer J Clin* 2018; 68: 394–424. pmid: 30207593.
- [11] Gantsev S.K., Schaller G., Gantsev K.S., Plikhta A.N., Kzyrgalin S.R., Rustamkhanov R.A. Neuroendocrine Breast Cancer. *Clinical Observation. Personalized Approach. Creative surgery and oncology*. 2021; 11 (2): 144-148. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2021-11-2-144-148>.

## Détermination des paramètres physiques et mécaniques du sol de la région de Niamey (Niger) à l'aide des essais géotechniques in situ et au laboratoire

### [ Determination of physical and mechanical parameters of soil in the Niamey region (Niger) by using in situ and laboratory geotechnical tests ]

*Baraou Souley Idi<sup>1</sup>, Abdoulwahid Sani<sup>1</sup>, and Moussa Konaté<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, P.O. Box 199, Agadez, Niger

<sup>2</sup>Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie: Eaux Souterraines et Géoressources, BP 10662, Niamey, Niger

---

Copyright © 2024 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 focuses in situ and laboratory determination of geotechnical parameters of soil samples from the Niamey region (Niger). The collected soil samples were analyzed at the geotechnical laboratory (GEO-LAB CONSULT). Petrographic analysis of samples from manual wells showed three stratas of varying thickness. From top to bottom, these are: medium to coarse yellowish-red sand (50 to 80 centimeters), lateritic gravel (20 to 40 centimeters) and ferruginous armour (40 to 60 centimeters). The obtained results from the penetrometer boreholes were used to determine the depth of the foundations, the thickness of the studied stratas and the ultimate stress of the soil for foundations dimensioning. At the Aeroport site, the depth of the lowest point is 1.5 meter, with an ultimate stress of 5.05 bars. The Satu site has a lowest depth point of one meter, with an ultimate stress of 7.47 bar. The Kalley Plateau site gave a lowest depth point of 1.5 meters with an ultimate stress of 2.20 bars, and the Saguia Béné site had a lowest depth point of 1.5 meter with an ultimate stress of 2.15 bars. Analysis of the water content of studied soils, combined with the penetrometric results, shows that water content influences soil strength.

**KEYWORDS:** Geotechnical tests, soil, penetrometer drilling, manual well, physical and mechanical parameters, Niamey, Niger.

**RESUME:** La présente étude porte sur la détermination in situ et au laboratoire des paramètres géotechniques des échantillons de sol, prélevés dans la région de Niamey. Les échantillons de sol prélevés ont fait l'objet d'une description pétrographique et d'analyse au laboratoire d'expertise en géosciences de Niamey (GEO-LAB CONSULT). Les résultats obtenus par la description des différents lithofaciès ont montré trois niveaux d'épaisseur variables. Il s'agit de haut vers le bas de: sable moyen à grossier rouge-jaunâtre (50 à 80 centimètres, graveleux latéritique (20 à 40 centimètres) et la cuirasse ferrugineuse (40 à 60 centimètres). Les résultats obtenus par les sondages au pénétromètre ont permis de déterminer la profondeur des fondations, l'épaisseur des différents niveaux étudiés ainsi que la contrainte ultime du sol pour le dimensionnement des fondations. Ainsi, au niveau du site de l'aéroport, la profondeur du point le plus bas se situe à 1.5 mètres, avec une contrainte ultime de 5.05 bars. Le site de Satu a une profondeur du point le plus bas à 1m, avec une contrainte ultime de 7.47 bars. Le site de Kalley Plateau a donné une profondeur du point le plus bas à 1.5 mètres avec une contrainte ultime de 2.20 bars et le site de Saguia Béné a une profondeur du point le plus bas à 1.5 mètres avec une contrainte ultime de 2.15 bars. L'analyse des teneurs en eau des sols étudiés, combinée aux résultats pénétrométriques, montre que la teneur en eau influence la résistance du sol.

**MOTS-CLEFS:** Essais géotechniques, sol, sondage au pénétromètre, puits manuel, paramètres physique et mécanique, Niamey, Niger.

## 1 INTRODUCTION

Les sols sont des formations naturelles superficielles en place résultant de l'altération des roches mères sous-jacente au contact de l'atmosphère sous l'influence des processus physiques, chimiques, et biologiques. L'utilisation des sols comme assises de fondation des ouvrages nécessite une bonne connaissance de leurs caractéristiques [1]. La connaissance préalable des paramètres géotechniques du sol est nécessaire surtout quand il s'agit de réalisation des ouvrages [1]. Bien qu'il existe des études géotechniques sur la formulation des bétons de résistance 30MPa à 28 jours [2], le phénomène de fracturation des bâtiments persiste surtout dans les régions de Niamey, Agadez [3], conduisant souvent à la l'abandon de l'ouvrage. Pour assurer la protection des populations et éviter ou réduire les dégâts liés aux risques d'effondrement ou de fissuration des bâtiments, l'Etat nigérien a proposé un document qui servira de base de travail pour l'étude des terrains à bâtir. Ce document définit les conditions pour l'étude géotechnique des sols à l'aide du pénétromètre dynamique léger (PDL), suivant la Norme Européenne EN ISO 22476 – 2, simple et moins coûteuse. Dans le cadre des travaux de construction des ouvrages au niveau de la ville de Niamey, le Laboratoire d'Expertise en Géosciences (GEOLAB Sarl) a été sollicité pour des études géotechniques. Des sondages au pénétromètre dynamique léger (PDL) ont été réalisés dans quatre quartiers périphériques de Niamey tels que: Saguia Béné, Aéroport, Cité Satu et Kalley Plateau (objets de la présente étude). L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques pétrographiques du sol ainsi que ses paramètres physiques et mécaniques nécessaires pour le dimensionnement des fondations des ouvrages à réaliser. Pour atteindre cet objectif, une approche méthodologique intégrant les essais géotechniques in situ et au laboratoire a été mise en œuvre.

## 2 CONTEXTES GEOLOGIQUE

La ville de Niamey est à cheval entre le socle birimien du Liptako et le bassin des lullemeden. Les formations birimiennes du Liptako nigérien sont constituées par une alternance de roches vertes et de plutons granitoïdiques ([4]; [5]; [6]; [7]; [8]; [9]) (Fig. 1). Les formations du bassin quant à elles sont représentées par des grès infracambriens ou grès de Niamey, des formations du Continental Terminal 3 (CT<sup>3</sup>) et les dépôts quaternaires représentés par les alluvions fluviales et les dunes ([10]; [11]; [12], [13]). L'étude pédologique du sol de la région de Niamey réalisée par [14] a révélée cinq niveaux ou terrasses (T1, T2, T3, T4, T5) définissant une structure tabulaire et reposant en discordance sur le socle birimien ([14], Fig. 2). Les niveaux d'érosion des terrasses T1 et T2 ont été attribués au Pléistocène supérieur et inférieur. La terrasse T1 se situe à 40 mètres au-dessus du fleuve, à une altitude de 220 mètres. La terrasse T2 située à une altitude de 200 mètres est formée d'oolithes ferrugineuses, reposant sur des grès argileux. Les terrasses T1 et T2 reposent sur les niveaux à oolithes ferrugineuses du Ct<sup>3</sup>. La terrasse alluviale T3 (terrasse moyenne) et les basses terrasses T4 et T5 ont été à attribuées à l'Holocène. Elles s'emboîtent dans la litho-marge du socle birimien ([15], 1989).

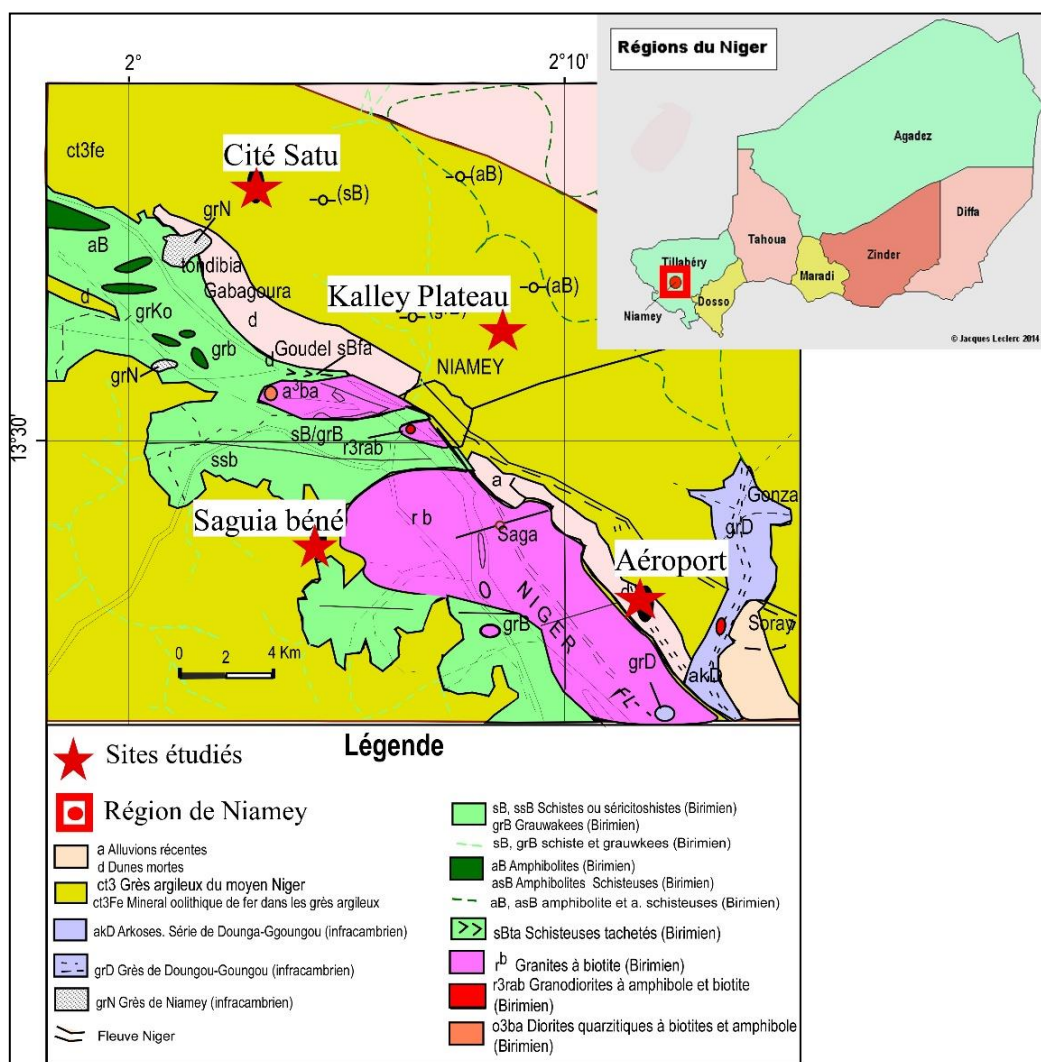


Fig. 1. Carte géologique de la région de Niamey [4] montrant la localisation des zones de sondages

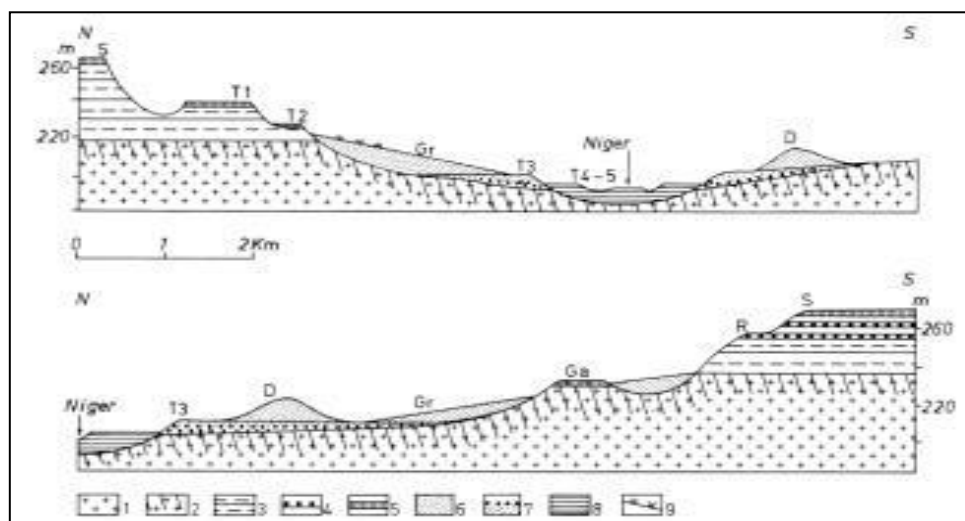


Fig. 2. Morphologie des terrasses du Niger dans la région de Niamey [14] et [15]

1: Socle. 2: Socle altéré. 3: Continental terminal. 4: Bancs ferrugineux à oolithes. 5: Cuirasse ferrugineuse. 6: Sable. 7: Gravier. 8: Argile. 9: Encroûtements à tubulures. S: Surface fini-Ct. R: Replat structural. D: Dune fossile. Ga: Glacis anciens. Gr: Glacis récents. T1 et T2: Terrasses anciennes. T3: Terrasse moyenne. T4 et T5: Terrasses récentes.

### 3 MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 TRAVAUX DU TERRAIN

Les travaux du terrain se sont déroulés en deux étapes: la première étape a consisté à l'implantation des sondages et la seconde était consacrée la réalisation des essais in-situ sur le terrain.

##### 3.1.1 IMPLANTATION DES SONDAGES

Cette étape a permis d'investiguer les sites de l'ouvrage et permettre l'emplacement des points manuels et des points de sondages au pénétromètre dynamique léger (PDL) sur le terrain à bâtir (Fig. 3). Au niveau de chaque site étudié, un puits manuel autour duquel quatre (4) sondages au pénétromètre dynamique léger sont implantés. Les puits sont creusés au centre des points a sondés et les sondages sont réalisés au niveau de l'emprise du futur bâtiment ou site investigués. La figure 3 représente un exemple du plan des sondages et du puits manuel sur le site de l'Aéroport.

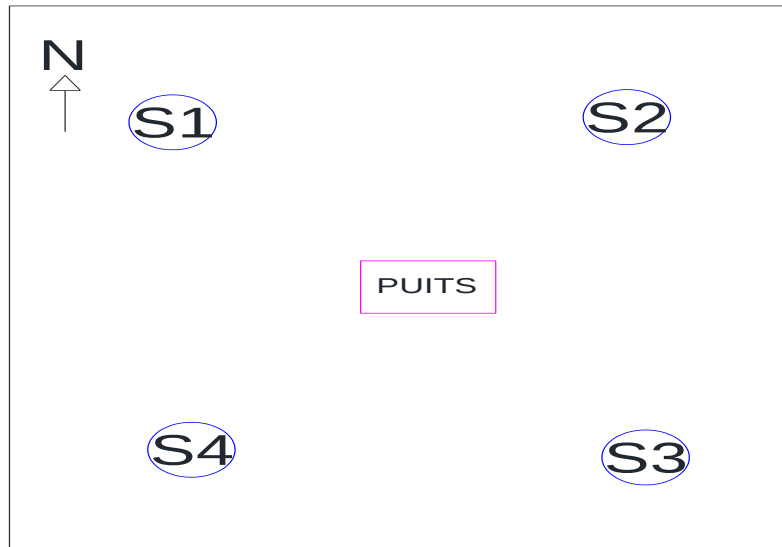


Fig. 3. Exemple d'implantation des sondages sur un terrain de 400 m<sup>2</sup> au niveau du site de l'Aéroport

##### 3.1.2 REALISATION DE SONDAGES AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LEGER PDL (NF P 22476 – 2)

La pointe est enfoncée dans le sol par battage d'un mouton qui tombe régulièrement d'une hauteur constante sur l'enclume. Le train de tige est battu de manière continue (Fig. 5). A chaque ajout de tige tous les mètres, l'opérateur fait tourner le train de tiges sur lui-même à l'aide d'une clef dynamométrique. On mesure alors l'enfoncement des tiges graduées tous les 10 centimètres en fonction du nombre de coups. La résistance à la rupture sous la pointe du pénétromètre est donnée par la formule des Hollandais suivante:

$$Q_d = \frac{M}{e \cdot (M + M')} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A}$$

Où M est la masse du mouton, M': masse de l'enclume+ train de tiges + pointe, A: Section droite de la pointe, H: Hauteur de chute du mouton, e: enfoncement moyen par coup et g: accélération de la pesanteur.



Fig. 4. (a) réalisation du sondage au pénétromètre dynamique léger (PDL) sur le site et (b) puits manuel sur le site

### 3.2 ESSAIS DE LABORATOIRE

Les échantillons prélevés sur les différents sites ont été analysés au laboratoire pour la détermination des paramètres physiques des sols tels que: la teneur en eau, la granulométrie, l'équivalent de sable du matériau et la limite d'Atterberg selon les normes françaises (NF).

#### 3.2.1 LA TENURE EN EAU (NORME NF P 94 050)

La teneur en eau des échantillons analysés est déterminée par la relation:

$$TE (w\%) = \frac{P_w}{P_{ss}} * 100$$

Où **W**: teneur en eau exprimé en %, **Pw**: poids d'eau exprimé en g, **Pss**: poids du sol sec (g). La masse du matériau sur laquelle est déterminée la teneur en eau est choisie en fonction de la dimension des éléments qu'il contient. Elle doit être supérieure ou égale aux valeurs indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1. Masse minimale de matériau pour la détermination de la teneur en eau en fonction de la dimension des éléments passant aux tamis à mailles carrée d'ouverture (dm)

| dm (µm)   | 400 | 500 | 630 | 800 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Masse (g) | 20  | 50  | 100 | 150 |

#### 3.2.2 ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NORME NF P 94 6 – 056)

Cette étape a consisté à séparer les grains agglomérés d'une masse connue de matériau, une fois séché au moyen d'une série des tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis. Avec les résultats, on trace la courbe granulométrique du matériau sur un graphique (Fig. 10) et on déduit le coefficient de HAZEN ou d'uniformité: **Cu= D60/D10** et le coefficient courbure: **Cc= D30<sup>2</sup>/D10D60** où D10, D30 et D60 correspondent respectivement aux diamètres pour lesquels on a 10, 30 et 60 %de passants. Pour ce cas: **D60 = 0,315; D30 = 0,200; D10 = 0,080**. Ainsi le sol est classé comme suit: Cu <2, granulométrie très serré, Cu=2<Cu<5, granulométrie serré, Cu= 5<Cu<20, granulométrie Semi-serré, Cu= 20<Cu<200, granulométrie Etalée et Cu= >200, granulométrie Très étalée.

#### 3.2.3 EQUIVALENT DE SABLE (NORME NF P 18 598)

Cet essai consiste à séparer les particules fines du sable par lavage à l'aide d'une solution à pouvoir floculant. L'équivalent de sable est donné par la formule suivante: **ES = 100 \* h2/h1**, où h1: hauteur des sédiments + floculats, h2: hauteur à piston, ES: Equivalent Sable.

Le sol est argileux si  $ES= 0 \leq ES \leq 15\%$ , sol plastique si  $ES= 15\% < ES < 20\%$  et sol non plastique si  $ES= 20\% < ES < 40\%$ . Les échantillons dont les  $ES \leq 15\%$  peuvent faire l’objet de la détermination des limites d’Atterberg.

3.2.4 LIMITE D’ATTERBERG (NORME NF P 94 051)

Cette norme est utilisée pour la détermination des deux limites d’Atterberg (limite de liquidité  $W_L$  à la coupelle et limite de plasticité au rouleau  $W_P$ ). L’essai est réalisé sur les éléments du sol passants au tamis de 0.4mm. On distingue ainsi: le sol non plastique si  $WP= 0$  à 5, peu plastique si  $WP=5-15$ , plastique si  $WP= 15$  à 40 et très plastique si  $WL > 40$ .

4 RESULTATS

4.1 DESCRIPTION DES FACIÈS LITHOLOGIQUES

Cette étape consiste à la description des faciès lithologiques des déblais de quatre puits manuels réalisés sur les sites de l’Aéroport, de Cité Satu, de kalley plateau et de Saguia Béné.

4.1.1 SITE DE L’AÉROPORT

Au niveau du site de l’Aéroport, le puits creusé a un mètre de profondeur. L’analyse pétrographique des faciès rencontré a montré, du bas vers le haut, deux niveaux notés N1 et N2 (Fig. 6a): Le niveau N1 a été observé à une profondeur de -1 à -0,80m soit 20 centimètres d’épaisseur. Il est représenté par des conglomérats à matrice ferrugineuse. Il est constitué de galets plus ou moins arrondis, de grains de quartz de taille variant de 2 à 5mm et des oolithes ferrugineuses. Des tubulures de termitiques sont également observées, marquant les caractéristiques typiques du Continental terminal (Ct<sup>3</sup>). Le niveau N2 va de 0,0 à - 0.80 mètre de profondeur soit une épaisseur de 80 centimètres d’épaisseur. Il est constitué de sable grossier renfermant majoritairement des grains de quartz de taille inférieur à 2 millimètres.

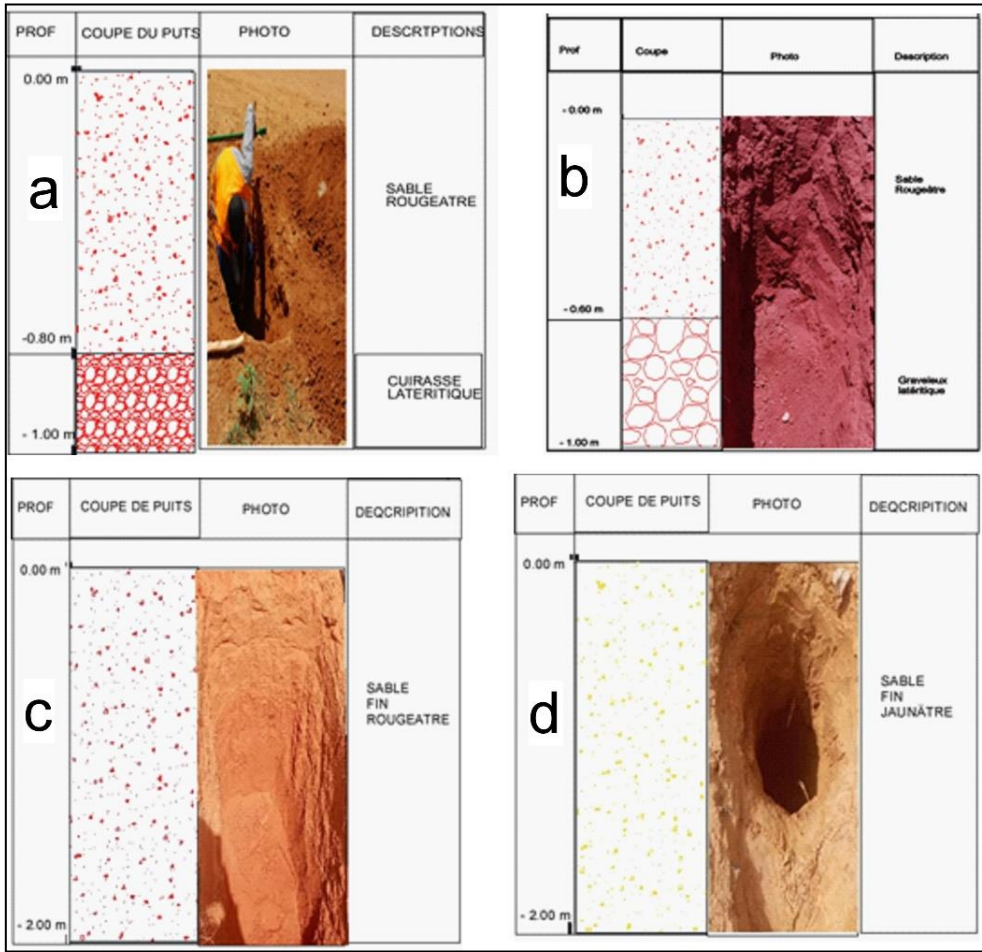


Fig. 5. Coupes lithologiques des puits réalisés. (a) site de l’Aéroport, (b) Cité Satu, (c) Kalley Plateau et (d) Saguia Béné

#### **4.1.2 SITE DE CITÉ SATU**

Le puits réalisé sur ce site a montré également, du bas vers le haut, deux niveaux ou faciès lithologiques, notés N1 et N2 (Fig. 6b):

Le premier niveau N1 a été observé à une profondeur de -1 à -0,60 mètre soit une épaisseur de 40 centimètres. Il est représenté par des sables grossiers latéritiques à matrice ferrugineuse. Il est constitué de galets, de grains très grossiers de quartz de taille variant de 2 à 10 millimètres et des oolites ferrugineuses. Des figures sédimentaires représentées par des traces de tubulures termitiques ont été observées comme dans les autres niveaux du Ct<sup>3</sup>. Le niveau N2 est observé à une profondeur de -0,6 à 0,0 mètre soit 60 centimètres d'épaisseur. Il est constitué du sable cohésif très grossier renfermant des grains de quartz de 2 à 4 millimètres.

#### **4.1.3 SITE KALLEY PLATEAU**

Sur le site de Kalley Plateau, un puits de deux mètres a été réalisé. L'analyse pétrographique a montré un seul faciès lithologique représenté par du grès moyen à fin rougeâtre. Il est constitué par des grès fins dont la taille n'excède pas 1 millimètre (Fig. 6c).

#### **4.1.4 SAGUIA BÉNÉ**

Le puits réalisé sur ce site montre des sables alluvionnaires moyens à fins provenant du Fleuve. Ces alluvions ont été observées à une profondeur de moins de 2,00 mètres. Ils pressentent une couleur jaunâtre, avec une granulométrie de l'ordre de 1 millimètre (Fig. 6d).

### **4.2 SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTES COUPES LITHOLOGIQUES**

L'analyse pétrographique des coupes lithologiques des puits manuels réalisés montrent trois faciès lithologiques différents: la cuirasse latéritique, du sable rougeâtre à jaunâtre peu cohérent et des dépôts alluvionnaires du fleuve. La corrélation des coupes lithologiques réalisées montre des niveaux bien stratifiés, épais de quelques centimètres, constitués de grès argileux de couleur rougeâtre (sable rougeâtre), et qui porte parfois des graviers de nature quartzuse. A l'échelle d'affleurement, la surface supérieure des niveaux de cuirasses ferrugineuse est le plus souvent indurée et comporte de fines oolites ferrugineuses de goethite. Cette corrélation fait ressortir des hétérogénéités granulométrique et pétrographique du sous-sol de la Région de Niamey. Cela constitue un impact sur la réalisation des fondations des grands ouvrages.

### **4.3 RESULTATS DE SONDAGES AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LEGER (NF P 22476-2) 3.3. SITE DE L'AÉROPORT**

L'analyse de la courbe contrainte-profondeur (Fig. 7a) montre trois couches d'épaisseur de contrainte différentes. La première couche a une épaisseur de 80 centimètres avec des contraintes: minimale 1.50 daN/cm<sup>2</sup> (ou 1.50 bar), moyenne 2.25 daN/cm<sup>2</sup> (ou 2.25 bars) et maximale 3.01 daN/cm<sup>2</sup> (ou 3.01 bars). La deuxième couche a une épaisseur de 40 centimètres avec des contraintes: minimale 3.51 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 5.27 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 7.03 daN/cm<sup>2</sup>. La troisième couche a une épaisseur de 30 centimètres avec des contraintes: minimale 3.51 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 5.05 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 6.59 daN/cm<sup>2</sup>. Après analyse des résultats, il est recommandé de fonder l'ouvrage en tenant compte de la profondeur du point le plus bas située à 1.50 mètre avec une contrainte moyenne de 5.27 daN/cm<sup>2</sup>.

#### **4.3.1 SITE DE CITÉ SATU**

L'analyse de la courbe contrainte-profondeur (Fig. 7b) montre deux couches majeures. La première couche a une épaisseur de 50 centimètres avec des contraintes: minimale 3.01 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 4.13 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 7.51 daN/cm<sup>2</sup>. La deuxième a une épaisseur de 50 centimètres également avec des contraintes minimale 7.47 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 7.69 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 7.91 daN/cm<sup>2</sup>. Après analyse des résultats, il est recommandé de fonder l'ouvrage en tenant compte de la profondeur du point le plus bas située à un mètre avec contrainte de 7.47 daN/cm<sup>2</sup>.

##### **4.3.1.1 SITE DE KALLEY PLATEAU**

L'analyse de la courbe contrainte-profondeur de ce site fait ressortir trois couches (Fig. 7c). La première couche a une épaisseur d'un mètre avec des contraintes: minimale 1.76 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 2.20 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 2.64 daN/cm<sup>2</sup>. La deuxième couche a une épaisseur de 50 centimètres avec des contraintes: minimale 1.76 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 2.20 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 2.64 daN/cm<sup>2</sup>. La troisième couche a une épaisseur de 40 centimètres avec des contraintes: minimale 1.76 daN/cm<sup>2</sup>, moyenne 2.20 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 2.64 daN/cm<sup>2</sup>. Après analyse des résultats, il est recommandé de fonder l'ouvrage en tenant compte de la profondeur du point le plus bas située à 1.50 mètre et de la contrainte de 2.20 daN/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.1.2 SITE DE SAGUIA BÉNÉ

L'analyse de la courbe contrainte-profondeur de ce site (Fig. 7d) montre trois niveaux différents. Le premier niveau a une épaisseur d'un mètre avec des contraintes: minimale 1.32 daN/cm<sup>2</sup> moyenne 1.98 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 2.64 daN/cm<sup>2</sup>. Le deuxième niveau a une épaisseur de 50 centimètres avec de contraintes: minimale 1.32 daN/cm<sup>2</sup> moyenne 1.98 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 2.64 daN/cm<sup>2</sup>. Le troisième niveau a une épaisseur de 50 centimètre avec des contraintes: minimale 1.56 daN/cm<sup>2</sup> moyenne 2.15 daN/cm<sup>2</sup> et maximale 2.74 daN/cm<sup>2</sup>. Après analyse des résultats, il est recommandé de fonder l'ouvrage en tenant compte de la profondeur du point le plus bas située à 1.50 mètre et de la contrainte de 2.15 daN/cm<sup>2</sup>.

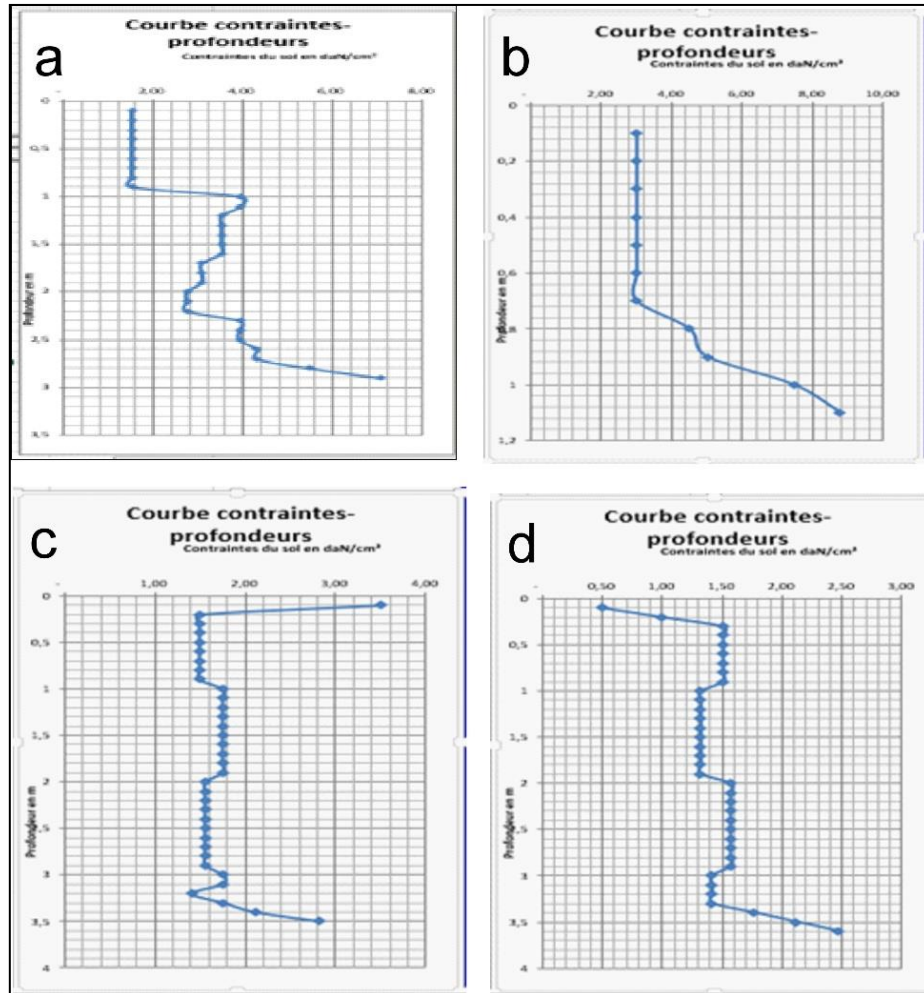


Fig. 6. Courbes contrainte / profondeur des différents sites. (a) Aéroport, (b) Cité Satu, (c) Kalley Plateau et (d) Saguia Béné

#### 4.4 RÉSULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE

##### 4.4.1 RÉSULTATS DES ESSAIS GRANULOMÉTRIQUES

La figure 7A représenté la courbe granulométrique du site de l'Aéroport. Les coefficients de courbure et d'uniformité ont été ainsi déterminés. Le coefficient de courbure déterminé pour le site de l'Aéroport est de  $C_c = D_{30}^2 / D_{10}D_{60} = (0.080)^2 / (0.080)(0.315) = 0.25$  et le coefficient d'uniformité  $C_u = D_{60} / D_{10} = 0.315 / 0.080$ ;  $C_u = 3.93$ .

D'après la classification granulométrique du sol en fonction de  $C_u$ , il s'agit d'un sol à une granulométrie serré car le coefficient d'uniformité  $C_u$  compris entre 2 et 5 ( $2 < C_u < 5$ ).

La figure 7B représente la courbe granulométrique du site de Cité Satu. Le coefficient de courbure  $C_c = D_{30}^2 / D_{10}D_{60} = (0.500)^2 / (0.080)(5) = 0.625$  et le coefficient d'Uniformité  $C_u = D_{60} / D_{10} = 5 / 0.080 = 62.5$ . Il s'agit d'un sol à une granulométrie étalée.

La figure 7C représente la courbe granulométrique du site de Saguia Béné. Le coefficient de courbure  $C_c = D_{30}^2 / D_{10}D_{60} = (0.200)^2 / (0.315)(0.080) = 1.58$  et celui d'Uniformité  $C_u = D_{60} / D_{10} = 0.315 / 0.080 = 3.93$ . Il s'agit donc d'un sol serré car le coefficient d'uniformité compris entre 2 et 5.

La figure 7D représente la courbe granulométrique du site de l'Aéroport. Le coefficient de courbure  $C_c = D_{30}^2 / D_{10}D_{60} = (0.200)^2 / (0.315)(0.100) = 1.26$  et celui d'Uniformité  $C_u = D_{60}/D_{10} = 0.315 / 0.100 = 3.15$ . Il s'agit d'un sol serré également car  $C_u$  est compris entre 2 et 5.

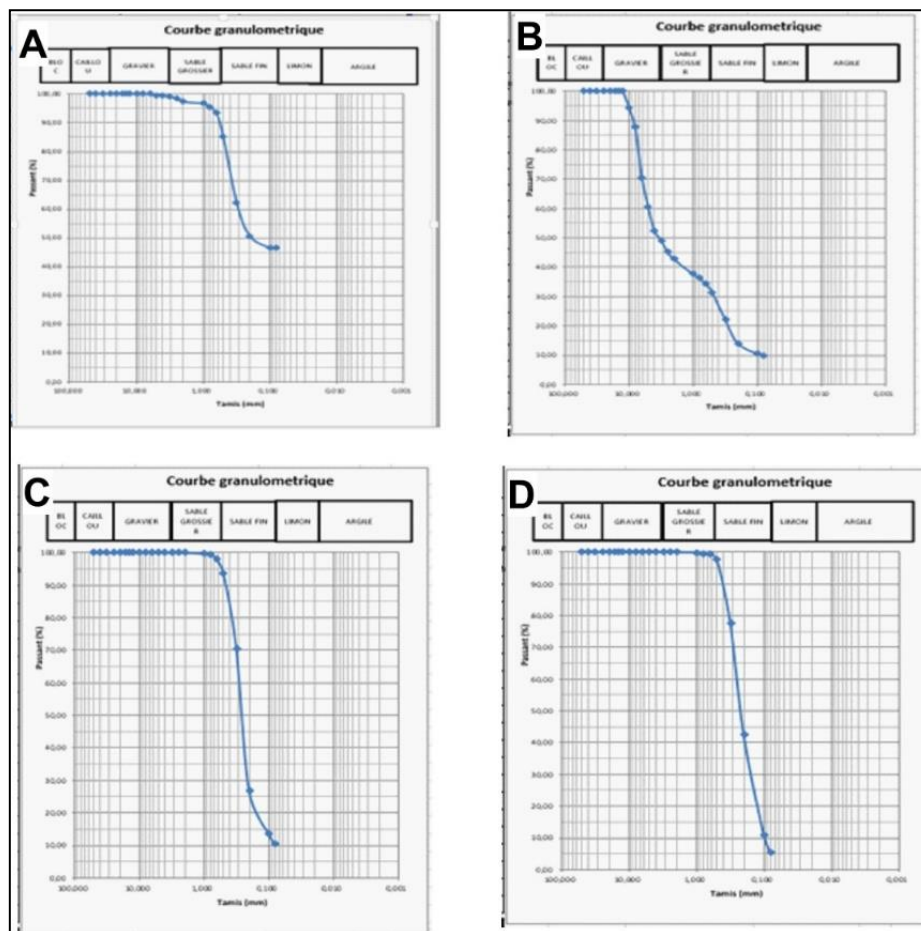


Fig. 7. Les courbes granulométriques des différents sites. (A) site d'Aéroport, (B) site de Cité Satu, (C) site de Kalley plateau et (D) site de Sagua Béné

#### 4.4.2 RÉSULTATS DES ESSAIS D'ÉQUIVALENT SABLE

- Site de l'Aéroport

Le tableau 2 donne les résultats d'équivalent sable du site de l'Aéroport. D'après le tableau 2 d'interprétation de ces résultats, il s'agit d'un sol plastique (argileux) car son ES moyen est égal à 19 (tableau 2).

Tableau 2. Résultat d'équivalent sable du site Aéroport

| Equivalent de sable norme (NF P 18 – 598) | Première éprouvette 1 | Deuxième éprouvette 2 |
|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $h_1$                                     | 33.7                  | 33.70                 |
| $h_2$                                     | 6.00                  | 6.5                   |
| ES                                        | 17                    | 19.29                 |
| ES moyen                                  | 19                    |                       |

- Site de Cité Satu

Le tableau 3 donne les résultats d'équivalent sable du site de Cité Satu. D'après l'interprétation des résultats, il s'agit d'un sol plastique (argileux) car son ES moyen est égal à 20 (Tableau 3).

**Tableau 3.** *Résultat d'équivalent sable du site Cité Satu*

| Equivalent de sable norme (NF P 18 – 598) | Première éprouvette 1 | Deuxième éprouvette 2 |
|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $h_1$                                     | 32,40                 | 33,50                 |
| $h_2$                                     | 6,50                  | 7,00                  |
| ES                                        | 20,06                 | 20,90                 |
| ES moyen                                  | 20                    |                       |

- Site de Kalley Plateau

Le tableau 2 donne les résultats d'équivalent sable du site de Kalley Plateau. D'après l'interprétation des résultats, il s'agit d'un sol plastique (argileux) car son ES moyen est égal à 31 (Tableau 4).

**Tableau 4.** *Résultat d'équivalent sable du site Kalley Plateau*

| Equivalent de sable norme (nf p 18 – 598) | Première éprouvette 1 | Deuxième éprouvette 2 |
|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $h_1$                                     | 20,10                 | 20,20                 |
| $h_2$                                     | 6,30                  | 6,30                  |
| ES                                        | 31,34                 | 31,19                 |
| ES moyen                                  | 31                    |                       |

- Site de Saguia Béné

Le tableau 2 donne les résultats d'équivalent sable du site de Saguia Béné. D'après l'interprétation des résultats, il s'agit d'un sol non plastique (sable argileux) car son ES moyen est égal à 41 (tableau 5).

**Tableau 5.** *Résultat d'équivalent sable du site Saguia Béné*

| Equivalent de sable norme (NF P 18 – 598) | Première éprouvette 1 | Deuxième éprouvette 2 |
|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $h_1$                                     | 19,00                 | 19,00                 |
| $h_2$                                     | 7,70                  | 7,70                  |
| ES                                        | 40,53                 | 40,53                 |
| ES moyen                                  | 41                    |                       |

Le tableau 6 représente les résultats des essais équivalents de sable de tous les quatre sites. L'analyse de ce tableau montre que tous les échantillons étudiés présentent un équivalent sable supérieur à zéro: donc pas de limite d'Atterberg.

**Tableau 6.** *Les résultats des essais équivalent de sable de tous les quatre sites étudiés*

| Sondages                   | Profondeur(m) | Equivalent de Sable (ES%) |
|----------------------------|---------------|---------------------------|
| Aéroport (puits n°1)       | 1m            | 19                        |
| Cité Satu (puits n°2)      | 1m            | 20                        |
| Kalley plateau (puits n°3) | 2m            | 31                        |
| Saguia Béné (puits n°4)    | 2m            | 41                        |

#### 4.4.3 RÉSULTATS DES TENEURS EN EAU

L'analyse de ces résultats obtenus (tableau 7) montre que les échantillons (prélevés à 1 m) de l'Aéroport et de Cité Satu ont une teneur en eau respectivement de 4% et 3% alors les échantillons de Kalley Plateau et Saguia Béné (prélevés à 2 m) ont des teneurs respectivement de 7% et 6.5% (tableau 7). On constate que les échantillons de sols prélevés autour de 2 mètres sont plus humides que ceux prélevés autour d'un mètre.

D'après les résultats pénétrométriques, Les sols de saguia et Kalley plateau (plus humides) présentent une portance de faible à moyenne alors que les sols (moins humides) de l'Aéroport et Cité Satu ont une bonne portance. L'analyse des teneurs en eau des sols étudiés combinée aux résultats pénétrométriques montre que la teneur en eau influence la résistance du sol.

**Tableau 7. Teneurs en eau des matériaux prélevés**

| Sondages                   | Profondeur(m) | Teneur en eau (w%) |
|----------------------------|---------------|--------------------|
| Aéroport (puits n°1)       | 1m            | 4                  |
| Cité Satu (puits n°2)      | 1m            | 3                  |
| Kalley plateau (puits n°3) | 2m            | 7                  |
| Saguia Béné (puits n°5)    | 2m            | 6,5                |

## **5 DISCUSSIONS**

### **5.1 DISCUSSION SUR LES FACIÈS LITHOLOGIQUES**

La description pétrographique des faciès lithologiques identifiés sur l'ensemble de quatre sites a montré que les formations superficielles de la ville de Niamey sont constituées de trois niveaux du haut vers le bas tels: le sable argileux peu cohérent rouge-jaunâtre, le graveleux latéritique quartzueux et la cuirasse ferrugineuse, le plus souvent indurée et comportant de fines oolites ferrugineuses de goëthite. Ces observations sont en accord avec les travaux de [14] et [15] réalisés dans la région de Niamey. Selon ces auteurs, le sol est marqué du haut vers le bas par cinq niveaux ou terrasses (T1, T2, T3, T4, T5) définissant une structure tabulaire et reposant en discordance sur le socle birimien [14] (Fig. 2). Les niveaux T1 et T2 ont été attribués au Pléistocène supérieur et inférieur. La terrasse T1 se situe à 40 m au-dessus du fleuve. La terrasse T2 à 200 mètres est formée d'oolites ferrugineuses, reposant sur des grès argileux. Les terrasses T1 et T2 reposent sur les niveaux à oolites ferrugineuses du Ct<sup>3</sup>. La terrasse alluviale T3 (terrasse moyenne) et les basses terrasses T4 et T5 datée à Holocène s'emboîtent dans la litho-marge du socle birimien [15].

### **5.2 DISCUSSION SUR L'ESSAI AU PÉNÉTROMÈTRE**

D'après les rapports techniques antérieurs réalisés par le laboratoire GEO-LAB CONSULT [16], le sol de la région de Niamey est constituée majoritairement des niveaux de grès ferrugineux représentés par le Continental Terminal Ct<sup>3</sup> (niveau résistant) surmonté par les graveleux latéritiques comme c'est le cas du site de la Cité Satu qui est recouvert par des niveaux moyennement résistants à moins résistants du sable rouge-jaunâtre alluvionnaire ou dunaire, décrits au niveau des sites de Kalley plateau, de Saguia et de l'Aéroport. D'après les résultats obtenus, la formation du Continental terminal a enregistré des contraintes relativement élevées capable de supporter des charges énormes, alors que les formations sableuses ont montré des faibles résistances au frottement avec des faibles valeurs de contraintes.

### **5.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS DU LABORATOIRE**

Des essais granulométriques antérieurs réalisés par le Laboratoire GEO-LAB CONSULT [16] ont montré que le sol de la région de Niamey a une granulométrie serrée au niveau des sites d'Aéroport, Kalley Plateau et Saguia Béné avec des coefficients d'uniformité respectifs de 5; 4 et 3,4. À l'exception de la Cité Satu qui a toujours une granulométrie semi serrée. Ces sites présentent un équivalent de sable comme tel: Aéroport ES=21%; Cité Satu ES=24 % Kalley Plateau ES=37 % et Saguia ES=52%. Les résultats obtenus par cette étude ont montré que les sites de l'Aéroport, Cité Satu et Kalley plateau ont un sol argileux et le site de Saguia présente un sol purement alluvionnaire. Contrairement à la présente étude, les travaux antérieurs de [17] sur les matériaux latéritiques de la région d'Agadez (Nord Niger) où des limites d'Atterberg (WL de 24.30% à 38.90% et WP de 12.9% à 20.60%) ont enregistré, les résultats de cette étude ont montré l'absence de la limite d'Atterberg car tous les échantillons analysés ont des équivalents sable supérieurs à zéro.

D'après les résultats obtenus par les sondages au pénétromètre dynamique léger, tous les échantillons présentent une teneur en eau variant de 3% (Cité Satu), 4% (Aéroport), 6.5% (Saguia Béné) et 7% (Kalley Plateau). Ces observations sont en accord avec les travaux de [15] sur le sol latéritique de Dogon Doutchi (Sud Niger) où les échantillons de sol analysés présentent des teneurs autour de 6%.

Les sols de Saguia et Kalley Plateau (plus humides) présentent une portance de faible à moyenne alors que les sols (moins humides) de l'Aéroport et Cité Satu ont une bonne portance. L'analyse des teneurs en eau des sols étudiés combinée aux résultats pénétrométriques montre que la teneur en eau influence la résistance du sol.

## **6 CONCLUSION**

Cette étude a concerné quatre sites ou quartiers périphériques de la région de Niamey. Il s'agit des sites de quartier: Aéroport, Kalley Plateau, Cité Satu et Saguia Béné. Ces sites ont, dans un premier temps, fait l'objet d'une mission de reconnaissance et d'implantation des puits manuels, puis des essais de sondages au pénétromètre dynamique léger. Les échantillons de sol prélevés ont fait l'objet d'essais

géotechniques au laboratoire, afin de déterminer la granulométrie, la teneur en eau et l'équivalent de sable. Il ressort de cette étude que:

- La description des différents lithofaciès a fait ressortir des hétérogénéités granulométriques et pétrographiques du sous-sol de la région de Niamey. Cela peut impacter la résistance des fondations des grands ouvrages.
- Les résultats obtenus par les sondages au pénétromètre ont permis de déterminer l'épaisseur de différentes couches, la profondeur et la contrainte qu'il faut respecter pour le dimensionnement des fondations.
- Les résultats des essais au laboratoire ont permis de déterminer les paramètres physiques (coefficient d'uniformité, l'équivalent sable et la teneur en eau) des sols investigués.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment toute leur gratitude à Mr. DAN BABA Harouna, directeur du Laboratoire d'expertise en Géosciences (GEO-LAB CONSULT, Niger) pour son appui matériel et technique lors de l'acquisition des données du terrain et de laboratoire.

## REFERENCES

- [1] Mahamoud I. A. Caractérisation géotechnique des sols de la ville d'Oum-hadjer (Batha-Est, Tchad) en vue de leur utilisation comme fondation des ouvrages. Mémoire de Master 2. Université Abdou Moumouni de Niamey. 56p. 2022.
- [2] Tchiroma M. M. Etude comparée d'un mélange granulaire (Granulats roulés et granulats concassés) pour la fabrication de béton de 30 MPa de résistance à 28 jours. Mémoire de master 2, Université de Niamey, 81p. 2022.
- [3] Baraou I. S., Abdoulwahid S., Abdoul W. D. M, Moussa K. Geotechnical Risk Assessment and Geological Origin of Building Fracturation in Agadez City (North Niger). Journal of Environmental & Earth Sciences. 04 (02), 33-44p, 2022.
- [4] Machens E. Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger. Editions BRGM (No. 82), 167 p. 1973.
- [5] Dupuis D., Pons J. et Prost A.E. Mise en place de plutons et caractérisation de la déformation birimienne au Niger occidental. Compte Rendus Acad. Sci. Paris, n° 312 (II), p. 769-776. 1991.
- [6] Ama-Salah I., Liegeois J. P. and Pouclet A. Évolution d'un arc insulaire océanique birimien précoce au Liptako nigérien (Sirba): géologie, géochronologie et géochimie. Journal of African Sciences, 22 (3), p. 235 – 254, 1996.
- [7] Soumaïla A. Etude structurale, pétrographique et géochimique de la ceinture de Diagorou-Darbani, Liptako, Niger Occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse, Univ. Franche- Comté, 203 p, 2000.
- [8] Garba S. H., Konaté M., Ahmed Y. et Soumaïla A. «Les minéralisations de manganèse du Nord Téra (Liptako, Ouest Niger): origine et conditions de mise en place,» REV. CAMES - 5 2), 15 p, 2017.
- [9] Hallarou M. M., Konaté M., Olatunji A.S., Ahmed Y., Ajayi F.F. and Abdul R.M. Re-Os Ages for the Kourki Porphyry Cu-Mo Deposits, North West Niger (West Africa): Geodynamic Implications. European Journal of Environment and Earth Sciences, 13 p. 2020.
- [10] Beauvais A., Ruffet G., Henocque O. and Colin F. Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: The 39Ar-40Ar dating of supergene K-Mn oxides. Journal of Géophysical Research, Vol. 113, F04007,15p, 2008.
- [11] Chardon, D., Jean-Louis, G., Anicet, B. and Ousmane, B. West African lateritic pediments: Landform-regolith evolution processes and mineral exploration pitfalls. Elsevier, Earth-Science Reviews, 124–146p. 2018.
- [12] Ousmane H., Dia Hantchi K., Boubacar Hamidou L., Abdou Ali I. et Konaté M. Caractérisation de la déformation des dépôts oligocènes du Continental terminal 3 (Ct3) dans la région de Niamey (Bordure Orientale du Craton Ouest Africain, Bassin des lullemeden). European Scientific Journal, 16 (15), 15p, 2020.
- [13] Abdoul G. A. S. Analyse tectono-sédimentaire de la formation du Continental terminal 3 de la rive droite du fleuve Niger (secteurs de Karey Gorou, de Ganguel et des Trois Soeurs), Niamey (Liptako-Niger). Mémoire de master 2, Université de Niamey, 82 p, 2022.
- [14] Dubois D., Icole M. et Trichet J. Evolution géomorphologique de la vallée du Niger aux abords de Niamey (République du Niger). Bull. Soc. Géol. France, 6: p1305-1318. 1984.
- [15] Ousseini I. et Morel A. Utilisation de formations alluviales azoïques pour l'étude des paléoenvironnements du Pléistocène supérieur et de l'Holocène au sud du Sahara: l'exemple de la vallée du fleuve Niger dans le Liptako nigérien. Bull Soc Géol de France, 8 (5), p85-90, 1989.
- [16] DAN BABA H. L'interprétation des données du pénétromètre dynamique. Bulletin d'information Technique. Vol. 13, n o 2, 2p, août 2008.
- [17] Wadjana F. T. Etude des propriétés géotechniques des matériaux lateritiques et leur utilisation en application routière (lithostabilisation): cas de la route tamaya- mararaba (ingall, région d'agades, niger). Mémoire de Master 2. Université Abdou Moumouni de Niamey. 76p, 2022.
- [18] YACOUBOU N. Contribution à l'étude des dégradations des routes bitumées: cas du tronçon de la RN1 entre Dogondoutchi et Birni N'Konni (Sud Niger) «. Mémoire de Master 2. Université Abdou Moumouni de Niamey, 74p, 2020.

## Production of biogas with household peelings in households and estimation of energy potential in Côte d'Ivoire

*Sahi Louh<sup>1</sup>, Theophile Roch Ori<sup>1</sup>, Kamenan Blaise Koua<sup>2</sup>, and Prosper Gbaha<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Technologie, UFR SSMT, Université Félix Houphouët Boigny, 22 B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratoire des Sciences de la Matière, de l'Environnement et de l'Energie Solaire, UFR SSMT, Université Félix Houphouët Boigny, 22 B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, B.P. 581, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The aim of this study is to produce biogas with household peelings. The peels used are cassava (PM), yam (PI) and plantain (PB) peels. The bibliographic study allowed us to know that this waste has a high yield of biogas. However, the production of biogas with these peelings has acidification problems linked to their acid pH and a high C/N ratio. The use of a digestate from the anaerobic digestion of cow dung as inoculum (I) and a neutralizer such as human urine and cassava effluent allowed the pH to be adjusted around neutrality, which made it possible to produce flammable biogas with its various peelings.

**KEYWORDS:** Biogas, household peelings, inoculum, human urine.

### 1 INTRODUCTION

More than half of the world's population uses solid biomass fuels (wood) for domestic energy needs, such as cooking and lighting. In sub-Saharan African countries, more than 70% of the entire population depends on wood as fuel (Dohoo et al., 2013). The city of Yamoussoukro alone consumes 98% of charcoal production and 58% of firewood. This rate is expected to grow due to unbridled urbanization and galloping demography. All these data demonstrate the preponderant place of biomass energy and particularly charcoal in meeting the energy needs of the populations of the city of Yamoussoukro (Dohoo et al., 2013). The inaccessibility to forms of modern cooking energy therefore makes the living conditions of populations more difficult, especially those of women who are generally responsible for collecting firewood in underdeveloped countries. The collection of firewood is also one of the main causes of deforestation and consequently the degradation of arable land (Tize et al., 2015). The current widespread and inefficient use of biomass energy also has repercussions on health human. Indeed, deaths from acute respiratory infections as a result of air pollution have been estimated at around 1.3 million each year (Gwavua et al., 2012).

Thus, to resolve the difficulties of access to firewood by rural households and reduce the harmful effects on the environment, the construction of household digesters therefore presents itself as a reliable opportunity to improve the living conditions of the populations while preserving environment (Smith, 2013). The biogas produced allows rural households to carry out cooking tasks (Jyothilakshmi et al., 2013). It contributes to the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions released by animal manure placed on the ground (Diop et al., 2015). Methanization or anaerobic digestion (AD) takes place in confined enclosures called digesters inside which the fermentation reactions are optimized and controlled. The product of anaerobic digestion (biogas), is a mixture of 50-70% methane (CH<sub>4</sub>), 50-30% carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) depending on the nature of the substrate (Rufai, 2010).

Methanization or anaerobic digestion is done in confined enclosures called digesters inside which the fermentation reactions are optimized and controlled; it produces biogas composed mainly of methane, while reducing by half the rate of organic matter in many waste or biodegradable by-products (Couturier et al., 2001). Anaerobic digestion or methanization is a biological process generally comprising four successive phases: hydrolysis and acidogenesis which result in the formation of volatile fatty acids, acetogenesis responsible for the formation of acetic acid, hydrogen and carbon dioxide and finally methanogenesis which requires very specific conditions for its triggering and the production of methane (Kalloum et al., 2007). Indeed, several parameters govern the smooth running of anaerobic digestion. The most important are: pH, temperature, C/N ratio (Kalloum et al., 2007; Merlin and Boileau, 2010). The optimal values of these parameters are presented in the table 1.

**Table 1. Optimal parameters of anaerobic digestion (Merlin and Boileau, 2010)**

| Parameter              | Hydrolysis/acidogenesis phase | Methanogenesis                                        |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
| PH                     | 5.2- 6.3                      | 6.7-7.5                                               |
| Ratio C/N              | 10/1- 45/1                    | 20/1 - 30/1                                           |
| Temperature range (°C) | 25°C - 35°C                   | 32°C - 42°C (mesophilic)<br>50°C -58°C (thermophilic) |
| Redox potential (mV)   | -300 to+400 mV                | Under -250 mV                                         |

The favorable pH range for anaerobic microbes is 6.8-7.5. Biogas production is generally inhibited or even fails at pH values below 6 or above 8 (Kpata-Konan et al., 2011). Methane production is generally increased in the temperature range of 35°C to 40°C under mesophilic conditions (Kpata-Konan et al., 2011).

The C/N (carbon to nitrogen) ratio in the feedstock is very important because a high level of nitrogen (>80 mg/l) in the form of undissociated ammonia (at a low C/N ratio) can cause toxicity, while a low level of nitrogen (at a high C/N ratio) can inhibit the rate of digestion. It is necessary to maintain the correct C/N ratio of the substrate in between. Co-digestion of different compatible substrate can be used to maintain C/N ratios (Gupta et al., 2012).

The difficulties of households to respect these parameters is at the origin of the abandonment of the use of digesters in households (Rajendran et al., 2012). These difficulties encountered by households can be explained by the fact that in discontinuous anaerobic treatment systems (batch), the digester is initially fed with the substrate and sealed throughout the processing period. The fermentation reactions take place sequentially and when the production of biogas drops or becomes zero, the reactor is emptied and a new substrate is introduced (Arras, 2017). However, the disadvantage of this type of reactor is the coexistence of all the bacteria in the same volume. This then requires the maintenance of an environment acceptable to all (Arras, 2017).

The technique commonly used in the literature is pH adjustment using chemicals such as lime, soda and sodium bicarbonate (Matheri et al., 2015). The use of these chemicals contributes to increasing the cost of biogas production, which could be an obstacle to the use of biogas in households (Gonzalez et al., 2022).

This present work aims to produce biogas with cassava, yam and plantain peelings. To maintain the C/N ratio, the digestate from the anaerobic digestion of cow dung is used as inoculum. Cassava slurry and human urine are used to adjust the pH of the substrate in the digester. The objective is to determine the optimal conditions for the biodigestion of household peelings (banana, yam and cassava peelings) by avoiding any inhibition and to compare the volume of biogas obtained with the peelings.

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 COLLECTING OF PEELING

Fresh banana, cassava and yam peels are the raw materials used for the production of biogas in this research work. These peelings were chosen because of their high methane yield. The different yields and the C/N ratio are presented as follows:

Table 2. Methane yield of household peelings and C/N

| Substrates    | MS % | PH   | MO% | Specific prod of CH <sub>4</sub> %<br>((Nm <sup>3</sup> <sub>ch4</sub> ) | C/N  | Ref                                                |
|---------------|------|------|-----|--------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------|
| Cassava peel  | 20   | 5.68 | 75  | 267                                                                      | 49.9 | (Lacour, 2012 ; Adekan and Bamgboye, 2009)         |
| Yam peel      | 20   |      | 75  | 267                                                                      | 43.5 | (Lacour, 2012 ; OjikutuAbimbola and Olumide, 2014) |
| Plantain peel | 20   |      | 89  | 322                                                                      | 37,1 | (Lacour, 2012 ; OjikutuAbimbola and Olumide, 2014) |

These peelings were collected from households in Djahakro. The various peels have been pretreated by soaking in water for 7 days as to reduce the cyanide content which is detrimental to microbial activities. The materials were ground into small pieces using a blender (Oparaku et al., 2013).

## 2.2 SAMPLE CHARACTERIZATION

Fresh cow dung samples used in this study were collected from the INP-HB cattle farm. Human urine is collected in latrines and cassava effluent is collected from women in Djahakro (Yamoussoukro).

### 2.2.1 MEASUREMENT OF PH AND REDOX POTENTIAL

The pH was measured on 2 g of sample homogenized with 20 ml of distilled water using a pH meter (HAINA). The pH meter is switched on and the probes are plunged directly into the various beakers containing the substrate. The value of these parameters is read directly on the digital display screen of the device presented as follows (Traoré et al., 2016).

### 2.2.2 DETERMINATION OF DRY MATTER

The dry matter was determined from 5 g of samples, by differential weighing, after passage in the Heraeus T 5042 oven at 105°C for 24 hours. The following formulas were used to calculate the dry matter (DM) and moisture (H) of cow dung (Afial et al., 2014).

$$\% H = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (1)$$

$$\% DM = 100 - \% H \quad (2)$$

With:

%H: humidity percentage

M<sub>0</sub>: initial mass of the sample before drying (fresh cow dung)

M<sub>1</sub>: final mass of the sample after drying in an oven at 105°C

%DM: dry matter

### 2.2.3 ORGANIC MATTER (OM)

The organic matter (OM) content is obtained by weighing the difference between the mass of the dry waste (M<sub>1</sub>) and the mass of the waste calcined at 600°C (M<sub>2</sub>) up to a constant weight for 2 hours (Afial et al., 2014).

$$\% MO = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100 \quad (3)$$

With:

M<sub>2</sub>: the final mass of waste calcined at 600°C

M<sub>1</sub>: final mass of the sample after drying at 105°C

### 2.2.4 ORGANIC CARBON (%C)

The organic carbon content was deduced from the organic matter content after calcining the sample in a muffle furnace at 600°C for two (02) hours. The following formula is used to calculate organic carbon (Subramani and Ponkumar, 2012).

$$\%C = \frac{\%MO}{1.8} \quad (4)$$

### 2.2.5 NITROGEN

Total Kjeldahl nitrogen takes into account two forms of nitrogen: total organic nitrogen and ammoniacal nitrogen. This assay includes three steps: mineralization of organic nitrogen into ammoniacal nitrogen, distillation and titration (Afial et al., 2014).

- Mineralization

The 50 ml sample and 50 ml of distilled water (control) were introduced into matras digestion tubes with the addition of 1 g of mineralization catalyst (selenium + potassium sulphate) and 10 ml of sulfuric acid at 95 - 97%. The whole is brought to 350° C. for two hours under the hood. Since the reaction is exothermic, the tubes are cooled to ambient temperature (25° C.).

- Distillation

After cooling, the acid is neutralized by adding 50 ml of 40% sodium hydroxide (NaOH). The mixture is placed in the tank of the distiller. The distiller's condenser lanyard is then immersed in a beaker containing 20 ml of boric acid with the addition of mixed indicator (methyl red + methyl blue). The solution turns from blue to purple. The distillation is done for 10 minutes. At the end of the distillation, the solution turns green.

- Titration

The titration of the distillate is carried out with 0.1 N sulfuric acid. The return to the violet color marks the end of the assay presented in the figure below. Then the volume of 0.1 N sulfuric acid used is recorded.

- Expression of results

The total Kjeldahl nitrogen (%N) is determined according to the following relationship.

$$\%N = ((V_1 - V_0) * N * 14 * 1000) / V_2 \quad (5)$$

With:

Vo: volume of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> used to titrate the control (distilled water);

V<sub>1</sub>: volume of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> used to titrate the sample;

V<sub>2</sub>: test portion volume;

N: normality of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.1 N);

14: Atomic mass of Nitrogen

## 2.3 DESCRIPTION OF THE PROTOTYPE DIGESTER

The digester used in this research work was fabricated using polyethylene (plastic) canisters (Agu and Igwe, 2016). The experimental device is composed of two parts. The first part consists of a polyethylene container with a capacity of 25 L, a diameter of 25 cm and a height of 50 cm. This tank contains the reaction medium, i.e. the substrate obtained after mixing the dung and the water. The second part consists of the car inner tube which will trap the biogas produced during the methanisation. The inner tube acts as a gas holder. The gasometer is designed for two reasons:

- Cover biogas demand during hourly consumption peaks
- And contain the production of biogas during the longest period of zero consumption (Aboubacar et al., 2016)

Gas lines are used to connect the digester, air chamber and gas valve. The gas pipe is connected to the digester tank and the T-valve; and that this T-valve is connected to a rubber tube that connects a gas valve and the air chamber. The gas valve is used to burn biogas. This prototype digester used in this work was manufactured in a workshop in the mechanical and energy engineering department of INP-HB.

A TM-6 type digital thermometer is connected to the digesters to observe the temperature variation in the digester. The synoptic diagram of these digesters is presented in Figure 1.



**Fig. 1.** *Diagram of the digester*

The objective of this work is to produce biogas at an affordable cost by households. Also make a digester that is easy to move. Thus, our choice of materials for the realization of the digester fell on the plastic container, the car inner tube and the gas pipes. These materials are available locally.

The digester is placed in a sheet metal box painted black and exposed to the sun in order to maintain the temperature in the digester around 35°C to 40°C (Fitia Tsimbina, 2016). Indeed, the production of methane is generally carried out in the temperature range of 35° C to 40° C under mesophilic conditions. The variation in temperature is a very important element to take into account because it can irreversibly affect the quantity of methanization microorganisms. Thus an empty space of 15 cm is left between the digester and all the walls of the box. In fact, to guarantee the fermentation process, the temperature inside the digester must be uniform; temperature fluctuations should be avoided as much as possible. Slight temperature fluctuations can nevertheless be tolerated by microorganisms if they are less than 2°C to 3°C/h per day for mesophilic (Paterson and Kuhn, 2010).

Then it must be added that when the digester is installed in the metal box painted black (Figure 2), the digester is protected from sunlight, since sunlight prevents the production of algae inside the digester which reduces the production of biogas. The inside of the metal crate remained dark because light could not enter.



**Fig. 2.** *Digester installed in the box exposed to sunlight*

## 2.4 SUBSTRATE PREPARATION

### 2.4.1 PREPARATION OF THE INOCULUM

The digestate obtained from the anaerobic digestion of cow dung in this study is taken as a co-substrate. To obtain this digestate, a 25 liter digester is installed in the black box and exposed to sunlight with pH adjustment with 1 liter of cassava effluent and 200 mL of human urine. 9kg of fresh cow dung is mixed with 8.5 liters of water for introduction into the digester.

This digestate is used for seeding the medium (inoculum) because it is rich in methanogenic bacteria responsible for the production of biogas. These different substrates are introduced into the fermenter previously containing digestate from the anaerobic digestion of cow dung. The addition of a seeding inoculum when starting the biomethanation tests provides an active microbial biomass which makes it possible to avoid cases of inhibition linked in particular to an accumulation of volatile fatty acids (VFAs) and a drop in pH, and promotes a balanced state of the entire anaerobic digestion process.

### 2.4.2 CO-DIGESTION OF HOUSEHOLD PEELINGS WITH INOCULUM

The calculation of the masses of the peelings as well as the volume of the inoculum to put in each digester is calculated according to the ratio inoculum/substrate (I/S). Indeed, the I/S ratio is one of the most important factors likely to influence the kinetics of PBM tests, while the effects related to this parameter are still poorly understood. Indeed, Sri Bala et al propose a standard I/S ratio equal to 1 to maximize biogas production (Kameswari et al., 2012). Each test was performed under anaerobic conditions. For this, a nitrogen sweep was carried out in the atmosphere of the headspace. (Angeli, 2019).

Thus, in the context of this work, cassava effluent and human urine are used to neutralize the pH of the substrate. The urine of a healthy person. The characteristics of the urine used and the cassava effluent are presented in Table 3.

**Table 3. Characteristics of human urine and cassava effluent**

|                  | pH  | Nitrogen (N) | Reference                                  |
|------------------|-----|--------------|--------------------------------------------|
| Human urine      | 8.9 | 3600 mg/L    | (Kpata-Konan et al., 2011 ; Youssef, 2013) |
| Cassava effluent | 3.4 |              | (Kpata-Konan et al., 2011)                 |

Cassava effluents are acidic due to their composition (richness in starch, presence of cyanogenic compounds). About 90% of the nitrogen is concentrated in the urine (Youssef, 2013). The main constituents of human urine (urea, sodium chloride, sodium sulphate) reveal that human urine has a basic character therefore replace the chemicals such as lime, soda and sodium carbonate generally used to adjust the pH. According to these authors the pH of cassava effluent is 3.4 and human urine is 8.9 (Kpata-Konan et al., 2011).

Solar energy can be used for temperature control between 35°C to 37°C. Human urine is collected in latrines and cassava effluent is collected from women in Djahakro (Yamoussoukro).

### 2.4.3 FEEDING THE DIGESTERS

The peelings are crushed (pound the waste or even better mix them) to ensure homogenization of the substrate (physical treatment) which facilitates assimilation by bacteria during anaerobic digestion. Indeed, the study conducted by Djaafri et al. (2014) showed that the physical pretreatment of easily biodegradable organic waste (rich in sugar and starch), accelerates anaerobic digestion and represents a promising solution for the start-up of new digesters various types in pilot and semi-pilot scale (Djaafri et al., 2014). Before filling the reactors, each fraction of biodegradable organic waste was weighed and reduced to small particles (2 cm) using a mixer.

Fresh household waste mixed with sludge from the methanization of cow dung (inoculum) in an Inoculum/substrate ratio = 1 (Rameswari et al., 2012). This ratio makes it possible to maximize the production of biogas. Thus, to know the quantity of waste and inoculum necessary to fill the reactor. Mathematical reasoning allows us to determine the share that goes to each type of substrate. The quantity of substrate (peeling) and inoculum to add is calculated according to the ratio  $r = \text{inoculum/substrate}$  according to the organic matter. This ratio is set at 1 for these trials.

$$\text{Mass inoculum (g)} \cdot \% \text{MS inoculum} \cdot \% \text{MO inoculum} = X \quad (7)$$

$$X/r = y \quad (8)$$

$$y/\text{MO substrate} = z \quad (9)$$

$$z/\text{MS substrate} = M \quad (10)$$

With:

X represents the quantity of organic matter present in the inoculum (g)

Y is the quantity of organic matter to add with the substrate in (g)

z is the amount of MS to add substrate (g)

M represents the quantity of substrate in MF to put in the digester (g)

The organic load rate (Br) also depends on the mass of substrate to put in the digester. In the mesophilic zone, this rate is evaluated at 3 kg DM/m<sup>3</sup>/d. For a period of 40 days; we will have Br=120kg DM/m<sup>3</sup>/40d. This rate is expressed as (Paterson and Kuhn, 2010):

$$Br = M * \text{MOsub} / V_r * 100 \quad (11)$$

With:

M: amount of substrate added per unit time (kg/d);

MO sub: concentration of organic matter in the substrate (volatile solids (% SV)

V<sub>r</sub>: reactor volume (m<sup>3</sup>)

The mass of substrate is therefore calculated as follows:

$$M = Br * V_r * 100 / \text{MOsub} \quad (12)$$

Once the mass M of substrate has been obtained, the previous relations make it possible to obtain the mass of the inoculum.

The samples thus formed are introduced into the reactors. To ensure permanent contact, the amount of water to be added to each substrate in the reactor should be calculated as follows (Al Imam et al. 2013):

$$V_{\text{water}} = M \left( \frac{\text{MS}_{\text{sub}}}{8} - 1 \right) \quad (13)$$

With:

MS sub: The dry matter of the substrate

M: the mass of waste

## 2.5 EVALUATION OF THE VOLUME OF BIOGAS PRODUCED

The volume of biogas obtained from each peeling is calculated from one torr. The volume of biogas at the end of digestion can be calculated as (Ishaya et al., 2016):

$$V(m^3) = 2\pi^2 * R * r^2 \quad (14)$$

The quality of the gas obtained is the best key to assessing each recorded production. The gas flammability test would therefore provide a more precise idea of the nature of the gas, i.e. to recognize whether the gas obtained is indeed biogas (Tize et al., 2015). The analysis of biogas makes it possible to know its composition (methane, carbon dioxide, etc.).

The gas analyzer is a gas detector which could detect combustible gas, O<sub>2</sub> and other two kinds of toxic gas continuously and simultaneously. It is widely used in the area where explosion proof is required or toxic gas leakage, such as underground canals or mining industry, so as to protect workers' lives and avoid damage to equipments. The start-up of the digester is described as follows:

Mix the raw material to be fermented and the inoculum and fill the digester. Several difficulties can arise after feeding the digester, some of which are:

- After 3 to 10 days, the digester will produce biogas. At first, the gas cannot ignite because the % methane is too low. In this case, the entire gasometer must be emptied and fresh gas must be waited until the gas can be used
- In the event of acidification (more gas production quickly, rapid drop, the water coming out becomes yellow...) you can:
  - If the PH is not below 6, the digester will adjust its PH naturally but this may take time. Adding inoculum can speed up this time
  - If the pH is below 6, add inoculum and a little human urine to raise the pH
  - If the PH is 7 and the digester still does not produce, it means that the liquid contains chemicals that kill bacteria. In this case, you have to empty everything and start over
  - If the PH is 7 but the gas production is very low, this may be due to a leak, then the pipes and gasometer must be checked

The digesters will be fed with cassava, yam and banana peelings and mixtures of peelings. Each digester is installed in the east slush box and exposed to sunlight. The PH adjustment will be made with cassava effluent and human urine.

## 2.6 ESTIMATION OF THE AMOUNT OF ENERGY PRODUCED FROM PEELINGS (AVAILABILITY OF PEELINGS)

Agriculture is a key sector in Côte d'Ivoire that provides the maximum biomass. The work of Zinla et al. (2021) showed that yam; cassava and banana are among the top 5 crops in Côte d'Ivoire. These crop residues (CR) discussed in this study have the annual production presented in the Table 4 (Fitia Tsimbina, 2016).

**Table 4. Production of some crops in Côte d'Ivoire**

| Number | Crop residues | Production per year (ton) |
|--------|---------------|---------------------------|
| 1      | yam           | 6 361 046                 |
| 2      | cassava       | 3 535 531                 |
| 3      | Sugar cane    | 1 912 954                 |
| 4      | Oil palm tree | 1 877 745                 |
| 5      | plantain      | 1 708 567                 |

The consumption of yams, plantains and cassava generates peelings. A small part of these peelings is used to feed ruminants and pigs, while a large part is thrown into the environment, which rots and releases a foul smell. The quantity of peelings generated in Côte d'Ivoire for each year from these crops is presented in the table 5.

The theoretical RC potential is calculated by multiplying the production of agricultural crops by the residue-to-product ratio (RPR). The RPR of cassava, yam and banana peels is shown in the table 5 (Jekayinfa et al., 2015).

**Table 5. The product residue ratio (RPR) of selected peelings**

| Residues | Type of residue | RPR          |
|----------|-----------------|--------------|
| Cassava  | Peeling         | 0.250        |
| yam      | Peeling         | <b>0.200</b> |
| Plantain | Peeling         | 0.40         |

### 2.6.1 ENERGY DETERMINATION

To determine the energy potential of the biogas (Ebiogas) produced from the selected peeling, the experimentally determined data for the biogas produced per kg of each peeling were used. An illustrative example of determining the energy potential of biogas for cassava peel is presented as (Jekayinfa et al., 2015):

- Annual amount available:  $0.88 \times 10^6$  t
- Biogas per kg of crop residues:  $0.65 \text{ m}^3$
- Biogas per year of crop residues:  $0.88 \times 0.65 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m}^3 = 0.572 \times 10^9 \text{ m}^3$
- $10^9 \text{ m}^3$  of biogas is equivalent to 26,199 PJ of energy

Therefore, the annual energy of biogas,  $E_{biogas} = 26.199 \times 0.572 \text{ PJ} = 14.98 \text{ PJ}$

1 PJ = 277777777.778 kWh

So,  $14.98 \text{ PJ} = 277777777.778 \times 14.98 = 416272999 \text{ kWh}$

Values assessed for other selected crop residues followed the same calculation procedure

### 3 RESULTS

#### 3.1 CHARACTERIZATION OF CASSAVA EFFLUENT AND URINE

The physico-chemical characterizations of the urine and cassava effluent used are given in the following table:

*Table 6. Effluent and urine parameters*

|                     | Cassava effluent | Human urine   |
|---------------------|------------------|---------------|
| <b>Nitrogen (N)</b> | <b>0.41g/L</b>   | <b>2.4g/L</b> |
| <b>PH</b>           | <b>3.8</b>       | <b>8.9</b>    |

The physico-chemical characteristics of the cassava effluent show an acid effluent with a pH below 7 and a low quantity of nitrogen which is 0.41 g/L. The PH value of human urine used in this work is greater than 7 and rich in nitrogen (2.64 g/L).

#### 3.2 PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SUBSTRATE RESIDUES

The characterization of the peelings gives the table below.

*Table 7. Characterization of peelings*

|                    | pH   | %MS   | %MO  | %C    | %N   | C/N   |
|--------------------|------|-------|------|-------|------|-------|
| Peel yam (PI)      | 5.2  | 16.5  | 96.2 | 55.9  | 1.06 | 59.74 |
| Peel plantain (PB) | 5.67 | 11.6  | 89.6 | 52.09 | 0.63 | 33.33 |
| Peel cassava (PM)  | 5.2  | 14.95 | 95.8 | 55.6  | 0.70 | 49.42 |
| Inoculum           | 7.3  | 10.25 | 59   | 28.3  | 1.73 | 16.35 |

The data of the physicochemical parameters of the peelings and the inoculum are recorded in the Table above. The table shows that cassava peelings; yams and bananas have an acidic pH. The dry matter of the peelings of cassava, yam, plantain banana and the inoculum are respectively 14.95%; 16.5%, 11.6% and 10.25 The organic matter content of the different peelings is high; 95.8% for cassava peelings, 96.2% for yam peelings and 89.6% for banana peelings.

The carbon/nitrogen (C/N) ratios of cassava, yam and plantain peelings, which are very decisive in determining the biomethanization parameters of a substrate, were respectively 49.42; 59.74 and 33.33. The table above shows that cassava peels, banana peels and yam peels have a high organic carbon value and a low total nitrogen value, which results in a particularly high C/N ratio.

#### 3.3 EFFECT OF INOCULATION ON THE C/N RATIO OF PEELINGS

The different C/N ratios of peelings and inoculum are given in the table below:

**Table 8. C/N values measured for each substrate**

|                   | C/N   |
|-------------------|-------|
| Digester 1 (PB+I) | 29.13 |
| Digester 2 (PM+I) | 28.9  |
| Digester 3 (PI+I) | 26.32 |

The addition of cow dung digestate to each peeling contributed to the reduction of the C/N ratio. 49.6 for cassava peelings changed to 28.9 after adding the inoculum. 59.74 for yam peels went to 29.13 and finally 33.33 for banana peels went to 29.13.

### 3.4 PARAMETERS OF ANAEROBIC DIGESTION

The mass of peeling to be used is calculated according to the dry matter (DM), the organic matter (OM), the inoculum/substrate ratio and the organic load rate. Equations (7), (8), (9) and (10) are used to calculate the amounts of substrate and inoculum to be used. We obtain table 9 and table 10 below:

**Table 9. Quantity of peelings**

|                   | Mass of waste (kg) | Volume of water (L) | inoculum quantity (kg) | Human urine (L) | Cassava effluent (L) |
|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-----------------|----------------------|
| Digester 1 (PB+I) | 3.3                | 1.5                 | 5.7                    | 1.8 liter       | 350 mL               |
| Digester 2 (PM+I) | 3.1                | 2.7                 | 6.9                    | 1.8 liter       | 350 mL               |
| Digester 3 (PI+I) | 3.1                | 3.3                 | 8.1                    | 1.8 liter       | 350mL                |

**Table 10. PH measurement before and after experimentation**

|                   | Initial PH | Final pH | MO consumed |
|-------------------|------------|----------|-------------|
| Digester 1 (PB+I) | 7.02       | 7.3      | 60          |
| Digester 2 (PM+I) | 7.1        | 7.2      | 57          |
| Digester 3 (PI+I) | 7.02       | 7.2      | 45          |

The addition of human urine and cassava effluent on the one hand and the inoculation on the other hand made it possible to have a neutral pH for the different peelings at the beginning and at the end of the anaerobic digestion. The organic matter consumed for the banana peel; of yam and cassava are respectively 60%, 57% and 45%.

### 3.5 ANALYSIS OF THE BIOGAS OBTAINED WITH EACH PEELING

**Table 11. Composition of biogas with each peel**

|          | Methane (CH <sub>4</sub> ) | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | CO    |
|----------|----------------------------|-----------------|----------------|------------------|-------|
| Cassava  | 55%                        | 19.1%           | 14.9%          | 2ppm             | 13ppm |
| Plantain | 53%                        | 15%             | 13%            | 2ppm             | 12ppm |
| Yam      | 49%                        | 17%             | 12%            | 2ppm             | 12ppm |

After 15 days; Cassava peel produced 165 liters of biogas; yam peel is 164 L and 225 L for banana peels.

### 3.6 ESTIMATED AMOUNT OF ENERGY FROM PEELINGS

*Table 12. Estimation of the biogas potential of peelings in Cote d'Ivoire*

|                     | Annual quantity available (ton) | Biogas per kg of residue (m3) | Annual energy (Ebiogas) PJ |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Peeling of cassava  | $0.88 \times 10^6$ t            | 0.65                          | 14.98PJ                    |
| Peeling of plantain | $0.71 \times 10^6$ t            | 0.42                          | 7.8 PJ                     |
| Peeling of yam      | $1.27 \times 10^6$ t            | 0.56                          | 19.05 PJ                   |

## 4 DISCUSSION

### 4.1 CHARACTERIZATION OF EFFLUENT AND URINE

Cassava effluents are biorecalcitrant because they are acidic ( $\text{pH} < 4$ ) and present a nitrogen deficiency ( $0.6 - 0.8$  g/L) according to Kpata-Konan et al. (2011). The PH value of human urine used in this work is greater than 7 and rich in nitrogen ( $2.64$  g/L). These values are not fixed, they can vary from one individual to another. Acidic human urine is sometimes found. However, the composition varies according to several factors such as the time of urination, type of food consumed and the physical conditions of the person concerned. The high content of nitrogen is explained by the high content of urea in human urine as mentioned in the thesis work of Youssef (2011). Because human urine is rich in nitrogen, it therefore has a basic character.

### 4.2 PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF VEGETABLE RESIDUES

The pH of the different peelings are acidic. This constitutes a serious problem because the production of biogas is impossible when the pH is acidic. This was also confirmed by (Rajameena and Velayutham (2018), citing that one of the major problems associated with the production of biogas from cassava roots (cassava waste water, cassava solid waste and cassava tuber), yam peel and cassava peel of plantain is acidification (low pH). Indeed, the methanogens that produce flammable gases from the waste are very sensitive to pH (Ofoefule and Uzodinma, 2009). Therefore, it is necessary to ensure pH control when carrying out biomethanation tests in the laboratory. In most of the work done on biogas production using cassava materials, inoculums and neutralizers were applied to the suspension to bring the pH to neutrality (Kpata-Konan et al., 2011; Djaafri et al., 2014).

The determination of the dry matter (DM) is one of the criteria which makes it possible to classify the substrate according to its ability to be more or less degradable by biochemical means (Al Imam et al., 2013). It determines the thermochemical choice (pyrolysis, gasification) for dry matter contents higher than 30%, or biochemical by fermentation, for lower contents as in the specific case in this study. The dry matter content of the peelings reinforces an anaerobic digestion by "wet process" which is suitable for the treatment of waste with between 5 and 20% dry matter (DM) content. To grow properly, the microorganisms present in the reactor need a high quantity of water. Thus, a moisture content of 50% in the reaction medium seems to be a minimum to allow the development of bacterial populations. It is the transport vector for soluble matter. It dissolves nutrients and substrates and ensures their diffusion from porous media to bacterial cells (Kalloum et al. 2007).

The high levels of equivalent organic matter (OM) indicate preferred substrates for microorganisms in anaerobic digestion. The concentration and nature of organic matter is decisive for the biomethanogenic potential of substrates (Faouzia, 2008). A compound having the high MO is rich in carbon. A substrate rich in carbon (C) produces a high proportion of methane, up to 90% according to Faouzia (2008).

The C/N ratios make it possible to generally predict the general state of equilibrium influencing the digestibility of a substrate. Latinwo and Agarry (2015) shown that the desirable ratio is between 20 and 30, with 25 being the ideal ratio for C/N. For the different peelings, these values are well above the optimal value which is 30 for C/N (Latinwo and Agarry, 2015). The C/N ratio of a sample makes it possible to generally predict the state of equilibrium influencing the digestibility of a substrate (Haider et al., 2015).

### 4.3 EFFECT OF INOCULATION ON THE C/N RATIO OF PEELINGS

A high C/N ratio indicates that the material is not good for biogas production and will not produce biogas appreciably (Paterson and Kuhn, 2010). Since the C/N ratios are high, these values will have to be corrected during anaerobic digestion. However, work indicates that such a material could be mixed with another with a much lower C/N ratio to stabilize the ratio at an optimum value between 22 and 30 (Adelekan and Bamgboye, 2009). Thus the digestate from the anaerobic digestion of

the cow dung is taken as an inoculum to reduce the C/N ratio of the peelings in order to promote the production of biogas. This inoculum has a C/N ratio of 16.35 and can reduce the C/N ratio of high peels. Also, this digestate is rich in methanogenic bacteria responsible for the production of biogas. By mixing the inoculum with the peelings, the C/N ratios will be close to 35 which is the optimum zone (Latinwo and Agarry, 2015)

The objective being to improve the stability and/or the production of methane, For this, digestate from anaerobic digestion of cow dung has been added to the peelings used. The latter in fact have a high C fraction for a very low nitrogen composition. They thus facilitate the adjustment of the C/N ratio. The optimum being, according to the literature, between 20 and 30.

#### 4.4 PARAMETERS OF ANAEROBIC DIGESTION

The use of digestate from the methanization of cow dung as inoculum and human urine, which has a basic character, will provide a favorable pH for production during the methanogenesis phase. The overall results indicate that the flammability of digested peelings can be significantly improved when combined with animal waste (Oparaku et al., 2013). This same study reinforces the fact that the quantity of inoculum makes it possible to avoid inhibition by accumulation of intermediate metabolites. The pH of different peelings at the end of the methanization remained around neutrality. This shows the stability of the digester and the process of anaerobic digestion.

#### 4.5 ANALYSIS OF THE BIOGAS OBTAINED WITH EACH PEELING

After 15 days; Cassava peel produced 200 liters of biogas; the result for yam peel is 164 L and 185 L for banana peels. It is noted that, as during the first tests, the biogas produced during the first two days gives higher proportions of CO<sub>2</sub>. Following the first 3 days, there is a rapid drop in the CO<sub>2</sub> fractions and an increase in the CH<sub>4</sub> fraction of methane. Indeed, a 50% methane content is acceptable for anaerobic digestion of organic waste (Tize et al., 2015).

#### 4.6 ENERGY POTENTIAL

The results obtained on the biomethanization of cassava, yam and banana peelings suggest their potential and their relevance for waste treatment. Energy produced in the form of methane when used efficiently, it not only improves the overall economy but also provides on-site solutions to waste management issues. One kg of PM, PB and PI used as raw materials for biogas production could produce 14.98 PJ, 7.8 PJ and 19.05 PJ of energy respectively.

### 5 CONCLUSION

We were able to design a digester using locally available material which was used to demonstrate that the peelings have the potential and ability to generate biogas. Mixing the peels with the inoculum significantly improved biogas production and reduced retention time. Adjusting the pH with human urine resulted in a pH range of 7.01 to 7.3 and a mesophilic temperature range of 27 to 33°C resulted in higher biogas production. This work allowed us to understand that the anaerobic digestion process is more or less optimizable at the laboratory scale. Nevertheless, before an application of the process on a household scale, there remain several questions relating to the determination of these deposits and these parameters. "What size of waste is to be considered for the scale of a household? Can we recycle this waste together? What parameters should be applied for stable and optimal methanization? Finally, is knowledge of these parameters sufficient to guarantee the production of biogas on a household scale? Answering these questions will allow us to size a digester for a four-member household. Modeling and simulation of anaerobic digestion will allow us to observe the quality of biogas with this sized digester.

#### REFERENCES

- [1] Aboubacar, Boli, Z., & Mbofung, C.M.F. (2016). Etude du potentiel biogaz des déjections animales: bouses de bovins et fientes de volailles d'un centre zootechnique à Maroua - Cameroun. *Revue des Energies Renouvelables*, 19 (3), 447 - 464.
- [2] Adelekan, B. A., & Bamgboye, A. I. (2009). Comparison of biogas productivity of cassava peels mixed in selected ratios with major livestock waste types. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (7), 571-577.
- [3] Adelekan, B.A., & Bamgboye, A.I. (2009). Comparison of biogas productivity of cassava peels mixed in selected ratios with major livestock waste types. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (7): 571-577.
- [4] Afilal, M.E., Elasri, O., & Merzak, Z. (2014). Caractérisations des déchets organiques et évaluation du potentiel Biogaz (Organic waste characterization and evaluation of its potential biogas). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 5 (4), 1160-116.

- [5] Agu, C.S., & Igwe, J.E. (2016). Design and Construction of an Indigenous Biogas Plant. *American Journal Of Engineering Research*, 5 (8), 88-97.
- [6] Al Imam, Md.F.I., Khan, M.Z.H., Sarkar, M.A.R., & Ali, S.M. (2013). Development of Biogas Processing from Cow dung, Poultry waste, and Water Hyacinth. *International Journal of Natural and Applied Science*, 2 (1), 13-17.
- [7] Angeli, J.-R. B. (2019). Etude de faisabilité de la micro-méthanisation par co-digestion à l'échelle des quartiers. Génie des procédés. Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique.
- [8] Arras, W., (2017). Étude expérimentale et modélisation de la digestion anaérobie des matières organiques résiduelles dans des conditions hyperthermophiles. Thèse de doctorat, Université du Québec.
- [9] Couturier, C., Berger, S., & Meiffre, I. (2001). La digestion anaérobie des boues urbaines: état des lieux et état de l'art. Rapport Technique. Paris; Solagro.
- [10] Diop, F.T., Dieng, K., Wane, A., Sow, A., Kalandi, M., & Sawadogo G.J. (2015). Avantages des biodigesteurs sur le bois de chauffe dans les élevages laitiers à Kaolack (Sénégal). *Agronomie Africaine*, 2, 105-113.
- [11] Djaafri M., Kalloum, S., Khelafi, M., Tahri, A., Salem, F., Kaïdi, K., Barako, O., Kadri, A., Bensmail, L., & Amahrouch, A. (2014). Amélioration de la digestion anaérobie des déchets ménagers (déchets de restaurant) en utilisant un prétraitement physique. *Revue des Energies Renouvelables SIENR'14 Ghardaïa*, 93 – 98.
- [12] Dohoo, C., VanLeeuwen, J., Read Guernsey, J., Critchley, K., & Gibson M. (2013). Impact of biogas digesters on wood utilisation and self-reported back pain for women living on rural Kenyan smallholder dairy farms. *Global Public Health*, 8 (2), 221-235; doi: 10.1080/17441692.2012.758299.
- [13] Faouzia, A. (2008). Caractérisation de la matière organique dans les ordures ménagères. Recherche d'indicateurs de stabilité. Thèse de doctorat Ecole Doctorale de Chimie de Lyon (Chimie, Procédés, Environnement).
- [14] Fitia Tsimbina, W.J. (2016). Le biogaz domestique pour une énergie alternative et la gestion des déchets a Madagascar. Master d'Ingénierie en Energies Renouvelables; Université d'Antarivo.
- [15] González, R., Peña, D.C., & Gómez, X. (2022). Anaerobic Co-Digestion of Wastes: Reviewing Current Status and Approaches for Enhancing Biogas Production. *Applied Sciences*, 12 (17), 8884; <https://doi.org/10.3390/app12178884>.
- [16] Gupta P., Singh, R.S., Sachan, A., Vidyarthi, A.S., Gupta, A., (2012). A re-appraisal on intensification of biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 4908–4916; <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.005>.
- [17] Gwavuya, S.G., Abele, S., Barfuss, I., Zeller, M., & Müller, J. (2012). Household energy economics in rural Ethiopia: A cost-benefit analysis of biogas energy. *Renewable Energy*, 48 (1), 202-209; DOI: 10.1016/j.renene.2012.04.042
- [18] Haider, M.R., Zeshan, Yousaf, S., Malik, R.N., Visvanathan. C. (2015). Effect of mixing ratio of food waste and rice husk co-digestion and substrate to inoculum ratio on biogas production. *Bioresources Technology*, 190, 451-457; doi: 10.1016/j.biortech.2015.02.105.
- [19] Ishaya, G., Jijingi, H. E., & Ngabea, S.A. (2016). Studies on Balloon Storage of Biogas for Anywhere Use. *International Journal of Engineering Research*, 5 (8), 709-711; DOI: 10.17950/ijer/v5s8/814.
- [20] Jekayinfa, S.O., Linke, B. & Pecenka, R. (2015). Biogas production from selected crop residues in Nigeria and estimation of its electricity value. *International Journal of Renewable Energy Technology* 6 (2): 101-118. DOI: 10.1504/IJRET.2015.068593.
- [21] Jyothilakshmi, R., Prakash, S.V., & Kedia, V. (2013). Portable biodigester. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2 (8), 3797-3803.
- [22] Kalloum, S., Khelafi, M., Djaafri, M., Tahri, A., & Touzi, A. (2007). Etude de l'influence du pH sur la production du biogaz à partir des déchets ménagers. *Revue des Energies Renouvelables*, 10 (4), 539 – 543.
- [23] Kameswari, K., S.B., Kalyanaraman, C., Porselvam, S., & Thanasekaran, K. (2012). Optimization of inoculum to substrate ratio for bio-energy generation in co-digestion of tannery solid wastes. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14 (2), 241-250; DOI: 10.1007/s10098-011-0391-z.
- [24] Kpata-Konan, N.E., Konan K.F., Kouame, M.K., Yao Francis Kouame, Y.F., Gnagne, T., & Tano, K., (2011). Optimisation de la biométhanisation des effluents de manioc issus de la filière de fabrication de l'attiéké (semoule de manioc). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (6), 2330-2342; DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i6.13>.
- [25] Lacour, J. (2012). Valorisation de la fraction organique de résidus agricoles et autres déchets assimilés à l'aide de traitements biologiques anaérobies. à l'aide de traitements biologiques anaérobies. INSA de Lyon; Université Quisqueya (Port-auPrince, Haïti).
- [26] Latinwo, G.K., & Agarry, S.E. (2015). Modelling the kinetics of biogas production from mesophilic anaerobic co-digestion of cow dung with plantain peels. *International Journal of Renewable Energy Development*, 4 (1), 55-6; <https://doi.org/10.14710/ijred.4.1.55-63>.
- [27] Matheri, A.N., Belaid, M., Seodigeng, T., & Ngila, C.J. (2015). The Kinetic of Biogas Rate from Cow Dung and Grass Clippings. In 7th International Conference on Latest Trends in Engineering and Technology; DOI: 10.15242/IIE.E1115036.

- [28] Merlin, G. & Boileau, H. (2010). Anaerobic digestion of agricultural waste: state of the art and future trends. In book: *Anaerobic Digestion: Types, Processes and Environmental Impact*. Edition: Series: Environmental Science, Engineering and Technology Waste and Waste Management; Nova Science Publishers, Inc NY USA Editors: Ana Torrlles.
- [29] Ofoefule, A.U., & Uzodinma, E.O. (2009). Biogas Production from Blends of Cassava (*Manihot utilissima*) Peels with Some Animal Wastes. *International Journal of Physical Sciences*, 4, 398-402.
- [30] OjikutuAbimbola, O., & Olumide, O.O. (2014). Evaluation of Biogas Production from Food Waste. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3 (01), 01-07.
- [31] Oparaku, F.N, Ofomatah, C. A, & Okoroigwe, C. E. (2013). Biodigestion of cassava peels blended with pig dung for methane generation. *African Journal of Biotechnology*, 12 (40), 5956-5961; DOI: 10.5897/AJB2013.12938.
- [32] Paterson, M. & Kuhn, W. (2010). *Guide sur le biogaz - De la production à l'utilisation*. Edited by Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR).
- [33] Rajameena, S., & Velayutham, T. (2018). A critical review on biochemical process of anaerobic digestion. *International Journal of Science Technology and Engineering*, 4 (9), 1-4.
- [34] Rajendran, K., Aslanzadeh, S., & Taherzadeh, M.J. (2012). Household Biogas Digesters - A Review. *Energies*, 5 (8), 2911-2942; <https://doi.org/10.3390/en5082911>.
- [35] Rufai, I.A. (2010). A review of the evolution and development of anaerobic digestion technology. *Journal of Engineering and Technology*, 5 (1), 100-111.
- [36] Smith J.U. (2013). *The Potential of Small-Scale Biogas Digesters to Improve Livelihoods and Long Term Sustainability of Ecosystem Services in Sub-Saharan Africa*. Department for International Development, DFID.
- [37] Subramani, T., & Ponkumar, S. (2012). Anaerobic Digestion of Aerobic Pretreated Organic Waste. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2 (3), 607-611.
- [38] Tize, J.K., Djoulde, D.R., & Ngakou, A. (2015). Influence du prétraitement mécanique et biologique des feuilles mortes de neem (*azadirachta indica*) sur la production du biogaz. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 16 (2), 505-513.
- [39] Traoré D., Nikiem, M., Somda, M.K., Sawadogo, J.B., Dayeri, D., Traoré A.S. et al. (2016). Contribution à la biométhanisation de la biomasse végétale: cas des résidus de légumes au Burkina Faso. *International of Journal Biological and Chemical Sciences*, 10 (1), 35-47; DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.4>.
- [40] Youssef, A. (2013). *Promotion Des Techniques d'assainissement Écologique Rural à Des Fins de Valorisation Des Eaux Usées - Cas Du Projet Pilote Du Douar Dayet Ifrah*. Thèse de doctorat, Université Mohamed V.
- [41] Zinla, D., Gbaha, P, Koffi, P.M.E., & Koua, B.K. (2021). Characterization of rice, coffee and cocoa crops residues as fuel of thermal power plant in Côte d'Ivoire. *Fuel* 283, 119250. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119250>.

## Characteristics and management method of agro-pastoral waste in the agricultural watershed of Sassandra case of the departments of Sassandra, Soubré, Daloa and Issia

*Amenan Anne Mary Kouassi-Kouadio<sup>1</sup>, Pétémanagnan Jean-Marie Ouattara<sup>1</sup>, Kouassi Nguessan Serge<sup>2</sup>, Talnan Jean Honoré Coulibaly<sup>3</sup>, and Lacina Coulibaly<sup>1-4</sup>*

<sup>1</sup>Laboratory of Environment and Aquatic Biology, Department of Sciences and Environment Management, NANGUI ABROGOUA University, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Department of Agronomic, Forestry and Environmental Engineering, University of Man, BPV 20 Man, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Laboratoire Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>4</sup>University of Man, BPV 20 Man, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2024 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 management of agro-pastoral waste remains a major concern in countries with high agricultural potential such as Côte d'Ivoire, due to the pollution of environmental components resulting from its poor management. This work aims to identify the different types of agro-pastoral waste generated in the departments of Soubré, Issia, Sassandra and Daloa. It also aims to provide information on the quantities of residues available and to identify the management method for this waste. To do this, some fields of observations were made to identify the different types of waste then based on agricultural statistical data from the Ministry. The quantities of agro-pastoral residues were estimated. A survey was also conducted from a survey sheet of agropastoral residue holders to identify the management method. It appears that in these localities, we find as crop residues, rice straw and husk, stalks, cobs and pobs of maize and cassava, bunches and palm shells, cocoa fibers and pods, shells of coffes. Livestock waste is made up of slurry, liquid manure, manure, bones, feathers and droppings and comes from animals such as cattle, sheep, goats, pigs and poultry. The quantities of crop residues estimated are 236,123.3 t/year in Daloa, 255,000 t/year in Issia, 290,000 t/year in Soubré and 198,221.4 t/year in Sassndra. Livestock waste is 728.8 t/year in Daloa, 3,606.1 t/year in Issia, 2,442.6 t/year in Soubré and 873.4 t/year in Sassndra. In these localities, 85% of planters abandon their residues in the fields, 12% of planters incinerate them in the open air and 3% compost them.

**KEYWORDS:** Waste management, agropastoral, Sassandra, Daloa, Issia, Soubré, Cote d'Ivoire.

### 1 INTRODUCTION

Improving the productivity of agricultural systems is one of the major challenges that countries have focused. Their economic development on the agricultural sector should take up to ensure the food security of populations [1]. The recycling of agro-pastoral residues is considered as one of the most important means of maintaining soil fertility and improving crop productivity [2]; [3]; [4]; [5]. Indeed, crop produces a large quantity of residues that can contribute to the improvement of soil fertility through soil cover and organic restitutions [6] However, most crop residues are incinerated in the open air or left in the fields. Open air burning is a source of significant emissions of polluting substances which, by degrading air quality, have general health consequences. Beyond the nuisance generated by odors and smoke, as well as the risk of fire, open-air burning emits significant levels of gas (CO<sub>2</sub>, Nox, CO) and particles. These particles carry carcinogenic compounds such as PAHs, dioxins and furans, benzene. Agricultural waste burning contributes significantly to the problem of open waste burning in Côte d'Ivoire. However, open waste burning, is the main source of pollutants harmful to the natural environment. It is the main method available for the majority of African cities, where it is estimated that up to 90% of the waste. It is burned in the open air [7];

[8]; [9]. Emissions from burning waste in the open air have a direct or indirect impact on health include: short-lived climate pollutants (SLCPs) such as black carbon (CB) and methane, particulate matter (PM), persistent organic pollutants (POPs) such as dioxins and furans, and polycyclic aromatic hydrocarbons (Cogut, 2016; PNUJ, 2018; Velis and Cook, 2021). In addition, methane generated from the decomposition of organic waste contributes about 20% of global methane [10], while open waste burning is responsible for 11% of black carbon. Methane and black carbon are short-lived climate pollutants that contribute to climate change [11]. This study aims to characterize agro-pastoral waste, to assess its availability, and to determine its management methods.

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 STUDY AREA

The departments of Daloa, Soubré, Sassandra and Issia belong to the agricultural watershed of Sassandra, particularly in the center-west (Daloa and Issia) and south-west (Soubré and Sassandra) of Côte d'Ivoire. The departments of Daloa and Issia are located between longitudes 5°75 and 8°16 West and latitudes 5°56 and 9°75 North [12]. As for the departments of Sassandra and Soubré, they are located between longitude 7°08 and 6°12 West and latitude 5°19 and 6°34 North. The areas of these localities are 5,658 km<sup>2</sup> for Issia, 38.76 km<sup>2</sup> for Daloa, 8,500 km<sup>2</sup> for Soubré, and 25,800 km<sup>2</sup> for Sassandra. Issia and Daloa belong to the attenuated transition equatorial regime [13]. The departments of Daloa, Soubré, Sassandra and Issia belong to the agricultural watershed of Sassandra, particularly in the center-west (Daloa and Issia) and south-west (Soubré and Sassandra) of Côte d'Ivoire. The departments of Daloa and Issia are located between longitudes 5°75 and 8°16 West and latitudes 5°56 and 9°75 North [12]. As for the departments of Sassandra and Soubré, they are located between longitude 7°08 and 6°12 West and latitude 5°19 and 6°34 North. The areas of these localities are 5,658 km<sup>2</sup> for Issia, 38.76 km<sup>2</sup> for Daloa, 8,500 km<sup>2</sup> for Soubré, and 25,800 km<sup>2</sup> for Sassandra. Issia and Daloa belong to the attenuated transition equatorial regime [13]. As for Soubré and Sassandra, they are located in the equatorial transitional regime. The climate of these four localities is characterized by two rainy seasons (between April-June and September-November) and two dry seasons (July-August and December-March) [14]. The departments of Soubré and Sassandra have a relief characterized by vast plateaus surmounted in places by a few elevations made up of hills. The departments of Daloa and Issia have a relief characterized by soils, developed on ancient eruptive rocks, which are mainly ferrallitic soils, strongly altered, often very stony in profile, chemically poor, with a texture varying between clayey silt and loamy sand. They are deep, permeable and well drained, very fertile and well suited to all types of food and industrial crops [15].

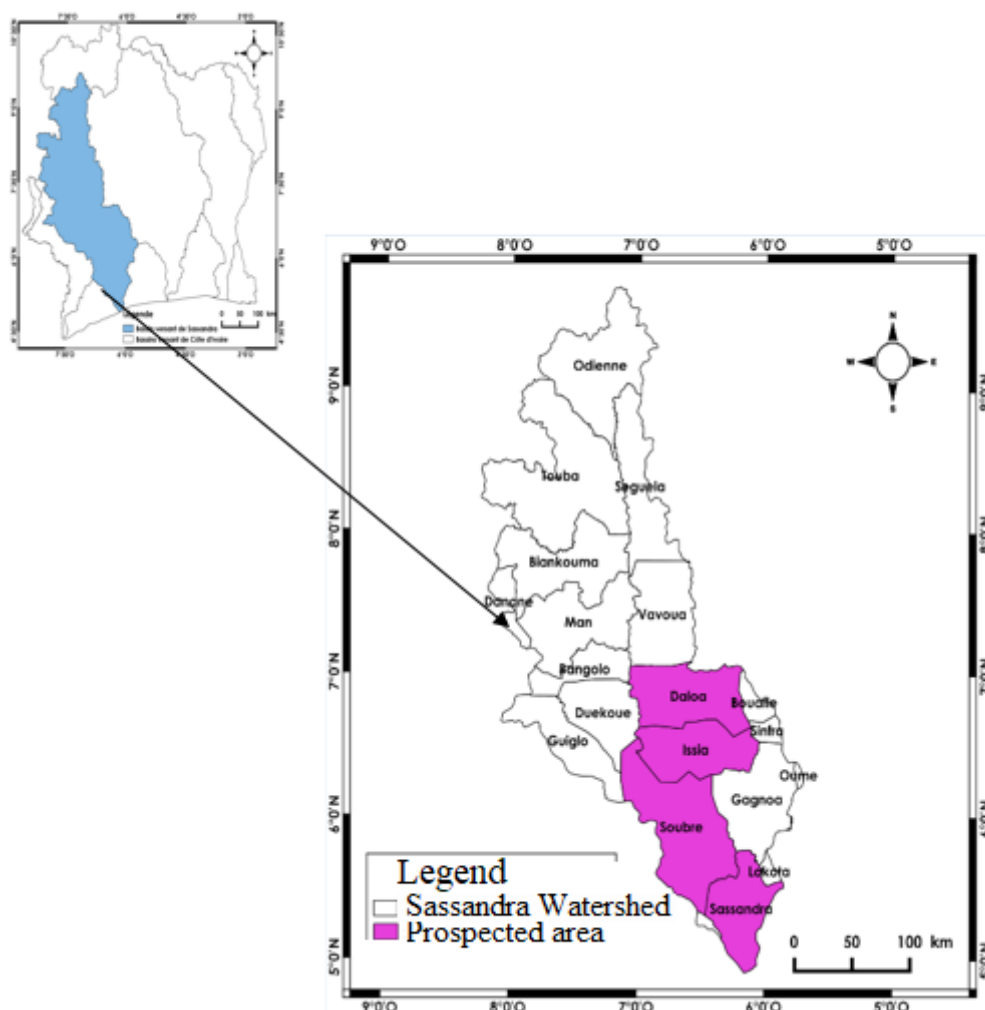


Fig. 1. Study area localisation

## 2.2 MATERIAL

The material used for the development of this study is agricultural statistical data from 2021 provided by the Directorate of Statistics, Documentation and Information Technology of the Ministry of Agriculture of Côte d'Ivoire. The quantities of agro-pastoral residues generated for each type of residue were estimated using FAO productivity indices [16]. And a survey sheet addressed to waste holders to understand the management method of agro-pastoral waste generated in the localities of Soubré, Issia, Sassandra and Daloa.

## 2.3 METHOD

### 2.3.1 IDENTIFICATION OF THE TYPE OF WASTE

The field observation technique provided an overview of the crop waste produced in the departments of Soubré, Sassandra, Daloa and Issia during visits to the various farms.

### 2.3.2 ESTIMATION OF AGRO - PASTORAL WASTE QUANTITIES

The quantities of residues (QR) from the crops were determined from the relation (1) described according to FAO [16]:

$$QR = m \times Cres \quad (1)$$

Where:

m: Mass of the production for the considered crop (kg),

Cres: Coefficient relating to the quantity of residues generated according to agricultural production.

The values of Cres and Ip used are consign in Table 1.

**Table 1. Cres values FAO [16],**

| Crops    | Wastes  | Cres  |
|----------|---------|-------|
| Rice     | Straw   | 1.757 |
|          | Husk    | 0.267 |
|          | Stalk   | 0.20  |
| Maize    | Cob     | 0.273 |
|          | Stem    | 2.00  |
|          | Cluster | 0.23  |
| Palm oil | Fiber   | 0.14  |
|          | Shell   | 0.065 |
| Cocoa    | Pods    | 1.00  |
| Coffee   | Shell   | 2.10  |
| Cassava  | Stem    | 0.62  |

The annual quantities of animal manure (ADQ) were calculated using the relation (2).

$$QDA (kg) = POPan \times QMO \times n \quad (2)$$

With:

POPan: Animal population of the type of breeding considered;

QMO: Daily quantity of organic matter (kg/head);

n: Number of days in the year.

The QMO values used to perform the calculations are recorded in Table II.

**Table 2. Mean QMO values used to calculate manure amounts [16]; [17]**

| Type of animals | Cattle<br>(250-400 kg) | Sheep<br>(45 kg) | Goat<br>(45 kg) | Pigs<br>(30-80 kg) | Poultry<br>(0,5 kg) |
|-----------------|------------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| QMO (kg/head)   | 2                      | 0,6              | 0,6             | 0,32               | 0,04                |

### 2.3.3 DETERMINATION OF THE AGRO-PASTORAL WASTE MANAGEMENT METHOD

To collect data relating to the mode of management of agro-pastoral waste in the localities of Sassandra, Issia, Soubré and Daloa, a survey sheet was sent to the planters. The size of the sample of the surveyed population was constituted using the simple random sampling method [18]. This sampling method is characterized by an equal probability of selection of all sampling units, each unit being chosen independently of the others [19]. A total of 680 planters, including 170 in each of the four (4) localities concerned, were interviewed in this study. More plantations were visited to observe the methods of waste management practiced by the planters. A total of 52 plantations were visited, including 10 in Daloa, 16 in Issia, 12 in Soubré, and 14 in Sassandra. The choice of plantations was made randomly. The data collected has been digitally processed. These data were coded and the relative frequencies of each variable were calculated in relation to the number of growers surveyed according to formula 3:

$$F = \frac{n_j}{n} \times 100 \quad (3)$$

With:

F: Frequency (%);

n<sub>j</sub>: Modality workforce (the variable);

n: Total workforce of the variable.

### 3 RESULTS

#### 3.1 TYPOLOGY OF AGRO-PASTORAL WASTE OBSERVED IN THE LOCALITIES OF DALOA, ISSIA, SASSANDRA AND SOUBRÉ

##### 3.1.1 TYPOLOGY OF CROP RESIDUES OBSERVED IN THE LOCALITIES OF DALOA, ISSIA, SASSANDRA AND SOUBRÉ

Crop residues are made up of cluster, fibre, shell, pod, straw, husk, cobs, cob and stalk. This waste comes from cocoa (pod), coffee (hull), oil palm (cluster, fibre, hull, straw), cassava (stem), corn (cob, stalk, stalk) and rice (straw, husk) crops, stem) (Table III).

*Table 3. Type of residues observed depending on the crops*

| Cultures | Type de résidu            |
|----------|---------------------------|
| Cassava  | Stem                      |
| Rice     | Straw<br>Husk             |
| Cocoa    | Pods<br>Shell             |
| Coffee   | Shell                     |
| Palm oil | Cluster<br>Fiber<br>Shell |
| Maize    | Stalk<br>Cob<br>Stem      |

##### 3.1.1.1 TYPOLOGY OF LIVESTOCK RESIDUES OBSERVED IN THE LOCALITIES OF DALOA, ISSIA, SASSANDRA AND SOUBRÉ

Livestock waste is made up of slurry, sewage, manure, bones, feathers and animal waste and comes from animals such as cattle, sheep, goats, pigs and poultry (Table IV).

*Table 4. Type of residues according to the type of animal*

| Type of animals | Type of residue |
|-----------------|-----------------|
| Poultry         | droppings       |
| Cattle          | manure          |
| Pigs            | pig manure      |
| Sheep           | sheep manure    |
| Goat            | Goat weed       |

#### 3.2 QUANTITIES OF AGRO-PASTORAL RESIDUES

##### 3.2.1 QUANTITIES OF AGRICULTURAL RESIDUES AVAILABLE IN THE LOCALITIES

The quantities of agricultural waste available in the localities visited are shown in Figure 2. It can be seen that the locality of Soubré has the highest quantities of agricultural residues with a quantity of 290,000 t/year. This locality is followed by that of Daloa with 236,123.3 t/year of waste, then that of Issia with 255,000 t/year of waste. The locality of Sassandra has the lowest

quantities of tailings with 198,221.4 t/year. The total annual quantity of agricultural residues that can be mobilized in these localities is 930,220.8 t/year.

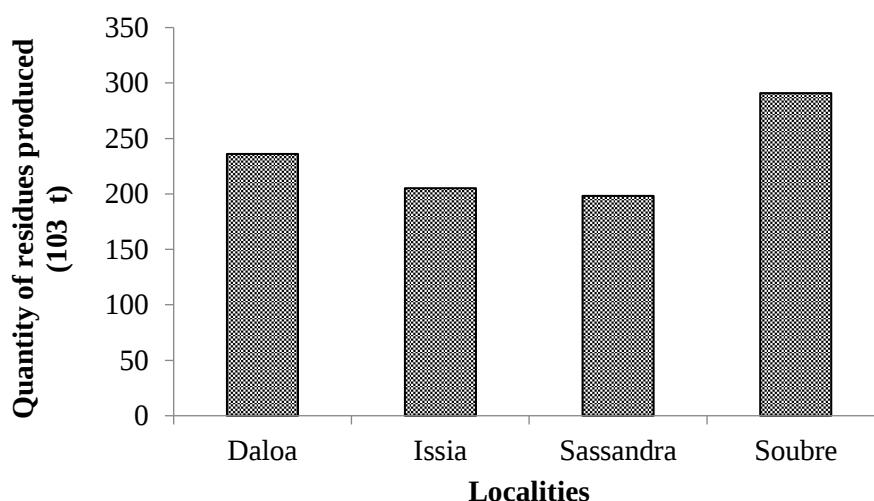


Fig. 2. WS Quantities of agricultural waste available by locality

### 3.2.1.1 QUANTITIES OF WASTE BY TYPE OF RESIDUE

The quantities of waste vary according to the type of residue considered. The pods and the stems are the most available residues with respectively 465,266 t and 175,000 t/year. While bales (12,000 t/year) and graphs (10,987 t/year) are the least available (Figure 3).

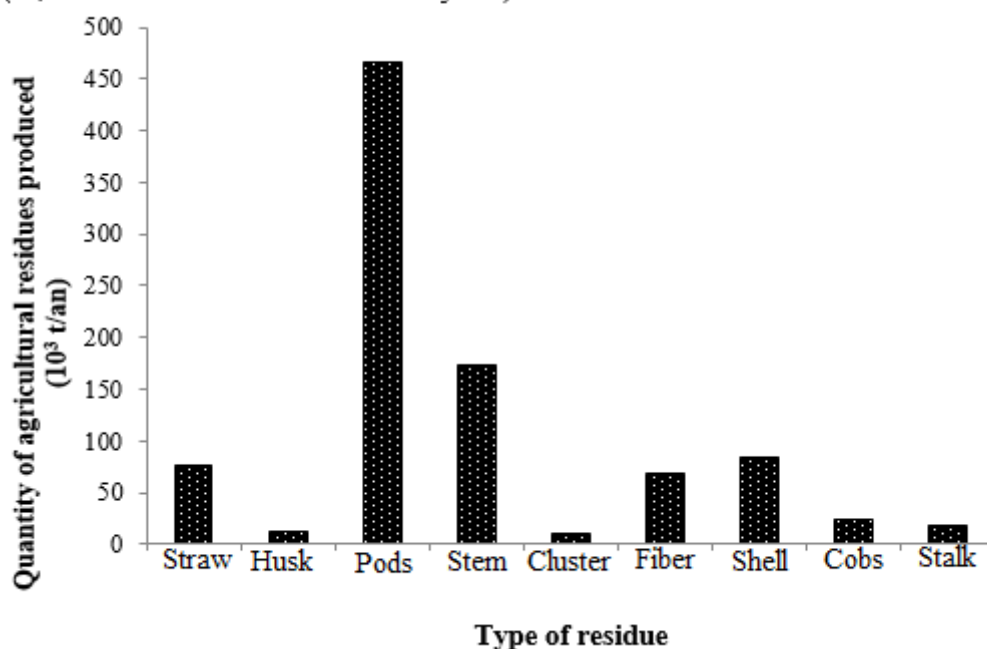


Fig. 3. Annual quantities of agricultural residues available in the localities investigated by type of residue

### 3.2.1.2 AVAILABILITY OF AGRICULTURAL RESIDUES BY TYPE OF RESIDUE AND BY LOCALITY VISITED

The quantities of residues available by type of residue and by locality are shown in Figure 4. It appears that pods are available in large quantities (272,295.6 t/year) in Soubré and Issia (132,244 t/year). As for stems (145,058.2 t/year), cobs (19,671 t/year), stalks (14,411 t/year) and straw (33,383 t/year), the highest quantities are recorded at Daloa. However, hulls (41,900.4 t/year) are more important at Issia. The fibers are only available in the locality of Sassandra. The highest quantities of bunches are recorded in the locality of Sassandra (8,910.2 t/year).

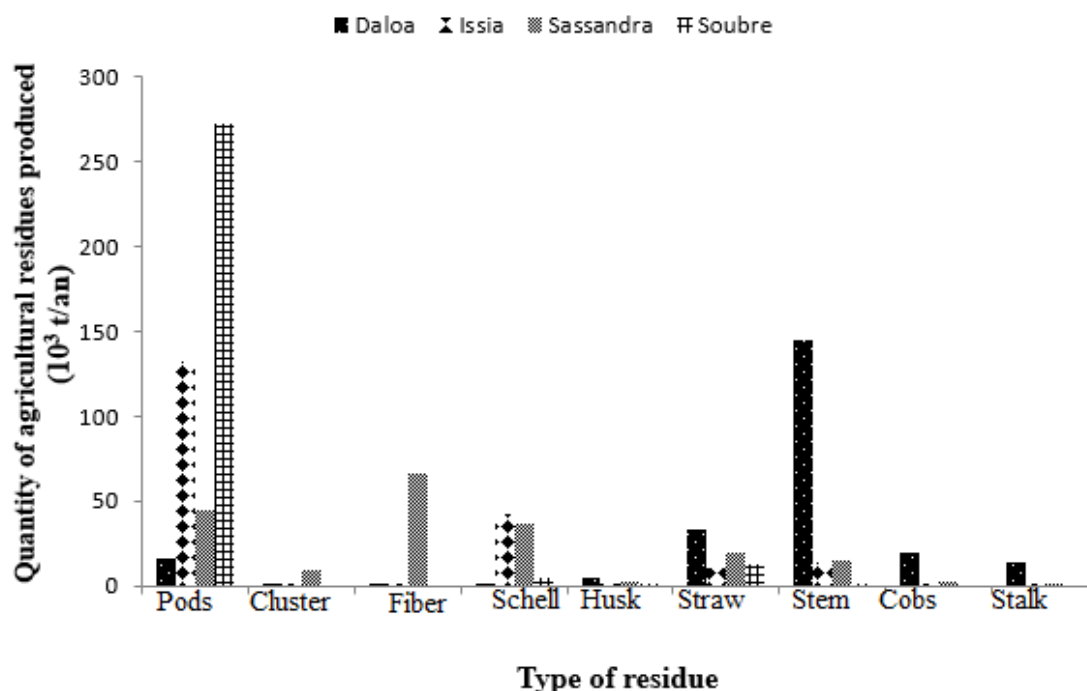
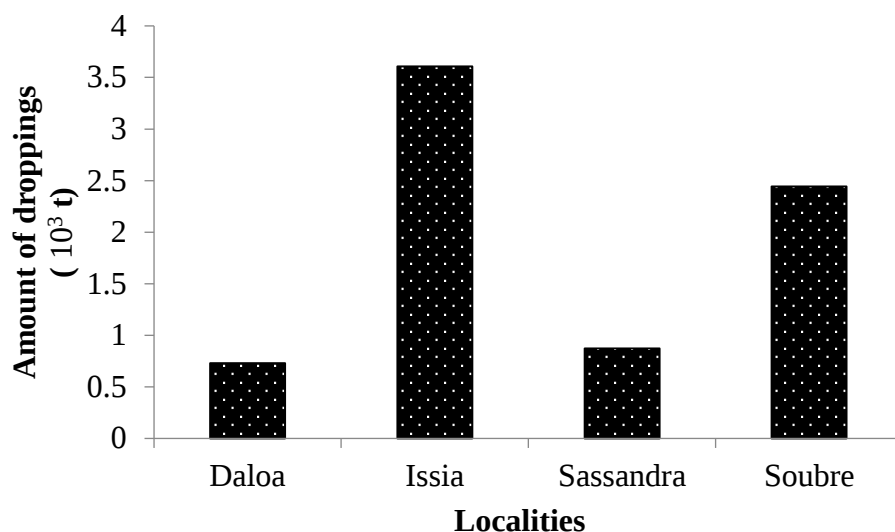


Fig. 4. Annual quantities of agricultural residues available by type of residue and locality studied

### 3.2.2 QUANTITIES OF LIVESTOCK WASTE

#### 3.2.2.1 QUANTITIES OF LIVESTOCK WASTE AVAILABLE BY LOCALITY

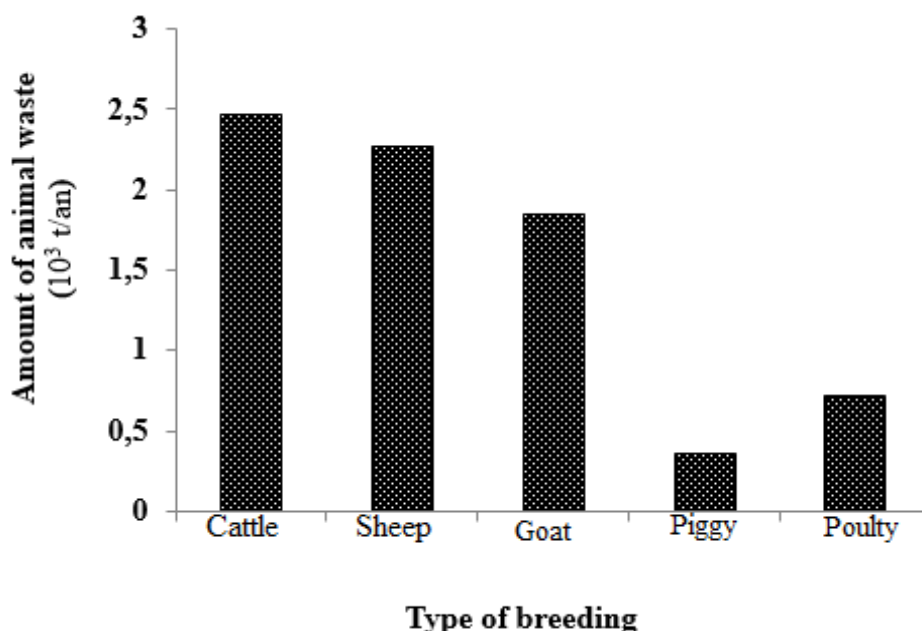
Animal droppings are unequally distributed in the localities investigated. Issia has the highest quantities of waste (3606.1 t). This locality is followed by that of Soubré with 2442.6 t, then that of Sassandra (873.4 t) and finally the locality of Daloa (728.8 t) (Figure 5).



*Fig. 5. Quantities of animal waste by WS locality*

### 3.2.2.2 QUANTITIES OF WASTE AVAILABLE BY TYPE OF LIVESTOCK

Figure 6 shows the quantities of waste available by type of livestock in the agricultural watershed of Sassandra. These quantities of waste vary according to the type of farming practiced, namely the farming of cattle, sheep, goats, pigs and poultry. The highest quantities (2,469.5 t/year) are provided by cattle breeding, while the lowest are obtained with pig breeding (354.7 t/year). Sheep, goats and poultry farming produce 2,267.5 t/year respectively; 1,847.0 t/year and 712.1 t/year of waste. In total, the Sassandra agricultural basin has 7,651.0 t/year of livestock waste.



*Fig. 6. Annual quantities of waste available by type of livestock in the localities considered*

### 3.2.2.3 QUANTITIES OF WASTE AVAILABLE BY TYPE OF LIVESTOCK AND BY LOCALITY

The quantities of waste available by type of livestock farming and by locality in the agricultural basin of Sassandra are shown in Figure 23. It appears that the largest quantities of waste from cattle farming are recorded in Soubré (892.7 t /year) and Issia (842.4 t/year) while the lowest are recorded in the department of Daloa (332.8 t/year). Regarding sheep waste, the highest quantities come from the departments of D'Issia (1946.6 t/year) and the lowest are recorded in the department of Daloa (75.5 t/year). As regards goats, the quantities are higher in Soubré (1243.4 t/year) and lower in Sassandra (76.65 t/year). As for manure from pig farming, the quantities are substantially identical in all the localities investigated. With regard to manure from poultry, the highest quantities are recorded in the departments of Issia (305.54 t/year). The lowest are recorded in the department of Soubré (129.9 t/year).

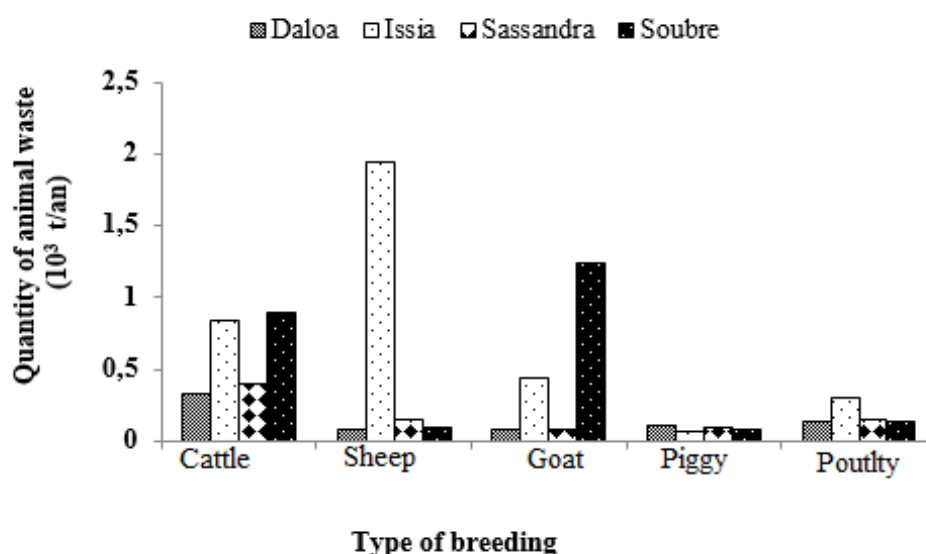
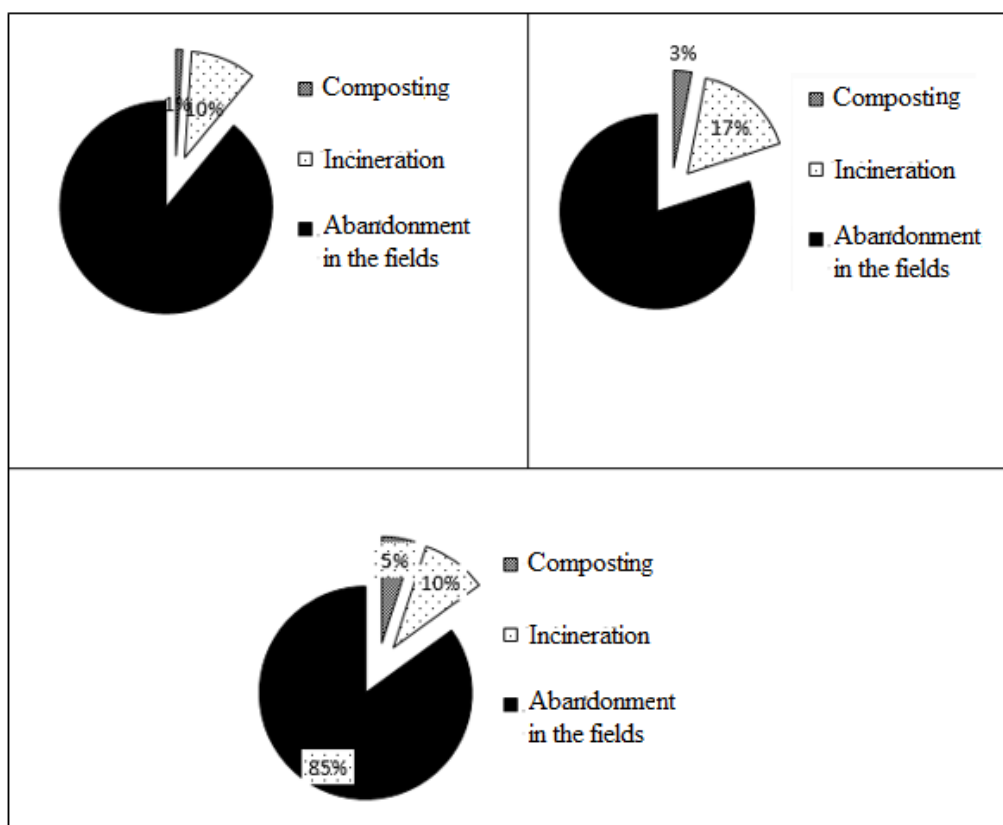


Fig. 7. Annual quantities of waste available by type of livestock and by locality

### 3.3 PROPORTION OF PLANTERS ACCORDING TO THE MANAGEMENT METHOD OF AGROPASTORAL RESIDUES PRACTICED IN THE DEPARTMENTS OF SOUBRÉ AND ISSIA

Figure 8 shows the proportions of planters according to the agropastoral residue management method practiced in the departments of Daloa, Issia, Sassandra and Soubré. It appears that in the department of Daloa 89% of growers abandon their residues in the fields. 10% of growers compost them and 1% of growers incinerate them in the open air. As for the department of Sassandra, 3% of planters compost it. 17% incinerate them in the open air and 80% of planters abandon their waste in the fields. In the departments of Soubré and Issia, 5% of growers recycle their waste in compost. 10% are incinerated in the open air. 85% abandon them in the fields.



**Fig. 8.** proportions of planters according to the agropastoral residue management method practiced in the departments of Daloa, Issia, Sassandra and Soubré

#### 4 DISCUSSION

The characterization of agro-pastoral waste made it possible to highlight the composition of waste in the localities (Daloa, Issia, Soubré and Sassandra) studied in the agricultural basin of Sassandra. This waste consists of bunches, fibers, hulls, pods, straws, husks, ears, stalks and stalks. These residues come from cash crops such as cocoa (pod), coffee (husk) and oil palm (bunches, fibers), food crops, namely rice (straw, husk), maize (cobs, cob and stems) and cassava (stems). Livestock waste is made up of slurry, liquid manure, manure, bones, feathers and animal waste and comes from animals such as cattle, sheep, goats, pigs and poultry. This type of waste identified is similar to that characterized in the work of Coulibaly [20] in the Comoé watershed. Of this typology, crop residues present the largest quantities in this agricultural watershed. For the quantities of residues by type of crop, we note that the residues from the cultivation of cocoa for perennial crops and maize for food crops are the highest. The high production of pod residues would be due to the high production of cocoa in the agricultural watershed of Sassandra, also to the agricultural policy of Côte d'Ivoire which encourages the practice of this crop. In addition, by the fact that the agricultural watershed of Sassandra offers pedoclimatic conditions favorable to agriculture [14] and by the population of the agricultural watershed of Sassandra which is mainly rural and agricultural [21]. Moreover, the Sassandra agricultural watershed is today the new intensive coffee and cocoa growing area in Côte d'Ivoire [15]. The production of residues of bunches and shells from the cultivation of oil palm and coffee compared to cocoa are low. The results concerning the quantities of crop residues by locality show that the town of Soubré has the highest production of residues of cocoa with more pods. This result confirms the CCC report [15] which showed that cocoa production in Soubré represents 19% of national production. This production of cocoa waste would also present avenues of recovery for composting and/or the production of biogas [22]. This city could be considered as a waste warehouse where recovery units can be set up. The low production of bunches and fibers for the palm tree would be linked to the fact that it is only in the Sassandra sector that palm plantations have been identified. Besides, this locality is the home of palm oil processing units. The low production of coffee hulls could be explained by the very low selling price of this product which does not encourage its cultivation, and also by the effect of climatic conditions which impact it. As for residues from food crops, the high production would be due to the fact that the south of the Sassandra watershed is an agro-ecological zone favorable to these types of crops [22]. In terms of livestock residues, availability varies

depending on the type of livestock (cattle, sheep, goats, pigs and poultry). Waste from cattle farming has the highest quantities, while the lowest quantities comes from pig farming. The high quantities of cattle waste could be explained by the fact that these animals produce enormous quantities of droppings consisting of manure (80%) and slurry (20%) compared to other animals. Furthermore, the low production of pig waste would be due to the fact that this area is an area with high agricultural activity. Also, certain religious groups who do not consume pork at the population level prevent its massive breeding. This same observation was made by ITEBE [23], in Senegal where the religious question influences breeding practices. As a result, we have the number of cattle which is much higher than that of pigs. Large quantities of sheep waste are available in the departments of Issia and Soubré due to the strong presence of non-natives who practice this type of farming the most, unlike the natives who are mainly planters. Furthermore, these areas would be favorable for this type of livestock farming [13]. Besides, the Sassandra region is a forest area with high rainfall and hilly, which makes livestock farming unfavorable [13]. The quantities of available poultry farming waste are low and approximately the same in all localities. The low quantities of poultry waste would be due to the absence of modern poultry farming sectors [24] and to the theoretical calculation of the coefficient making it possible to determine the quantity of waste from poultry farming. This coefficient is 0.04 kg/t/d compared to the coefficient for cattle (2kg/t/d), sheep (0.6 kg/t/d), goats (0.6 kg/t/d) and pigs. (0.32 kg/t/d) [17].

As for the management method of agro-pastoral waste, it appears that more than 85% of planters abandon their crop residues in the fields, 12% incinerate them in the open air. Although the planters are informed about the methods of recycling residues, they abandon them in the fields. The reasons which would explain this situation would be the lack of money and time for their development [25]. Waste abandoned in the fields represents potential raw materials which can be made available to companies wishing to transform them. Furthermore, the husks produced during rice husking are estimated at between 15 and 20% of the total weight of the paddy. The work of Pénot [26] showed that the production of bio-coal from rice husks is an alternative recovery option. Rice husks have made it possible to reduce the use of firewood, limiting pressure on the forest, thus slowing down deforestation and, in turn, greenhouse gas emissions [27]. Regarding composting, only 3% of planters practice it. According to [27] this result can be explained by the low income of populations for the valorization of residues produced for composting because of their implementation cost. Also for them, abandoning waste on the plots would be a way to improve the quality of the soil or to compost. Indeed, Zadi et al., [28] showed that the use of rice straw and others would constitute a contribution of "natural" organic matter such as composts or manure, to cultivated soils. This waste will constitute a better fertilizer for cultivated soils and will have a stabilizing effect on the structure of the soil [29]. In relation to incineration, it is the second most practiced mode (12%). It was also signified by [30] as a practiced waste management model. However, in the open air, the incineration of waste could lead to bush fires which would devastate the surrounding plantations, the vegetation cover as well as biodiversity. In addition, the smoke emitted would cause respiratory problems in the population. In addition, the total availability of waste (from livestock) is about 7651 t. This production seems interesting for the establishment of biogas production units from livestock excrement, especially in the town of Issia which has the highest production. This same observation was made in the Touba department, where the high biogas potential of livestock droppings was due to the significant contribution of cattle waste which represented nearly 82% of the total volume of biogas emanating from animal droppings [31].

## **5 CONCLUSION**

At the end of this study, it appears that in the localities of Daloa, Issia, Sassandra and Soubré, there are several types of agropastoral waste. As crop residues, we note, straws, bunches, stems, ears, hulls, pods, husks and fibers. Regarding livestock waste, we note slurry, manure, manure and animal droppings. The quantities of perennial crop residues are 465,266.3 t/year for cocoa residues, 82,022.7 t/year for oil palm, and 81,175.0 t/year for coffee residues. As for food crop residues, they are 212,493.9 t/year for corn, 212,493.9 t/year for rice and 1,732.7 t/year for cassava. Agricultural waste are unevenly distributed between the localities of the watershed. Overall, the department of Soubré has more waste (290,668 t/year) followed respectively by the departments of Daloa (236,123 t/year). In terms of animal waste, the highest quantities (2,469.5 t/year) are provided by cattle breeding, while the lowest are obtained with pig breeding (354.7 t/year). Sheep, goats and poultry farming produce 2,267.5 t/year respectively; 1,847.0 t/year and 712.1 t/year of waste. In total, the Sassandra agricultural watershed has 7,651.0 t/year of livestock waste. As for the management method, 85% of planters abandon their crop residues in the fields, 12% incinerate them in the open air and 3% of planters recycle their waste.

## REFERENCES

- [1] Bacyé B, Kambiré SH et Somé SA. (2019). Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (6): 2930-2941. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.39>.
- [2] Koulibaly B, Traoré O, Dakuo D, Zombré PN et Bondé D. (2010a). Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *TROPICULTURA*, 28 (3): 184-189.
- [3] Guto SN, Pypers P, Vanlauwe B, de Ridder N, Giller KE. (2012). Socio-ecological niches for minimum tillage and crop-residue retention in continuous maize cropping systems in smallholder farms of Central Kenya. *Agronomy Journal*, 104 (1): 188- 198. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0359>.
- [4] Abdou G, Ewusi-Mensah N, Nouri M, Tetteh FM, Safo EY, Abaidoo RC. (2016). Nutrient release patterns of compost and its implication on crop yield under Sahelian conditions of Niger. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 105 (2): 117- 128. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-016- 9779-9>.
- [5] Roose E. (2017). Potentiel du paillage pour réduire l'érosion et restaurer la productivité des sols tropicaux: une revue en Afrique francophone. In *Restauration de la Productivité des Sols Tropicaux et Méditerranéens. Contribution à l'Agroécologie*. IRD Edition; 191-199. DOI: <https://doi.org/10.1684/agr.2010.0412>.
- [6] Cogut, A. (2016) « Open Burning of Waste: A Global Health Disaster », R20 Regions of climate action, (octobre). Disponible sur: [https://regions20.org/wp-content/uploads/2016/08/OPEN-BURNING-OF-WASTE-A-GLOBAL-HEALTH-DISASTER\\_R20-ResearchPaper\\_Final\\_29.05](https://regions20.org/wp-content/uploads/2016/08/OPEN-BURNING-OF-WASTE-A-GLOBAL-HEALTH-DISASTER_R20-ResearchPaper_Final_29.05).
- [7] Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P. et Van Woerden, F. (2018) What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Banque mondiale. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
- [8] PNUF (2020). Integrated Waste Management in Africa: Focus on Circularity. <https://www.nep.org/switchafricagreen/resources/report/integrated-waste-management-africa-focus-circularity>.
- [9] Velis, C. A. et Cook, E. (2021) « Mismanagement of Plastic Waste through Open Burning with emphasis on the Global South: A Systematic Review of Risks to Occupational and Public Health », *Environmental Science and Technology*, 55 (11), p. 7186–7207. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c08536>.
- [10] Ravishankara, A. R. et al. (2021) Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Available on: <https://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>.
- [11] Wiedinmyer, C., Yokelson, R. J. et Gullett, B. K. (2014) 'Global emissions of trace gases, particulate matter, and dangerous air pollutants from open burning of domestic waste', *Environmental Science and Technology*, 48 (16), p. 9523–9530. <https://doi.org/10.1021/es502250z>.
- [12] Kouassi-Kouadio A. A. M., Ouattara, P. JM., Coulibaly, T. J. H., Zahui, F. M. and Coulibaly, L. (2022). Typology of Crop Residues and Energy Recovery in Heavily Agricultural Areas: Case of the Departments of Soubré, Daloa, Issia and Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 11: 196-208.
- [13] UN-Habitat. (2012). Ivory Coast: urban profile of Issia. report, United Nations Human Settlements Program. 22p.
- [14] Anouman D. L. (2014). Tendances et ruptures observées sur les régimes des étiages du fleuve Sassandra en Côte d'Ivoire. Master en Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 62p.
- [15] CCC (2016). «2QC» quantity-quality-growth program 2014-2023. Reference and orientation document for the coffee-cocoa sector, Ministry of Agriculture, Ivory Coast, 17p.
- [16] FAO (1998). Proceedings of the regional expert consultation on modern application of biomass energy. FAO Regional Wood Energy Development programme in Asia, Report 36, Bangkok, 22p.
- [17] FAO (2014 b). Crop and livestock residues. Rapid Assessment - Bioenergy and Food Security (Befs Ra). User manual, 35p.
- [18] Sy I., Keita M., Traoré D., Koné B., Bâ K., Wedadi O. B., Fayomi B., Bonfoh B., Tanner M. and Cissé G. (2014). Eau, hygiène, assainissement et santé dans les quartiers précaires à Nouakchott (Mauritanie) contribution à l'approche écosanté à hay Saken, vertigo on <http://journals.openedition.org/vertigo/14999>.
- [19] Statistique Canada, Available (2021) on <https://www150.statcan.gc.ca/n1/edu/power-pouvoir/ch13/prob/5214899-fra.htm> 2021.
- [20] Coulibaly L., Ouattara J-M. P., Agathos S. (2012 a). Biogas potential of the agro-pastoral residues and human excrement in the Comoé river catchment (Côte d'Ivoire), *J. Sust. Devel. Afr.*, 14 (4): 18-31.
- [21] Yao K.T. (2009). Hydrodynamics in the crystalline and crystallophyllian basement aquifers of the South-West of Côte d'Ivoire: case of the department of Soubré: contributions of remote sensing, geomorphology and hydrogeochemistry. Doctoral thesis in Hydrogeology. National Conservatory of Arts and Crafts, France and University of Cocody, Abidjan, Ivory Coast. 339p.

- [22] Faverial J. (2016). Composting and vermicomposting of livestock effluent: a sustainable alternative for recycling animal waste. Doctoral thesis. Agricultural sciences. University of the Antilles, Guadeloupe, 131 p.
- [23] PEMEDCI (2015). Monographic and economic studies of the districts of Côte d'Ivoire district of Bas-Sassandra summary note. Ministry of State, Ministry of Planning and Development, Abidjan, Ivory Coast, 70 p.
- [24] ITEBE Production of electricity and heat by cogeneration using rice husks in industrial rice mills in Senegal. Technical sheet. On [www.itebe.org](http://www.itebe.org)
- [25] ANADER (2013). Annual work report for fiscal year 2012. General management – ANADER, Ivory Coast, 110p.
- [26] Territories, herds and biomass: management issues for sustainable resource management in northern Cameroon, State Doctoral Thesis, Agro Paris Tech University, France, 275 p.
- [27] Pénot R. (2011). Energy valorization of typha. End of studies project report Engineering 3rd year, University of Lorraine, France, 51 p.
- [28] Mrad N. (2011) Valorization of fatty fish waste into biofuel for diesel engines. Doctoral thesis, specialty in process engineering. School of Mines of Nantes, France, 215p.
- [29] Zadi F., BOUET A., BAHAN F., NOUMOUHA G. and Isabelle BEUGRE I., Effect of rice straw-based compost on the Yield of lowland rice grown at the CNRA research station in Man, West of the Ivory Coast, International Journal of Biological and Chemical Sciences 16 (6): 2595-2601 DOI: 10.4314/ijbcs.v16i6.11, 2023.
- [30] Lacour J. (2012). Valorization of the organic fraction of agricultural residues and other assimilated waste using anaerobic biological treatments. Doctoral thesis, Quisqueya University, France, 218 p.
- [31] Coulibaly L., Ouattara J-M. P., Tiho S. (2012 b). Biogas potential of agro-pastoral residues and human excrement from the Sassandra River watershed (Ivory Coast). Int. J. Biol. Chem. Sci. 6 (6): 6003-6016.
- [32] Koulibaly, B., Traoré, O., Dakuo, D., Zombré, P.N. and Bondé, D. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans cultureux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso, Int. J. Biol. Chem. Sci, 6 (6), 184-189. (2011).

## Représentation sociale des maladies mentales en milieu urbain congolais

### [ Social representation of mental illnesses in Congolese urban areas ]

*Ozowa Latem Josue<sup>1</sup>, Mula Eric<sup>2</sup>, and Jules Richard Botembe<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Professeur à l'Université de Kinshasa et Psychothérapeute, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant à l'Université de Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Doctorant à l'Université pédagogique nationale, RD Congo

---

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This article targets Congolese residing in urban areas, 115 subjects were contacted. We submitted a questionnaire assessing the social representation of mental illnesses, in terms of symptomatology, etiology and therapeutics. The results of this study explicitly demonstrated that there is an evolution in the social representation of mental illness and the understanding of its etiology in the African environment. Because the understanding of the manifestations of mental illness among the Congolese is in line with psychiatric semiology. We believe that modernity would have an impact on the positive social representation of mental illness among the Congolese contacted.

**KEYWORDS:** social representation, mental illness, urban.

**RESUME:** Cet article cible les congolais résidant en milieu urbain, 115 sujets ont été contactés. Nous les avons soumis un questionnaire évaluant la représentation sociale des maladies mentales, en terme de symptomatologie, étiologie et thérapeutique. Les résultats de cette étude ont démontré explicitement qu'il y a une évolution dans la représentation sociale de la maladie mentale et de la compréhension de son étiologie en milieu africain. Car, la compréhension des manifestations de la maladie mentale chez les congolais est en phase avec la sémiologie psychiatrie moderne. Nous pensons que la modernité aurait avoir une incidence sur la représentation sociale positive de la maladie mentale chez les congolais contactés.

**MOTS-CLEFS:** représentation sociale, maladie mentale, milieu urbain.

## 1 INTRODUCTION

La maladie mentale altère et dérègle la vie d'une personne au niveau cognitif, émotionnel et comportemental. C'est une force qui affaiblit l'individu, entraîne la détresse et la souffrance pour le patient, perturbe ses relations sociales et détruit la quiétude communautaire. Le patient est séparé du reste de la communauté. La maladie ainsi déclarée, fragilise la relation entre le malade et la société. La fragilité de cette relation est induite par des représentations sociales négatives exprimées par la stigmatisation et la discrimination qui constituent un frein à la réinsertion et à l'autonomisation des personnes malades (Beauchamp, 2007; Komi Dzidzonu Nemi et al., 2020).

Ignorée par plusieurs personnes en milieu Africain, l'opinion populaire confond la maladie mentale à un phénomène démoniaque. Certaines personnes croient que parler de la maladie mentale signifierait parler de la possession démoniaque. C'est pourquoi, la majorité de la population banalisent ladite maladie et considèrent les malades mentaux comme des possédés et les gardent à distance comme si la maladie ne concernait que les autres. A ce sujet, Trystran et al. (2010) affirment que de tout le temps, la maladie mentale a été associée à la violence, alors que les malades mentaux en sont plus souvent la cible que les auteurs.

Certes, en Afrique subsaharienne, l'être humain vit en lien étroit avec sa famille, ses voisins, ses ancêtres, avec des forces invisibles dans la nature et des génies. Il est solidaire par essence et les relations sont très importantes. La coutume et la tradition des ancêtres occupent une place très capitale dans sa vie. Il vit culturellement et perçoit le monde d'après cette représentation culturelle. Cette manière culturelle de percevoir l'être humain influe sur la perception de la maladie chez les Africains. Ainsi, des facteurs tels que la sorcellerie, les ancêtres, des mauvais esprits et des génies sont des causes et/ou des sources potentielles de la maladie (Ozowa Latem, 2022). Dans ce contexte, la maladie en général et la maladie mentale en particulier est perçue comme une punition des ancêtres à l'égard d'une personne en faute. Le voisinage également peut être considéré comme une source de malheur ou de bonheur. L'explication du sens et de la cause de la maladie mentale trouve son origine dans l'entourage familial et culturel du patient.

Dans la société africaine traditionnelle, les maladies mentales ont souvent une origine mystique ou une interprétation surnaturelle (Andriantseno et al., 2004; Salifou et al., 2018; Halle et al., 1995; Azia Dimbu et Tumbwa Mangwamba, 2016). Les causes biologiques n'existent pas et que si un individu tombe malade, c'est à cause d'une tierce personne qui lui a jeté un mauvais sort (Feudjiomene Ngouane, 2014; Le Flour, 2016).

Bien qu'actuellement, la société africaine est loin de ressembler celle traditionnelle, les croyances au tour de la maladie mentale en particulier semblent gagner du terrain. En effet, dans notre milieu de vie, la ville de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo, la maladie mentale continue de susciter des questions auprès de la population congolaise. A en croire plusieurs congolais résidant dans la ville de Kinshasa, les malades mentaux sont responsables de leur maladie. Car, c'est de leur faute ; ils ont voulu toucher aux fétiches afin de posséder les biens matériels. Pour d'autres, les malades mentaux sont victimes d'un enchantement démoniaque.

Le défi est particulièrement important et surtout dans un pays où des préjugés culturels, des croyances religieuses et autres valeurs traditionnelles s'imposent, dominant et donnent lieu à de nouvelles expressions et des néologismes forgés de toute pièce comme porteurs de représentations sociales des maladies mentales. Les nombreuses croyances continuent de donner une opinion publique très négative envers les malades mentaux.

Abondant dans le même sens, Azia Dimbu et Tumbwa Mangwamba (2016) notent que les facteurs prédictifs de la maladie mentale en RDC sont en grande partie des facteurs subjectifs dont la sorcellerie, la mauvaise volonté des proches, la volonté des esprits et de Dieu, l'hérédité sociale, le manque de protection, qui orientent les familles des patients vers des thérapeutes traditionnels ou des centres de prière (Komi Dzidzonu Nemi et al., 2020).

Au regard de ce qui précède, notre étude qui cible les congolais résidant dans la ville de Kinshasa, cherche à savoir leur représentation sociale sur la maladie mentale. Il s'agit de vérifier leur perception sur la nature (la symptomatologie), l'étiologie et la thérapeutique.

Des études sur cette thématique en République Démocratique du Congo ne sont pas nombreuses et ont été, pour la plupart, menées en milieu rural. Cet article se propose donc de déterminer la représentation sociale et d'identifier les manifestations de la maladie mentale en milieu Kinois, ainsi que d'évaluer l'effet des variables sociodémographiques sur la représentation sociale de la maladie mentale.

## **2 METHODOLOGIE**

### **2.1 POPULATION ET ÉCHANTILLON D'ÉTUDE**

Cette étude est menée dans la ville de Kinshasa, précisément dans les communes de ladite ville, dont est tiré un échantillon de 115 personnes. Ces sujets sont répartis en genre (hommes: 57,4% et femmes: 42,6%); en âge (16 et 25ans: 36,5%; 25 à 26ans: 34,8%; 36 à 45ans: 15,7%; 46ans et plus: 13,0%); en niveau d'études (sont des diplômés d'Etat: 62,2%; gradués: 26,1% et licenciés: 21,7%); confession religieuse (catholiques: 47,8%; églises de réveil: 29,6%; protestants: 11,3%; d'autres confessions religieuses: 7,8% et musulmans: 3,5%) et en état civil (célibataires: 62,6%; mariés: 34,8%; veufs: 1,7% et divorcé: 0,9%).

### **2.2 INSTRUMENT D'ÉTUDE**

Nous avons recouru à la méthode d'enquête appuyée par un questionnaire afin de recueillir les opinions des sujets de notre étude sur la représentation sociale de la maladie mentale. Ce questionnaire a comporté 30 items et a été élaboré sur quatre thématiques suivantes: l'identification, l'étiologie, les manifestations et les thérapies de la maladie mentale.

Notons que l'identification touche les aspects sociodémographiques. Il s'agit du sexe, du niveau d'étude (classe), de l'âge et de la confession religieuse. L'étiologies de la maladie s'appesantit sur les causes de la maladie mentale. Les manifestations de la maladie se rapportent à la manière dont la maladie mentale se manifeste ou ses symptômes et la thérapie touche les acteurs et les différentes manières de la soigner.

Elaboré en français avec une version en lingala (langue du milieu), les propositions des réponses aux items sont rédigées en une échelle à 5 valences: totalement d'accord, d'accord, je ne sais pas, pas d'accord et pas du tout d'accord, auxquelles nous avons respectivement attribué les notes suivantes: 1, 2, 3, 4 et 5.

## 2.3 ACTIVITES DU TERRAIN

Le questionnaire a été administré à 115 sujets, résidant les quartiers de la ville de Kinshasa. Les protocoles de questionnaires ont été remis aux sujets qui ont consenti de participer à cette étude afin qu'ils répondent librement suivant la consigne. Pour les sujets qui savaient lire et écrire, ils ont eux-mêmes remplis les protocoles. Pour ceux qui ne savaient pas écrire ni lire, nous les avons administrés le questionnaire sous forme d'entretien structuré.

## 2.4 DEPOUILLEMENT

Une fois reçue les protocoles dûment remplis, nous avons procédé au dépouillement des données récoltées. Le dépouillement de notre échelle a consisté premièrement à quantifier les points de vue de tous les sujets de notre étude à chaque item de l'échelle. Ainsi, aux propositions totalement d'accord, d'accord, je ne sais pas, pas d'accord et pas du tout d'accord, nous avons attribué respectivement les points suivants: 1, 2, 3, 4 et 5.

Nous avons ensuite procédé à la sommation des notes obtenues par chaque sujet à chaque thème de notre échelle. Pour faciliter l'interprétation, nous avons dégagé des notes moyennes de chaque sujet à chaque thème.

Signalons que les résultats présentés dans les lignes qui suivent découlent de ces notes moyennes. Lesquelles notes sont évaluées sur un continuum allant de 1 à 4. Ce continuum a été traduit de la manière suivante pour faciliter l'interprétation.

**Tableau 1.** *Interprétation des niveaux de l'échelle de représentation sociale de la maladie mentale*

| Intervalle de classe | Interprétation                                     |
|----------------------|----------------------------------------------------|
| 1-1,9                | Représentation très négative de la maladie mentale |
| 2,0-2,9              | Représentation négative de la maladie mentale      |
| 3,0-3,9              | Représentation positive de la maladie mentale      |
| 4,0-5                | Représentation très positive de la maladie mentale |

## 3 RESULTATS

Les analyses statistiques, réalisées à partir du logiciel statistique IBM SPSS version 25.0, ressortent les résultats suivant la présentation des résultats, l'étude de la normalité de la distribution et l'analyse différentielle des résultats.

### 3.1 RÉSULTATS GLOBAUX

Dans la présentation des résultats, ceux-ci sont présentés sous deux aspects: un aspect global qui ne tient pas compte des particularités des variables modératrices et un aspect particulier qui tient compte des variables socio-démographiques. Les notes se rapportant à l'appréciation des sujets sont présentées en fonction de certains indices statistiques de tendance centrale et de dispersion.

**Tableau 2.** *Présentation globale des résultats (N=115)*

| Statistiques                        | Dimensions |               |          |
|-------------------------------------|------------|---------------|----------|
|                                     | Etiologie  | Manifestation | Thérapie |
| Moyenne (M)                         | 3,14       | 2,60          | 3,19     |
| Erreur standard de la moyenne (SDM) | 0,07       | 0,07          | 0,04     |
| Ecart type                          | 0,76       | 0,76          | 0,47     |
| Variance                            | 0,58       | 0,58          | 0,22     |

Les résultats montrent que les notes moyennes des sujets aux différentes thématiques de l'échelle (étiologie, manifestations et thérapies) sont respectivement 3,14; 2,60 et 3,19. Ces notes moyennes de trois dimensions de la maladie mentale se situent au-dessus de la moyenne théorique de 2,5 qui correspond à une représentation sociale positive à ces trois dimensions de la maladie mentale.

Concernant l'étiologie de la maladie mentale, les résultats révèlent que dans l'ensemble, les sujets ont une représentation positive des causes de la maladie mentale; ce qui veut dire que les sujets pensent pas que les causes de cette maladie ne sont pas liées aux fétiches, ni aux sorts, et les causes sont d'ordre objectif.

En ce qui concerne les manifestations de la maladie mentale, les résultats au tableau 2 renseignent de manière globale que les sujets ont une conception très proche des symptômes décrits en psychopathologie et en psychiatrie.

S'agissant des thérapies de la maladie mentale, les résultats indiquent que les sujets pensent que la maladie mentale est curable et qu'il existe des moyens médicaux et psychologiques pour soigner les personnes qui en souffrent.

### 3.2 ETUDE DE NORMALITÉ DES DISTRIBUTIONS

**Tableau 3.** *Etude de la normalité des distributions des résultats (p.0.05)*

| Indices statistiques | Kolmogorov-Smirnov Z | Signification asympt. (Probabilité observée) |
|----------------------|----------------------|----------------------------------------------|
| Distributions        |                      |                                              |
| Etiologie            | 0,094                | 0,014                                        |
| Manifestation        | 0,118                | 0,000                                        |
| Thérapies            | 0,107                | 0,002                                        |

La lecture du tableau 3 révèle que toutes les probabilités associées se rapportant aux distributions des résultats de notre étude (0,014; 0,000 et 0,002) se révèlent statistiquement inférieures à la probabilité critique (0,05). Ainsi, nous rejetons l'hypothèse nulle de manque de différences significatives entre ces distributions et une distribution hypothétiquement normale, et nous concluons que les distributions des résultats de notre étude ne sont pas normales.

Les distributions étant anormales, nous recourons aux tests non-paramétriques de U de Mann-Whitney et de H de Kruskal-Wallis pour vérifier l'influence des variables socio-démographiques sur les résultats.

### 3.3 EFFETS DES VARIABLES SUR LES RESULTATS

**Tableau 4.** *Influence du sexe sur les réponses des sujets (p.0.05)*

|                                | Etiologie | Manifestation | Thérapie |
|--------------------------------|-----------|---------------|----------|
| U de Mann-Whitney              | 1615,500  | 1486,500      | 1490,000 |
| W de Wilcoxon                  | 3826,500  | 3697,500      | 2715,000 |
| Z                              | -,008     | -,739         | -,721    |
| Sig. asymptotique (bilatérale) | ,993      | ,460          | ,471     |

Le tableau 4 indique les probabilités associées (0,993; 0,460 et 0,471) sont statistiquement supérieures à la probabilité critique de 0,05. De ce fait, la variable n'a pas influencé les réponses des sujets à notre échelle d'enquête.

**Tableau 5.** *Influence de la tranche d'âge sur les avis de nos sujets (p.0.05)*

|                     | Etiologie | Manifestation | Thérapie |
|---------------------|-----------|---------------|----------|
| H de Kruskal-Wallis | ,271      | ,316          | ,468     |
| Ddl                 | 1         | 1             | 1        |
| Sig. asymptotique   | ,603      | ,574          | ,494     |

La lecture du tableau 5 indique qu'aucune probabilité associée n'est inférieure à la probabilité théorique (0,05). Ainsi, nous concluons que quelle que soit la tranche d'âge considérée, les réactions de nos sujets, sont identiques et que la variable tranche d'âge n'a pas influencé les résultats de notre étude.

**Tableau 6.** *Influence de la variable niveau d'études sur les réponses des sujets (p.0.05)*

|                     | Etiologie | Manifestation | Thérapie |
|---------------------|-----------|---------------|----------|
| H de Kruskal-Wallis | ,106      | ,191          | ,312     |
| Ddl                 | 1         | 1             | 1        |
| Sig. asymptotique   | ,745      | ,662          | ,577     |

Il ressort du tableau 6 que toutes les probabilités associées sont supérieures à la probabilité critique (0,05). Nous concluons ainsi que quel que soit le niveau d'études, les avis des sujets sur la représentation sociale de la maladie mentale sont les mêmes.

**Tableau 7.** *Influence de l'église d'appartenance sur les réponses de nos sujets (p.0.05)*

|                     | <b>Etiologie</b> | <b>Manifestation</b> | <b>Thérapie</b> |
|---------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| H de Kruskal-Wallis | 2,041            | ,516                 | 3,357           |
| Ddl                 | 1                | 1                    | 1               |
| Sig. asymptotique   | ,153             | ,473                 | ,067            |

La lecture du tableau 7 révèle qu'aucune probabilité associée n'est inférieure à la probabilité théorique (0,05). Ainsi, nous concluons que quelle que soit l'église d'appartenance, les réactions des sujets sont les mêmes.

**Tableau 8.** *Influence de l'état civil sur les réponses de nos sujets (p.0.05)*

|                     | <b>Etiologie</b> | <b>Manifestation</b> | <b>Thérapie</b> |
|---------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| H de Kruskal-Wallis | ,564             | 2,228                | ,589            |
| Ddl                 | 1                | 1                    | 1               |
| Sig. asymptotique   | ,453             | ,136                 | ,443            |

La lecture du tableau 8 révèle qu'aucune probabilité associée n'est inférieure à la probabilité théorique (0,05). Ainsi, nous concluons que quel que soit l'état civil, les réponses de nos sujets sont les mêmes.

#### **4 DISCUSSION**

Dans cette partie, nous discutons des résultats de l'étude après les avoir présentés et analysés. Il s'agit de comparer les résultats de l'étude avec ceux des études antérieures pour établir la relation qui existe entre eux.

Les notes moyennes des sujets aux thématiques de cette recherche (manifestations, étiologie et thérapie) démontrent que ces sujets ont des notes moyennes de 3,14; 2,60 et 3,19 respectivement dans les thèmes de l'étiologie, des manifestations et des thérapies de la maladie mentale, correspondant à une représentation positive de la maladie mentale. Ces résultats confirment ceux de Feudjiomene Ngouane (2014) selon lesquels la population africaine a une perception positive des maladies et voit dans les maladies mentales, en particulier, les perturbations des fonctions du cerveau.

Concernant l'étiologie de la maladie mentale, les résultats révèlent que dans l'ensemble, les sujets ont une représentation positive des causes de la maladie mentale; ce qui veut dire qu'ils pensent que les causes de cette maladie ne sont pas liées aux fétiches, ni aux mauvais sorts; ils sont d'ordre objectif. Ceci contredit les résultats de l'étude de Feudjiomene Ngouane (2014) dont la majorité d'africains pensent que les maladies mentales ont une origine mystique, de même que ceux de Le Flour (2016) pour qui en Afrique, les causes biologiques n'existent pas et que si un individu tombe malade, c'est à cause d'une tierce personne qui lui a jeté un mauvais sort, ou encore les résultats de Azia Dimbu et Tumbwa Mangwamba (2016) dont les facteurs prédictifs de la maladie mentale sont en grande partie des facteurs subjectifs dont la sorcellerie, la mauvaise volonté des proches, la volonté des esprits et de Dieu, l'hérédité sociale, le manque de protection. Cette contradiction serait dû à la nature des sujets cibles. Nous avons contacté les personnes en milieu urbain, et nous estimons que l'influence de la modernité en milieu urbain (les media, la religion catholique, la scolarité, etc.) ont influencé positivement la conception de nos sujets sur la maladie mentale.

S'agissant des thérapies de la maladie mentale, les résultats indiquent que nos sujets pensent que la maladie mentale est curable et qu'il existe des moyens médicaux et psychologiques pour soigner les personnes qui en souffrent. Et ils sont d'avis que la prise en charge médico-psychologique est la meilleure thérapie de la maladie mentale, tout en associant d'autres aspects de la prise en charge. Ces résultats nous permettent d'écarter l'idée selon laquelle la maladie mentale serait perçue comme une pathologie surnaturelle, fruit de la sorcellerie et de l'occultisme et que les africains auraient une représentation sociale mystérieuse ou spirituelle de la maladie mentale, une représentation sociale négative de la maladie mentale.

En ce qui concerne les manifestations de la maladie mentale, les résultats renseignent de manière globale que nos sujets ont une conception très proche des symptômes décrits en psychopathologie et en psychiatrie. Ces résultats rencontrent ceux de Azia Dimbu et Tumbwa Mangwamba (2016) en ce sens que pour ces deux auteurs, la lecture des manifestations des troubles consiste dans la considération accordée aux signes cliniques manifestés par le malade tels que le manque d'hygiène corporelle, l'indifférence, le désordre sur le plan social, des inconduites et des excès dans le comportement comme se déshabiller en public.

## 5 CONCLUSION

Cette étude s'est penchée à la problématique de la considération de la maladie mentale en milieu urbain Africain. Certes, l'africain, par nature, est un être attaché à la tradition. Cela peut avoir un impact considérable sur sa façon d'appréhender la maladie, en particulier la maladie mentale.

Les résultats de cette étude ont démontré explicitement qu'il y a une évolution dans la représentation sociale de la maladie mentale et de la compréhension de son étiologie en milieu africain. Car, ils révèlent que la compréhension des manifestations de la maladie mentale chez les congolais est en phase avec la sémiologie psychiatrie. Nous pensons que la modernité aurait avoir une incidence sur la représentation sociale positive de la maladie mentale chez les congolais contactée.

En outre, des études sur un échantillon plus large en milieu urbain et rural permettront de mieux évaluer l'incidence du milieu sur la représentation des maladies mentales chez les africains.

## REFERENCES

- [1] Andriantseho, L.M. et al. (2015). Les troubles psychiatriques à Madagascar: étude clinique de 376 cas répertoriés à Mahajanga. *Le Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* (97), 2, 122-126.
- [2] Azia Dimbu, F. & Tumbwa Mangwamba, V. (2016). Prise en charge globale des maladies mentales chez les Suku de Congo-Kinshasa, *ERES Empan*, (1), 101, 119-126.
- [3] Beauchamp, J.-F. (2007). La représentation sociale de la maladie mentale chez les soignants et les familles d'accueil thérapeutique, IFCS Henry Dunant de Douai.
- [4] Feudjiomene Ngouane, M. (2014). Les déterminants du choix de l'itinéraire thérapeutique des maladies mentales. Mémoire. Institut Supérieur Larosière.
- [5] Halle, A. et al. (1995). Aspects particuliers de la psychiatrie en Afrique: rencontre de deux systèmes de soins. *L'Information Psychiatrique* (71), 6, 530-536.
- [6] Komi Dzidzonu Nemi et al. (2020). Les difficultés de réinsertion socioprofessionnelle des patients souffrant d'affections psychiatriques chroniques à Lomé. *Acta Scientes Médicales Scientifiques* (4), 8, 26-30.
- [7] Le Flour, M. (2016). Quelle place pour la psychologie dans une culture traditionnelle africaine ? L'exemple des itinéraires thérapeutiques en République du Congo. Mémoire en sciences sociales et économiques. Institut Catholique de Paris.
- [8] Mikolajczak, E. (2015). Insertion socioprofessionnelle et santé mentale. *L'Essor* (71), 28, 4-9.
- [9] Ozowa Latem, J. (2022). *Psychopathologie générale et africaine*, cours inédit en troisième graduat en sciences psychologiques, Université Saint Augustin de Kinshasa.
- [10] Salifou, S. et al. (2018). Profil des patients vus en consultation psychiatrique au CHU-Campus de Lomé. *Sciences de la santé et maladies* (19), 1, 48-52.
- [11] Trystran, M.N. et al. (2010). *La Prise en charge des patients répétés dangereux*. Paris: Elsevier Masson.

## Effect of physical parameters of the porous medium on natural convection in a partitioned cavity

*Souleye Faye, Sidy Mactar Sokhna, Sory Diarra, and Vincent Sambou*

Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels (LE3PI), École Supérieure Polytechnique de Dakar, BP: 5085, Dakar-Fann, Senegal

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The aim of this article is to study numerically the influence of the physical parameters of the porous medium on the heat transfer rate. To do this, we use the Darcy-Brinkman-Forchheimer model, and a numerical tool (Ansys fluent) to solve the heat transfer and Navier-Stokes equations. The average Nusselt numbers (convective and radiative) were then determined as a function of thermal conductivity, porosity and permeability. We can deduce that as thermal conductivity increases, the heat transfer rate rises to a maximum value before decreasing. As porosity increases, radiative and convective Nusselt decrease. Finally, the transfer rate increases with increasing permeability.

**KEYWORDS:** Nusselt, Navier-Stokes, Darcy-Brinkman-Forchheimer, porosity, heat transfer.

### 1 INTRODUCTION

Natural convection in a cavity filled with a porous medium has become a very important field. It is applicable in many industrial fields such as energy storage, food processing and pharmaceuticals. Researchers have therefore carried out numerical and experimental studies to model natural convection in a porous medium.

Taking into account the forchheimer term in the equation of motion and the hydrodynamic dispersion in the thermal conductivity tensor, Ref. [1] concluded that the value of the Nusselt number decreases as the ratio of effective thermal conductivities increases.

Researches [2] have shown in a porous cavity that heat transfer rates depend on anisotropic properties by keeping vertical temperatures constant. Study [3] carried out numerical work with the Darcy-Brinkman model. They concluded that the value of the Nusselt number reaches a maximum when the Darcy number is very large. Research [4] Show that the Nusselt number varies as a function of physical parameters such as the permeability and conductivity of the walls and the thermal diffusivity of the porous material in an enclosure containing a porous medium. Study [5] studied the modelling of heat transfer from CO<sub>2</sub> at supercritical pressures flowing vertically in porous tubes. He concluded that the local heat transfer coefficient increases with decreasing particle diameter because the contact area between the fluid and the particles increases with decreasing particle diameter.

Researches [6] and [7] studied heat transfer in a medium. The porous material was anisotropic in conductivity and permeability. The results are in line with those of [8].

Researches [9] studied the effect of cavity conduction and Ra number in a numerical study of the natural convection of a square enclosure. They deduce that increasing Ra and the conductivity ratio leads to an increase in natural convection. Research [10] studied an analytical model for the energy performance of partitioned cavities. They concluded that the thermal capacity of the cavity increases with the thickness of the partitions.

Ref. [11] examined the effect of heterogeneity on free convection flow and solute transport in porous media. They observed that in fractured media, the onset of instability occurs with a lower critical Rayleigh number, meaning that fracture networks have a destabilizing effect.

Ref. [13] has shown that permeability variation has a significant influence on heat flow and heat transfer. He studied the effect of variable permeability on the vortex instability of mixed convection and the onset of convection in porous materials with vertically stratified porosity. Using an auxiliary integral equation, he demonstrated the absence of subcritical instabilities and obtained, in closed form, the global stability condition.

Ref. [14] examined convective instability, both linear and nonlinear, in a saturated porous medium, taking into account a non-zero inertia term as well as permeability variation in the vertical direction.

Ref. [15] examined the impact of variable permeability on vortex instability in horizontal natural convection flow through a porous medium adjacent to a horizontal surface. They observed that variable permeability leads to an increase in the rate of heat transfer and disturbs the flow.

Ref. [16] have carried out a numerical simulation of natural convection inside a square cavity featuring a sinusoidal cylinder of different amplitudes. Their results reveal that by increasing the amplitude (number of undulations) or changing the angle, it is possible to modify the heat transfer coefficient, which has a significant influence on the temperature and fluid field.

Ref. [17] and [18] demonstrated that porosity near a solid wall is not uniform but variable, resulting in a variation in permeability. Heterogeneity of permeability distribution can also be a feature of man-made porous materials, such as the granulate used in chemical engineering processes and the fibrous material used in fine insulation.

Ref. [18] pioneered the presentation of experimental data revealing zones of high porosity extending over two or three particle diameters from the container of a flat wall. Their results indicated that unless the  $D/d$  ratio exceeds 30, a significant variation in velocity occurs across the packed bed.

Ref. [19] studied natural thermal convection in multilayer anisotropic porous media, addressing the phenomenon of convection through these media. In the case of a large number of alternating horizontal layers, the model tends towards that of a globally homogeneous, anisotropic medium. However, for a limited number of layers, this anisotropy model presents an abrupt discontinuity due to the local appearance of convection when the local thermal porous Rayleigh number is approximately equal to  $10^4$ .

Ref. [20] have studied combined forced and free convection on inclined surfaces immersed in porous media. Taking into account variable permeability and using the generalized momentum equation, they obtained solutions for different boundary conditions, including uniform wall temperatures and linear temperature variations at the leading edge, for both helping and opposing flows. Their analyses revealed that permeability variation exerts a strong influence on flow and heat transfer.

Ref. [21] examined the impact of heterogeneity on thermal convection in vertical porous layers. Their study highlights the effect of permeability variation on the free convection flow in a porous medium bounded by a vertical porous wall, when the permeability varies according to an exponential law in one direction. They also explored the effect of increasing permeability near an impermeable wall in a porous medium.

In the literature, we did not come across any work on the influence of the physical parameters of the medium in a partitioned cavity containing a porous medium in the case of coupled convection-radiation transfer.

The aim of this numerical study is to determine the impact of porous medium parameters such as thermal conductivity, porosity and permeability on the heat transfer rate.

To do this, we will develop a CFD model. Given the complex anisotropic conditions and the random distribution of seed shapes, we chose the Darcy-Forchheimer-Brinkman model, which links pressure drop, velocity, permeability, viscosity and porosity [22, 23, 24, 25].

In the first part, we study the influence of the thermal conductivity of the porous medium on the heat transfer rate. Next, we evaluate the heat transfer rate by varying the porosity by the Nusselt number. Finally, we investigate the effect of varying the permeability as a function of the Nusselt number

## **2 DESCRIPTION OF THE PROBLEM**

The cavity used is a partitioned rectangle (Figure 1), with height  $H = 200$  mm and external width  $L = 317$  mm. Three equally spaced partitions are located between two external vertical walls. The outer walls have a thickness  $e = 8$  mm and the inner

partitions have the same finished thickness  $e = 3$  mm. Uniform temperatures  $T_h = 25^\circ\text{C}$  and  $T_c = 5^\circ\text{C}$  are imposed in each of the walls at the vertical external surfaces. The inside of each cell is filled with air ( $Pr = 0.71$ ). The vertical surfaces are kept adiabatic. A porous medium with porosity  $\epsilon$ , thermal conductivity  $\lambda$  and permeability  $k$  is placed in the third cell.

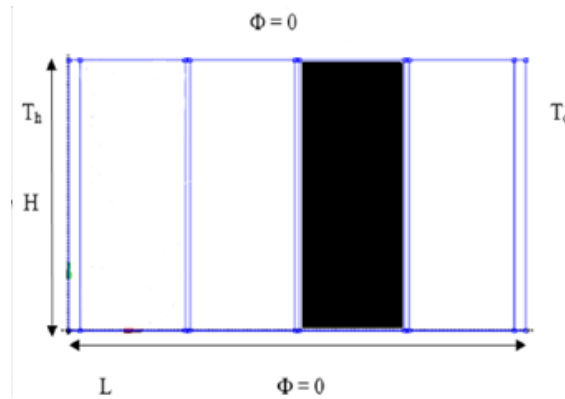


Fig. 1. System Geometry

## 2.1 SIMPLIFYING ASSUMPTIONS AND MATHEMATICAL FORMULATIONS

We assume that the fluid is Newtonian and that the flow is two-dimensional laminar and stationary. We neglect the effects of Soret and Dufour; on the other hand, the density of the fluid in the term of the forces of volume varies linearly with the temperature  $T$  according to the Bousinesq approximation [5]:  $\rho = \rho_0 [1 - \beta_T (T - T_0)]$ .

The equations of heat transfer, motion and continuity in a porous medium can then be written as follows.

### FORMING THE EQUATIONS DIMENSIONALLY

Normalization consists in transforming the dependent and independent variables into dimensionless variables.

We obtain the following equations:

- Porous region

Continuity:

$$\frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial V}{\partial Z} = 0 \quad (1)$$

Move:

$$\frac{1}{\phi} \left[ \frac{1}{\phi} \left( \frac{U \partial U}{\partial X} + \frac{V \partial U}{\partial Z} \right) \right] = - \frac{\partial P}{\partial X} + \frac{1}{\phi} \left( \frac{Pr}{Ra} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2} \right) - \frac{1}{Da} \left( \frac{Pr}{Ra} \right)^{\frac{1}{2}} U - \frac{C_f}{Da^{\frac{1}{2}}} \sqrt{U^2 - V^2} U \quad (2)$$

$$\frac{1}{\phi} \left[ \frac{1}{\phi} \left( \frac{U \partial V}{\partial X} + \frac{V \partial V}{\partial Z} \right) \right] = - \frac{\partial P}{\partial Z} + \frac{1}{\phi} \left( \frac{Pr}{Ra} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial Z^2} \right) - \frac{1}{Da} \left( \frac{Pr}{Ra} \right)^{\frac{1}{2}} V - \frac{C_f}{Da^{\frac{1}{2}}} \sqrt{U^2 - V^2} V + \theta \quad (3)$$

Heat transfer:

$$\left[ \left( \frac{U \partial \theta}{\partial X} + \frac{V \partial \theta}{\partial Z} \right) \right] = \lambda_{eff} (\text{Pr} Ra)^{-\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Z^2} \right) \quad (4)$$

- The fluid region

Continuity:

$$\frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial V}{\partial Z} = 0 \quad (5)$$

Move:

$$\left[ \left( \frac{U \partial U}{\partial X} + \frac{U \partial V}{\partial Z} \right) \right] = -\frac{\partial P}{\partial X} + \left( \frac{\text{Pr}}{Ra} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2} \right) \quad (6)$$

$$\left[ \left( \frac{V \partial U}{\partial X} + \frac{V \partial V}{\partial Z} \right) \right] = -\frac{\partial P}{\partial Z} + \left( \frac{\text{Pr}}{Ra} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial Z^2} \right) + \theta \quad (7)$$

Heat transfer:

$$\left[ \left( \frac{U \partial \theta}{\partial X} + \frac{V \partial \theta}{\partial Z} \right) \right] = (\text{Pr} Ra)^{-\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Z^2} \right) \quad (8)$$

Boundary conditions:

$$\theta(X=0, Z)=0; \theta(X=L, Z)=1 \quad (9)$$

- Radiative transfer

$$\vec{\nabla} \cdot (I^*(\vec{r}, \vec{s}), \vec{s}) = 0 \quad (10)$$

$I^*(\vec{r}, \vec{s})$  : is the radiant intensity. It is given by the following relation

$$I^*(\vec{r}, \vec{s}) = I(\vec{r}, \vec{s}) / \sigma T_0^4 \quad (11)$$

The dimensionless equation for the radiative flux intensity at the boundary ( $X=X_0$ ) is given by the following relationship:

$$I^*(X_0, Z) = \phi_{rad}^*(X_0, Z) / \Pi \quad (12)$$

In the partition wall and in the walls, the equation is:

$$\left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Z^2} \right) = 0 \quad (13)$$

At the vertical solid-fluid interface located at  $X = X_0$ , temperatures verify:

$$\theta_s(X_0, Z) = \theta_f(X_0, Z) \quad (14)$$

The energy balance at point  $X = X_0$  (solid-fluid interface) can be deduced from this:

$$\frac{\partial \theta_s}{\partial X} \Big|_{X=X_0} = Nr \phi_{rad}^*(X_0, Z) + \frac{1}{\lambda_r} \frac{\partial \theta_f}{\partial X} \Big|_{X=X_0} \quad (15)$$

The radiant and conductive interaction parameter  $Nr$  is given by the following relationship:

$$Nr = \sigma T_0^4 H / \lambda_s (T_h - T_c) \quad (16)$$

The radiative flux density passing through the surface at points  $(X = X_0, Z)$  is given by the following relationship:

$$\phi^*(X_0, Z) = (1 - \varepsilon) \phi_{rad,in}^*(X_0, Z) + \varepsilon T^4 / T_0^4 \quad (17)$$

$\phi_{rad,in}^*$  is called the flux density of incident radiation heat on the surface. It is calculated by the following relationship:

$$\phi_{rad,in}^* = \int I_{in}^* \vec{s} \cdot \vec{n} d\Omega \quad (18)$$

Heat transfer:

We give the convective and radiative heat transfer rates on walls and partitions by the radiative and convective Nusselt numbers are defined by:

$$Nu_{cv}(X_0) = \int_0^1 \frac{\frac{\partial \theta_f}{\partial X}(X = X_0)}{\frac{\partial \theta_{f,cd}}{\partial X}(X = X_0)} dz \quad (19)$$

$$Nu_{rad}(X_0) = \frac{Nr}{\lambda_r} \int_0^1 \frac{\phi_{rad}^*(X_0, Z)}{\frac{\partial \theta_{f,cd}}{\partial X}(X = X_0)} dz \quad (20)$$

$\theta_{f,cd}$  fluid temperature in the case of conduction only.

## 2.2 NUMERICAL CALCULATION

The Navier-Stokes equations were solved using Ansys Fluent software. The mesh used is of the uniform tetrahedral type whose solution is invariant as a function of the number of elements figure 2.

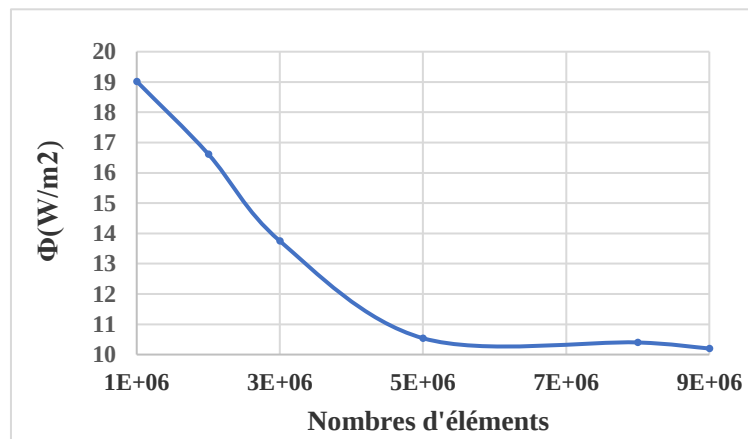


Fig. 2. Flux in function elements numbers

### 2.3 VALIDATION OF THE NUMERICAL MODEL

Our model is validated by comparison with the work of [16]. Considering a differentially heated square cavity modeled in Ansys Fluent. The table shows the comparison of Nusselt numbers between [16] and the present work:

Table 1. Comparison of average Nusselt numbers

| Emissivity          |        | Wang et al. (2006) | This study |
|---------------------|--------|--------------------|------------|
| $\varepsilon = 0$   | $Nu_c$ | 8.852              | 8.87       |
| $\varepsilon = 0.2$ | $Nu_c$ | 2.337              | 2.306      |
| $\varepsilon = 0.2$ | $Nu_r$ | 8.399              | 8.348      |
| $\varepsilon = 0.8$ | $Nu_c$ | 7.873              | 7.763      |
| $\varepsilon = 0.8$ | $Nu_r$ | 11.208             | 11.077     |

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 EFFECT OF VARYING THE THERMAL CONDUCTIVITY OF THE POROUS MEDIUM

Choosing the same boundary conditions ( $Ra = 10^4$ ),  $Da = 10^{-5}$ ,  $\phi = 0.5$  and  $\varepsilon = 0.9$ , we take the previous configuration (figure 1) and vary the thermal conductivity  $\lambda$  of the porous medium. In the following figures, we represent a few cases of  $\lambda$  variation (0.1; 40; and 60).

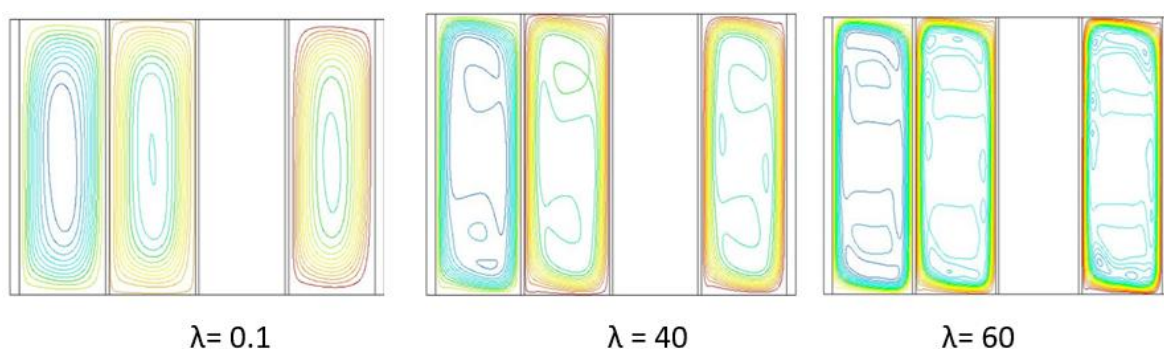


Fig. 3. Streamlines

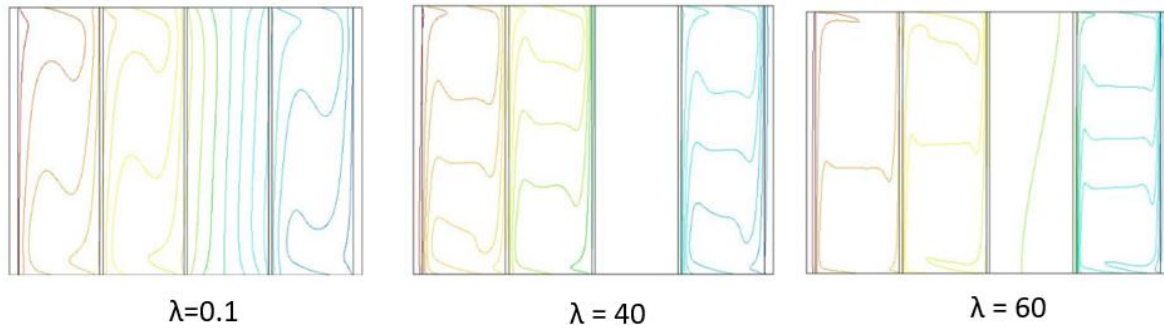


Fig. 4. Isotherms

Figure 3 shows the current lines in the system. We can see that the current lines are dissimilar. Figure 4 shows isotherms as a function of conductivity variation. We can see that thermal stratification decreases with increasing conductivity in cell 3. We can conclude that thermal conductivity has an effect on transfer rate.

Figure 5 shows the variation of the mean Nusselt number with conductivity. We divide curves 5A and 5B into two parts (one increasing and one decreasing). The increasing parts (5A and 5B) correspond to the increase in  $\lambda$ , which leads to a reduction in the thermal gradient between the partitions, increasing convective flow and hence Num in the cells. The decreasing parts of Num with increasing  $\lambda$  are due to the decrease in stratification of the thermal gradient, leading to an increase in the horizontal thermal gradient.

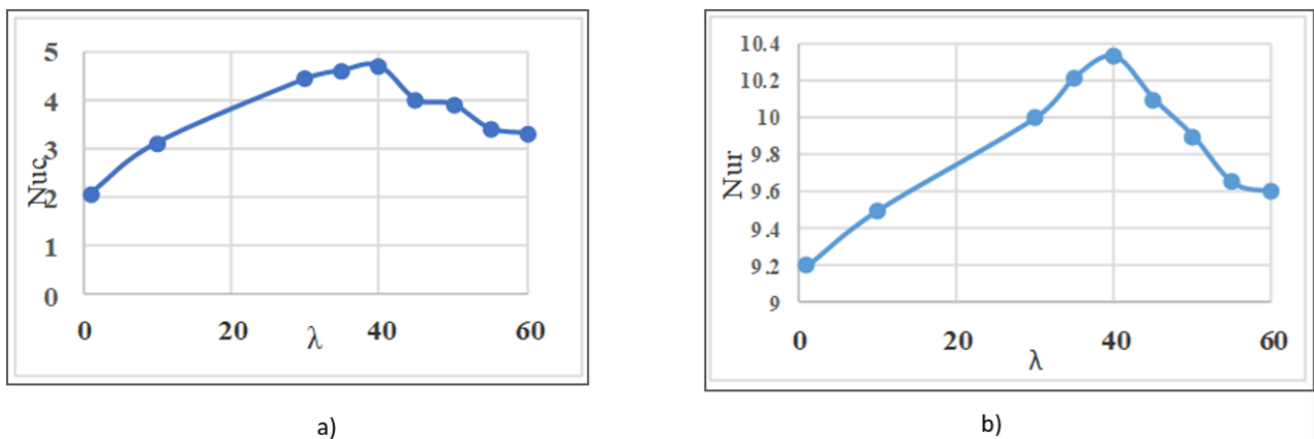


Fig. 5. Number of variation (A: convective; B: radiative) as a function of conductivity

### 3.2 INFLUENCE OF POROSITY

Choosing the same boundary conditions ( $Ra = 10^4$ ) and  $Da = 10^{-8}$ ,  $\varepsilon = 0.9$ , we take the previous configuration (Figure 1) and vary the porosity  $\phi$  of the porous medium. In the following figures, we show some cases of variations (0.1, 0.3, and 0.7).

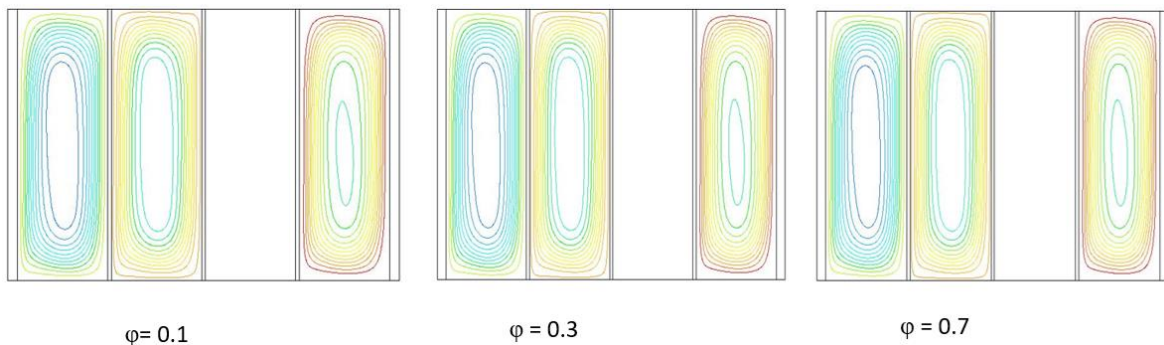
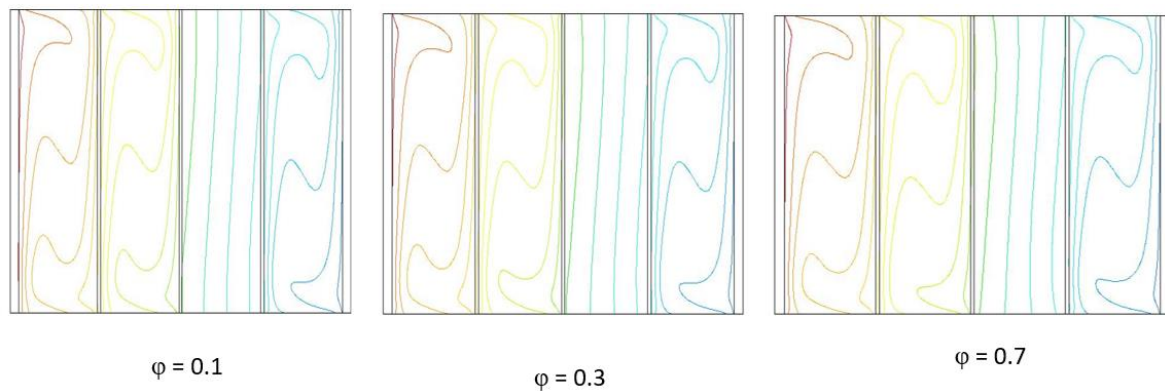


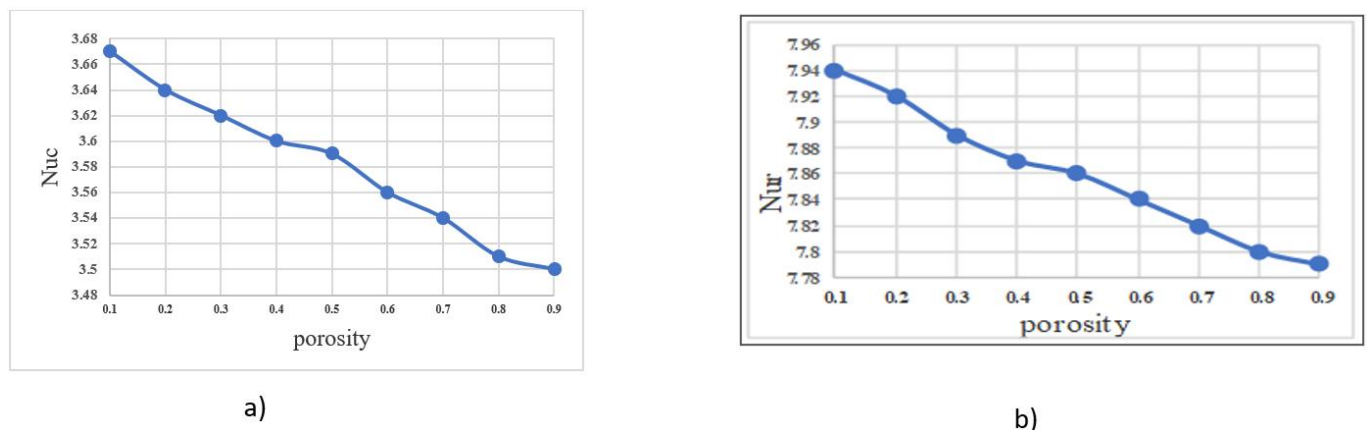
Fig. 6. Streamlines



**Fig. 7. Isotherms**

Figure 6 shows the current lines for different values of  $\phi$ . We can see that the shape of the current lines does not change in each case.

In the case of the isotherms shown in figure 7, the difference between the figures is that the isotherms widen with increasing in  $\phi$  the active walls. We can therefore deduce that the intensity of the transfer flux decreases.

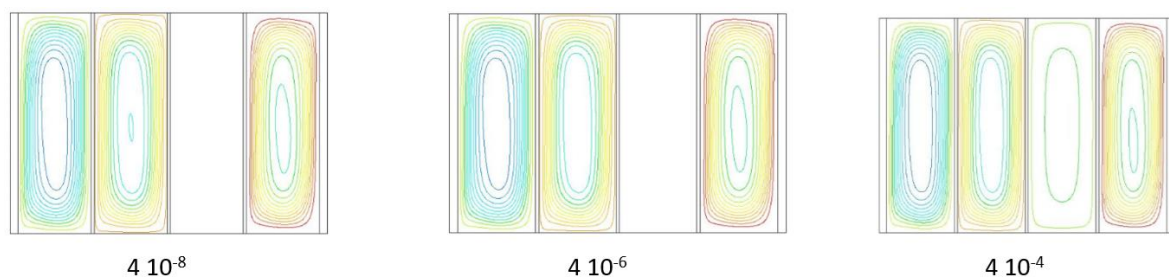


**Fig. 8. Variation in mean Nusselt number (convective a) and radiative b))**

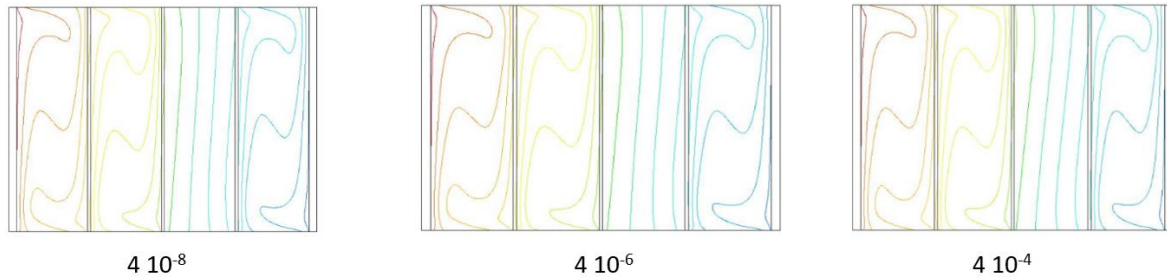
Figure 8 shows that the average Nusselt numbers (convective A and radiative B) decrease with increasing porosity value. This shows that conductive heat transfer increases with porosity, hence the decrease in convective heat transfer.

### 3.3 INFLUENCE OF PERMEABILITY

Assuming the same boundary conditions ( $Ra = 10^4$ ),  $Da = 10^{-8}$  and  $\epsilon = 0.9$ , we take the previous configuration (figure 1) and vary the permeability  $K$ . In the following figures, we show a few cases of  $K$  variation ( $4 \cdot 10^{-8}$ ,  $4 \cdot 10^{-6}$  and  $4 \cdot 10^{-4}$ ).



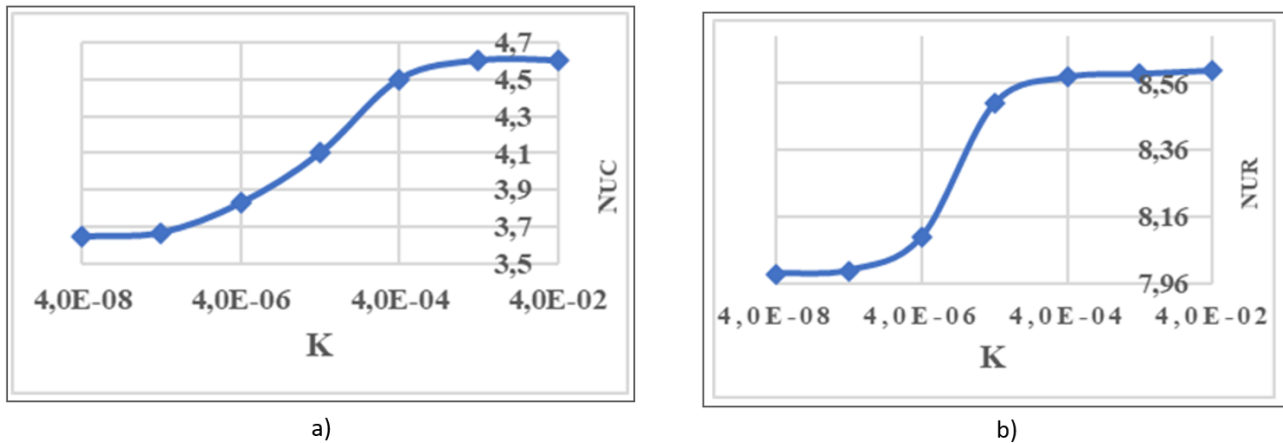
**Fig. 9. Streamlines**



**Fig. 10. Isotherms**

Figures 9 and 10 show current lines and isotherms for varying  $k$  permeability. For small values of  $K$  (between  $4 \cdot 10^{-8}$  and  $4 \cdot 10^{-4}$ ), we can see in figure 9 that the streamlines are spread out along the active walls.

For the isothermal lines in the porous medium shown in Figure 10, there is little temperature stratification. On the other hand, as permeability increases ( $4 \cdot 10^{-8}$ ,  $4 \cdot 10^{-6}$  and  $4 \cdot 10^{-4}$ ), the cells in the current lines narrow in the center of the active walls. The isotherms of the porous medium are deformed and stratification increases, so heat transfer intensifies.



**Fig. 11. Variation in permeability as a function of average Nusselt number (a) convective and (b) radiative**

Figure 11 shows the variation in heat transfer rate as a function of the Nusselt number of the permeability anisotropy. The figure can be broken down into three parts: two almost constant parts at the beginning and towards the end, and an increasing part between the two preceding phases. We can see that convective and radiative heat transfer rates are low when  $k$  is between ( $4 \cdot 10^{-8}$  and  $4 \cdot 10^{-6}$ ). This is due to a low flow rate, as the permeability is very low, so the flow is almost diffusive.

When  $k$  is between ( $4 \cdot 10^{-6}$  and  $4 \cdot 10^{-4}$ ), the progression of the Nusselt number is very rapid as the value of  $k$  increases. The flow regime is said to be moderate. When  $k$  is between ( $4 \cdot 10^{-6}$  and  $4 \cdot 10^{-4}$ ), the progression is almost constant with the variation in  $K$ : this is the complete boundary layer regime.

#### 4 CONCLUSIONS

The aim of the present work is to determine the influence of the physical parameters of the porous medium in a partitioned cavity on heat transfer using numerical simulation.

The Darcy-Brinkman-Forchheimer model was chosen, and a numerical tool was used to solve the heat transfer and momentum equations. We then determined the average Nusselt numbers (convective and radiative) as a function of the porous medium parameters. It can be deduced that as conductivity increases, the heat transfer rate rises to a maximum value before decreasing. The heat transfer rate then decreases with increasing porosity. Finally, the heat transfer rate increases with increasing permeability.

We plan to continue the work by adding porous medium to the other cells, then increasing the number of partitions in the cavity.

## NOMENCLATURE

|               |                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|
| $C_f$         | Forchheimer coefficient                                |
| $Da$          | Darcy numbers                                          |
| $g$           | Acceleration due to gravity ( $\text{ms}^{-2}$ )       |
| $H$           | Channel height (m)                                     |
| $I$           | Radiation intensity ( $\text{Wm}^{-2}$ )               |
| $K$           | Permeability                                           |
| $L$           | Width (m)                                              |
| $Nu$          | Nusselt number                                         |
| $P$           | Pressure (Pa)                                          |
| $Pr$          | Prandtl number $\vartheta/\alpha$                      |
| $Ra$          | Rayleigh number $g\beta(T_h - T_c) H^3/\alpha$         |
| $T$           | Temperature (K)                                        |
| $U, V$        | Dimensionless velocity components                      |
| $x, z$        | Cartesian coordinates (m)                              |
| $X, Z$        | Dimensionless Cartesian coordinate                     |
| $\beta T$     | Thermal expansion coefficient ( $\text{K}^{-1}$ )      |
| $\theta$      | Dimensionless temperature (K)                          |
| $\varepsilon$ | Emissivity                                             |
| $\lambda$     | Thermal conductivity ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) |
| $\rho$        | Density ( $\text{kgm}^{-3}$ )                          |
| $\Phi$        | Heat flux density ( $\text{Wm}^{-2}$ )                 |
| $\varphi$     | Porosity                                               |
| $c$           | Cold                                                   |
| $cd$          | Conduction                                             |
| $cv$          | Convection                                             |
| $rd$          | Radiation                                              |
| $h$           | Hot                                                    |
| $m$           | Average                                                |
| $w$           | Wall                                                   |

## REFERENCES

- [1] L.E. Howle and J.G. Georgiadis, 'Natural Convection in Porous Media with Anisotropic Dispersive Thermal Conductivity', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 37, N°7, pp. 1081 - 1094, 1994.
- [2] R. Bennacer, A. Tobbal, H. Beji and P. Vasseur, 'Double Diffusive Convection in a Vertical Enclosure Filled with Anisotropic Porous Media', International Journal of Thermal Sciences, Vol. 40, N°1, pp. 30 - 41, 2001.
- [3] W. Zheng and L. Robillard, 'Convection in a Square Cavity Filled with in Anisotropic Porous Medium Saturated with Water Near 4 °C', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 44, N°18, pp. 3463 - 3470, 2001.
- [4] F. Chen and J.W. Lu, 'Onset of Salt-Finger Convection in an Anisotropic and Inhomogeneous Porous Media', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 35, N°12, pp. 3451 - 3464, 1992.
- [5] Masoud Haghshenas Fard, CFD modeling of heat transfer of CO<sub>2</sub> at supercritical pressures flowing vertically in porous tubes. International Communications in Heat and Mass Transfer 37 (2010) 98-102.
- [6] K.L. Walker and G.M. Homsy, 'Convection in a Porous Cavity', Journal of Fluid Mechanics, Vol. 87, N°3, pp. 449 - 474, 1978.
- [7] G.S. Shiralkar, M. Haajizadeh and C.L. Tien, 'Numerical Study of High Rayleigh Number Convection in a Vertical Porous Enclosure', Numerical Heat Transfer, Part B, Fundamentals: Vol. 6, N°2, pp. 223 - 234, 1983.
- [8] J. Ni et C. Beckermann, 'Natural Convection in a Vertical Enclosure Filled With Anisotropic Porous Media', Journal of Heat Transfer, Vol. 113, N°4, pp. 1033 - 1037, 1991.
- [9] M. Mobedi, Conjugate natural convection in a square cavity with finite thickness horizontal walls, Int. Communication in Heat and Mass Transfer, vol. 35, pp.503-513, 2008.
- [10] Vincent Sambou, Berangere Lartigue, Franc xoise Monchoux et Mamadou Adj; Modélisation de la performance thermique des enceintes cloisonnées remplies d'air: Effets de la géométrie et des propriétés thermiques. Journal of Building Physics. 2016, Vol. 39 (4) 321-341.

- [11] Shafabakhsh, P., Fahs, M., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C.T. " Unstable density-driven flow in fractured porous media: the fractured elder problem ". *Fluids* 4, 168 (2019).
- [12] Haddad, S.A.M. " Thermal convection in a Darcy porous medium with anisotropic spatially varying permeability ". *Acta Appl. Math.* 132, 359–370 (2014).
- [13] Hassanien, I.A., Salama, A.A., Elaiw, A.M. " Variable permeability effect on vortex instability of a horizontal natural convection flow in a saturated porous medium with variable wall temperature ". *J. Appl. Math. Mech.* 84, 39–47 (2004).
- [14] Roblee, L.H.S., Baird, R.M., Tierney, J.W. " Radial porosity variations in packed beds ". *AIChE J.* 4, 460–464 (1958).
- [15] Benenati, R.F., Brosilow, C.B. " Void fraction distribution in beds of spheres ". *AIChE J.* 8, 359–361 (1962).
- [16] Schwartz, C.E., Smith, J.M. " Flow distribution in packed beds ". *Ind. Eng. Chem.* 45, 1209–1218 (1953).
- [17] Chandrasekhara, B.C., Namboodiri, P.M.S., Hanumanthappa, A.R. " Similarity solutions for buoyancy induced flows in a saturated porous medium adjacent to impermeable horizontal surfaces ". *Wärme-Und Stoffübertragung* 18, 17–23 (1984).
- [18] Singh, P., Misra, J.K., Narayan, K.A. " Free convection along a vertical wall in a porous medium with periodic permeability variation ". *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.* 13, 443–450 (1989).
- [19] McKibbin, R., Tyvand, P.A. " Anisotropic modelling of thermal convection in multilayered porous media ". *J. Fluid Mech.* 118, 315–339 (1982).
- [20] G. Neale, «Degree of Anisotropy for Fluid Flow and Diffusion (Electrical Conduction) Through An.
- [21] J.F. Epherre, «Critère d'application de la Convection Naturelle dans une Couche Poreuse Anisotrope», *Revue Générale de Thermique*, Vol. 168, pp. 949 - 950, 1975. isotropic Porous Media», *AIChE Journal*, Vol. 23, N°1, pp. 56 - 62, 1977.
- [22] P.A. Tyvand, «Heat Dispersion Effect on Thermal Convection in Anisotropic Porous Media», *Journal of Hydrology*, Vol. 34, N°3-4, pp. 335 - 342, 1977.
- [23] R. McKibbin et P.A. Tyvand, «Anisotropic Modeling of Thermal Convection in Multilayered Porous Media», *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 118, N°1, pp. 315 - 339, 1982.
- [24] J. Ni et C. Beckermann, «Natural Convection in a Vertical Enclosure Filled With Anisotropic Porous Media», *Journal of Heat Transfer*, Vol. 113, N°4, pp. 1033 - 1037, 1991.

## Connaissances de maladies de mains sales et pratiques de l'hygiène de mains dans les ménages de la zone de santé Tshopo, ville de Kisangani

### [ Knowledge of dirty hand diseases and hand hygiene practices in households in the Tshopo health zone, city of Kisangani ]

*Boande Losangola Gaston<sup>1</sup>, Basandja Longembe Eugene<sup>1</sup>, Ossinga Bassandja Jacques<sup>2</sup>, Iseayembele Bosalo Raphael<sup>1</sup>, Olonga Atike Rachel<sup>1</sup>, Mokoto Lokoni Véronique<sup>1</sup>, Panda Kitronza John<sup>1</sup>, and Losimba Likwela Joris<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Département de Santé Publique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Département Médecine Interne, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2024 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: Introduction:** The aim of this study was to determine mothers' level of knowledge about dirty hand diseases and the practice of hand hygiene in the Tshopo health zone.

**Methods:** A descriptive cross-sectional study was carried out among 200 mothers/caregivers selected by a three-stage cluster sampling technique, in the Tshopo health zone, using a structured questionnaire. Descriptive statistics were based on proportions, mean and confidence intervals.

**Results:** The most frequently cited dirty-hand diseases were diarrhea (55%), typhoid fever (48%) and amoebiasis (41%). Inadequate hand hygiene (71.5%), soiled food (34%) and unsanitary water (21%) were the most frequently cited contamination routes. Hand hygiene was the best-known measure for preventing dirty hands (71%), and the most frequently cited times for practicing hand hygiene were before eating (77.5%) and after using the toilet (71%). Hand hygiene was most frequently observed before eating (66.5%) and after using the toilet (49%). Hand-washing facilities were close to toilets in 37% of cases.

**Conclusion:** The knowledge of diseases of dirty hands and means of prevention is incomplete but that of hand hygiene as a means of prevention of these diseases is satisfactory. Raising awareness, the availability of washbasins, water and soap near the toilets are actions to be reinforced.

**KEYWORDS:** Knowledge, prevention, practices, hygiene, diseases, dirty hands, Tshopo.

**RESUME: Introduction:** Cette étude poursuit comme objectif de déterminer le niveau de connaissance des mères sur les maladies de mains sales et la pratique de l'hygiène de mains dans la zone de santé de la Tshopo.

**Méthodes:** Une étude transversale descriptive était conduite auprès de 200 mères/gardiennes sélectionnées par la technique d'échantillonnage en grappe à trois niveaux, dans la zone de santé de la Tshopo à l'aide d'un questionnaire structuré. Les statistiques de description ont sur les proportions, moyenne et les intervalles de confiance.

**Résultats:** Les maladies de mains sales les plus citées étaient la diarrhée (55%), la fièvre typhoïde (48%) et l'amibiase (41%). Les voies de contamination citées étaient l'insuffisance d'hygiène de mains (71,5%), les aliments souillés (34%) et l'eau insalubre (21%). L'hygiène des mains était la mesure de prévention des maladies de mains sales la plus connue (71%) et les moments de pratique de l'hygiène de mains les plus cités étaient avant de manger (77,5%) et après avoir été à la toilette (71%). L'hygiène de mains était plus observée avant de manger (66,5%) et après avoir été à la toilette (49%). Les dispositifs de lavage de mains étaient à proximité de toilettes dans 37% de cas.

**Conclusion:** La connaissance de maladies de mains sales et de moyens de prévention est lacunaire mais celle de l'hygiène de mains comme moyen de prévention de ces maladies est satisfaisante. La sensibilisation, la disponibilité de lave-mains, de l'eau et du savon à proximité des toilettes sont des actions à renforcer.

**MOTS-CLEFS:** Connaissance, prévention, pratiques, hygiène, maladies, mains sales, Tshopo.

## **1 INTRODUCTION**

Le problème demeurant primordial est le péril fécal, la pollution diffuse par les excréta humains et animaux, cause d'un flux ininterrompu de maladies diarrhéiques d'origines diverses: microbiennes, virales et parasitaires. Il est évoqué jusqu'à 600 millions de cas de gastroentérites soit incapacitantes, invalidantes ou mortelles par jour dans le monde [1]. La maladie de main sales c'est une maladie qui se contracte par la voie digestive, dont la choléra et certaines maladies diarrhéiques et qui pouvant conduire à la mort [2].

La saison de pluie est propice à la réapparition de plusieurs maladies qu'on appelle couramment les maladies de main sales. Ce sont le choléra, la diarrhée ou encore la fièvre typhoïde qui sont très fréquentes en cette période Juvénal [3].

Selon les statistiques de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), chaque année dans le monde, plus de 3,5 millions de décès sont dus à des maladies liées à la diarrhée et à la pneumonie. 80% des microbes se transmettent en effet par les mains soit par le contact direct avec les autres personnes soit en touchant des objets et des surfaces contaminées puis en portant la main au visage (bouche, yeux, nez). Cette tendance reste prévalant surtout non seulement par le manque des services hygiéniques adéquats et fonctionnels, mais aussi par le manque d'une bonne prise en charge [4].

En 2012, environ 502 000 décès dus à la diarrhée étaient causés par le manque d'eau potable [5]. Le stockage peu hygiénique d'eau et des pratiques de manipulation étaient fortement corrélés avec la contamination microbienne des échantillons d'eau [6].

Dans les pays en voie de développement, 5.000 enfants de moins de cinq ans décèdent chaque année des suites d'une maladie diarrhéique due à l'utilisation d'eaux contaminées... Alors que le "remède" est connu et simple à mettre en œuvre: se laver les mains après avoir été aux toilettes ou avant de manger. Le lavage des mains au savon est le moyen le plus efficace et le moins coûteux de prévenir les maladies diarrhéiques et les pneumonies. Malgré l'attention mondiale portée à l'hygiène des mains, beaucoup de personnes dans le monde n'ont toujours pas accès au savon et à l'eau. Par exemple, dans les pays africains, seul un ménage sur quatre environ dispose de commodités pour le lavage des mains à l'eau et au savon [7].

L'OMS estime que 94 % des épisodes diarrhéiques sont évitables moyennant des modifications de l'environnement, notamment par des interventions destinées à accroître l'offre d'eau propre et à améliorer l'hygiène et l'assainissement [8].

Près de 60% des décès dus à la diarrhée dans le monde sont imputables à une eau de boisson insalubre et à une hygiène médiocre. Se laver les mains avec du savon peut à lui seul réduire le risque de diarrhée d'au moins 40% et réduire considérablement le risque d'infections respiratoires [9]. Au cours d'une étude menée à Bamako, 52% de ménages ne disposaient de points de lavage de mains sous forme de robinet, en milieu urbain, contre 47,7% en milieu rural [10].

En République Démocratique du Congo, 57,2% des ménages disposaient d'une installation de lavage de mains contre 19,3% au niveau de la province de la Tshopo; dans 21,5% de ménages au niveau national, l'installation de lavage de mains avec de l'eau et du savon contre 6,4% au niveau de la province de la Tshopo selon l'enquête MICS Palu en 2018 [9]. L'objectif de cette étude est décrire les connaissances des mères sur les maladies de mains sales et la pratique de l'hygiène de mains.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 MATÉRIEL**

Cette étude s'est déroulée dans la zone de sante de la Tshopo qui est l'une de cinq zones de santé de la ville de Kisangani, province de la Tshopo, en République démocratique du Congo. Elle a concerné tous les ménages dont les répondants étaient les mères/gardiennes d'enfants de moins de 5 ans.

### **2.2 MÉTHODES**

#### **2.2.1 TYPE ET PÉRIODE D'ÉTUDE**

Notre étude était du type transversal à visée descriptive qui s'est déroulée ce-dans les ménages de la zone de santé de la Tshopo, durant le 15 juin au 15 juillet 2023.

#### **2.2.2 ÉCHANTILLONNAGE**

##### **2.2.2.1 TAILLE D'ÉCHANTILLON**

La taille de l'échantillon a été calculée en utilisant la formule suivante de LUNCH:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré  $p$  comme la proportion des ménages avec dispositif de lavage de main avec de l'eau et du savon estimée à 6,4% au niveau de la province de la Tshopo selon l'enquête MICS-Palu en 2018 [9], avec le coefficient  $Z=1,96$ , le degré d'erreur à 0,05, effet de grappe de 2 et un taux anticipé de non réponse de 10%, la taille de notre échantillon était de 202 sujets.

$n$  = Cet échantillon était réparti dans 5 Aires de Santé soit 40 ménages. Le ménage éligible était celui qui comptait au moins un enfant de moins de 5 ans.

#### 2.2.2.2 TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE

Nous avons utilisé la technique d'échantillonnage en grappe à plusieurs degrés qui était réalisée de la manière suivante:

- ✓ **Au premier degré:** nous avons établi la liste nominative de toute les aires de santé et ensuite le tirage aléatoire simple, sans remise, de cinq de Aires de Santé;
- ✓ **Au deuxième degré:** dans chaque aire de santé sélectionnée, nous avons choisi au hasard 2 avenues;
- ✓ **Au troisième degré:** sur chaque avenue, nous avons tiré 20 ménages par la technique d'échantillonnage systématique après relevé des ménages

Sur chaque avenue, nous avons enregistré tous les ménages sur base de relevés parcellaires (N); ensuite nous avons calculé le pas de sondage (k) en divisant N par 20 (le nombre de ménages retenu par avenue).

Enfin, nous avons tiré de manière aléatoire simple un chiffre compris entre 1 et k, ce qui correspond au premier ménage à enquêter, auquel nous avons ajouté progressivement le pas de sondage.

#### 2.2.2.3 CRITÈRES D'INCLUSIONS

Etait incluse dans cette étude toute mère/gardienne d'un enfant âgé de moins de 5 ans résidant dans les aires de santé et avenues sélectionnées dans la zone de la santé de la Tshopo et ayant accepté de répondre à notre questionnaire.

#### 2.2.3 TECHNIQUE ET OUTIL DE COLLECTE DES DONNEES

Pour collecter les données, nous avons procédé par la technique d'interview à l'aide d'un questionnaire préalablement élaboré et qui était administré aux mères/gardiennes d'enfants de moins de 5 ans.

#### 2.2.4 TRAITEMENT ET ANALYSES DES DONNÉES

Les données collectées étaient saisies sur Excel puis exportées sur STATA 13 pour les analyses. Les statistiques de réduction avaient porté sur les proportions et les intervalles de confiance pour variables qualitatives et la moyenne  $\pm$ DS pour les variables quantitatives à distribution symétrique.

#### 2.2.5 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Cette étude s'était déroulée avec l'accord des autorités administratives et sanitaires locales de la zone de santé de la Tshopo. La participation à l'étude était volontaire moyennant le consentement libre éclairé. L'analyse et le traitement des données étaient faites dans l'anonymat.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES

Sur les 200 sur 202 sujets ont été enquêtés dans cette étude, soit un taux de 99,0% de réponses.

**Tableau 1.** Répartition des enquêtés selon l'âge, le niveau d'étude, le statut matrimonial et la profession

| Variables                                                          | Modalités                         | Effectif (%) |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| <b>Age (n=200)</b>                                                 | <b>Moyenne (DS) 31,14 (±11,2)</b> |              |
|                                                                    | 14 à 25 ans                       | 67 (35,5)    |
|                                                                    | 26 à 35 ans                       | 72 (36,0)    |
|                                                                    | 36 à 45 ans                       | 38 (19,0)    |
|                                                                    | 46 ans et plus                    | 23 (11,5)    |
| <b>Niveau d'étude (n=200)</b>                                      | Aucun                             | 3 (1,5)      |
|                                                                    | Primaire                          | 16 (8,0)     |
|                                                                    | Secondaire                        | 106 (52,0)   |
|                                                                    | Supérieur et/ou universitaire     | 75 (37,5)    |
| <b>Statut Matrimonial (n=200)</b>                                  | Célibataire                       | 49 (24,5)    |
|                                                                    | Marié                             | 125 (62,5)   |
|                                                                    | Divorcée                          | 13 (6,5)     |
|                                                                    | Veuf/veuve                        | 13 (6,5)     |
|                                                                    | Fonctionnaires de l'Etat/Privé    | 54 (27,0)    |
|                                                                    | Commerçants                       | 50 (25,0)    |
| <b>Profession des Chefs de ménages (n=200)</b>                     | Cultivateurs                      | 28 (6,5)     |
|                                                                    | Sans emploi                       | 13 (6,5)     |
|                                                                    | Autres professions                | 54 (27,0)    |
| <b>Nombre de personnes dans les ménages (n=200)</b>                | Moyenne (DS) 7,17 (3,04)          |              |
| <b>Nombre d'enfants de moins de 5 ans dans les ménages (n=200)</b> | Moyenne (DS) 1,1 (±0,9)           |              |

L'âge moyen de nos enquêtées était de 31, 14 ±11,24 ans; la tranche d'âge dominante était de 25 à 35 ans. Le niveau d'étude secondaire était dominant (52%); les mariées étaient plus représentées (62,5%) et la profession dominante des chefs de ménages était fonctionnaires de l'Etat/privé (27%).

### 3.2 CONNAISSANCES SUR LES MALADIES DE MAINS SALES

**Tableau 2.** Répartition des enquêtés selon les informations, sources d'information, modes transmission et les maladies de mains sales courantes

| Variables                                                     | Modalités (n=200)               | Effectif (%) |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|
| <b>Ayant entendu parler de maladies De mains sales</b>        | Oui                             | 168 (84)     |
|                                                               | Non                             | 32 (16)      |
| <b>Sources d'informations</b>                                 | Radio                           | 45 (22,5)    |
|                                                               | Télévision                      | 95 (47,5)    |
|                                                               | Centre de santé/hôpital         | 91 (45,5)    |
|                                                               | Relais communautaire            | 32 (16)      |
|                                                               | Autres sources                  | 49 (24,5)    |
|                                                               | Les aliments souillés           | 68 (34)      |
| <b>Voies de transmission des maladies de mains sales</b>      | Eau non potable                 | 42 (21)      |
|                                                               | Insuffisance d'hygiène de mains | 143 (71,5)   |
|                                                               | Autres                          | 17 (8,5)     |
|                                                               | Diarrhée                        | 110 (55)     |
|                                                               | Cholera                         | 19 (9,5)     |
|                                                               | Fièvre typhoïde                 | 96 (48)      |
| <b>Les maladies de mains sales les plus courantes connues</b> | Ascaridiose                     | 50 (25)      |
|                                                               | Ankylostomiase                  | 11 (5,5)     |
|                                                               | Amibiase                        | 82 (41)      |
|                                                               | Dysenterie                      | 6 (3)        |

La majorité des enquêtés (84%) avaient entendu parler de maladies de mains sales dont les canaux de communication les plus cités étaient la télévision (47,5%) et le centre de santé/hôpital (45,5%). Les voies de contamination de maladies de mains sales les plus citées

étaient le manque d'hygiène de mains (71,5%), les aliments souillés (34%) et l'eau non potable (24%). Les maladies de mains sales les plus citées étaient la diarrhée (à 55%), la fièvre typhoïde (à 48%), l'amibiase (à 41%) et l'ascaridiose (à 25%).

**Tableau 3.** Répartition des enquêtés selon les mesures préventives des maladies de mains sales et les moments critiques de pratique de l'hygiène des mains

| Variables                                         | Modalités (n=200)             | Effectif (%) |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Mesures de prévention des maladies de mains sales | Lavage des mains              | 162 (81)     |
|                                                   | Hygiène individuelle          | 29 (14,5)    |
|                                                   | Eau potable                   | 13 (6,5)     |
|                                                   | Hygiène alimentaire           | 54 (27)      |
|                                                   | Ne sait pas                   | 13 (6,5)     |
| Moments de lavages de mains                       | Avant de manger               | 155 (77,5)   |
|                                                   | Après avoir mangé             | 58 (29)      |
|                                                   | Après la toilette de l'enfant | 41 (20,5)    |
|                                                   | Après avoir été à la toilette | 142 (71)     |
|                                                   | Avant de préparer             | 19 (9,5)     |
|                                                   | Ne sait pas                   | 8 (4)        |

Le lavage des mains était la mesure de prévention des maladies de mains sales la plus connue (81%) et les moments de pratique de lavage de mains les plus cités étaient « avant de manger » (à 77,5%) et « après avoir été à la toilette » (71%), les autres moments étaient très peu cités.

### 3.3 PRATIQUES SUR L'HYGIÈNE DES MAINS

**Tableau 4.** Répartition des enquêtés selon leurs attitudes et pratique sur les maladies des mains sales

| Variables                                                                 | Modalités                   | Effectif (%) |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Manger sans se laver les mains souvent (n=200)                            | Oui                         | 103 (51,5)   |
|                                                                           | Non                         | 97 (48,5)    |
|                                                                           | Trop pressé                 | 56 (57,7)    |
|                                                                           | Affamé                      | 39 (40,2)    |
| Raisons d'absence de lavage de mains (n=97)                               | Nous mangeons en groupe     | 14 (14,4)    |
|                                                                           | Pas habitué                 | 12 (12,3)    |
|                                                                           | Manque d'eau                | 17 (17,5)    |
|                                                                           | Pour rien                   | 37 (38,1)    |
|                                                                           | Renvoyer se laver les mains | 113 (56,5)   |
| Attitude si l'enfant voulait manger sans se laver les mains (n=200)       | Interdire de manger         | 39 (19,52)   |
|                                                                           | Rien à faire                | 48 (24)      |
| Attitude si l'enfant revenait de toilette sans se laver les mains (n=200) | Renvoyer se laver les mains | 101 (50,5)   |
|                                                                           | Rien à faire                | 99(49,5)     |

Environ la moitié des enquêtées ne se lavait pas souvent les mains avant de manger (48,5%) dont les principales raisons étaient « trop pressées » (57,7%) et « affamé » (40,2%). L'attitude dominante des mères face aux enfants qui veulent manger sans se laver les mains et ceux qui reviennent de toilette sans se laver les mains était « renvoyer pour se laver les mains » (56,5%).

Tableau 5. Pratique de lavage de mains dans les ménages

| Variables                                     | Modalités                  | Effectif (%) | IC 95% |
|-----------------------------------------------|----------------------------|--------------|--------|
| Ménage avec dispositif de lave mains (n=200)  | Oui                        | 97 (48,5)    | 44-55  |
|                                               | Non                        | 103 (51,5)   | 45-58  |
| Disponibilité de l'eau et du savon (n=97)     | Oui                        | 79 (81,4)    | 76-87  |
|                                               | Non                        | 18 (18,6)    | 13-24  |
|                                               | Après la toilette          | 98 (49)      | 42-56  |
|                                               | Après avoir mangé          | 55 (27,5)    | 21-34  |
| Moments critiques de lavage des mains (n=200) | Avant de manger            | 133 (66,5)   | 60-73  |
|                                               | Avant de préparer le repas | 20 (10)      | 6-14   |
|                                               | Ne sait pas                | 26 (13)      | 8-18   |

Le dispositif de lavage de mains était disponible dans 48,5% de ménages, l'eau et le savon y étaient présents dans 81,4% de cas. Le moment de lavage de mains les plus observés étaient « avant de manger » (66,5%) et après avoir été à la toilette mais à des proportions faibles (49%).

Tableau 6. Répartition des ménages selon les sources d'approvisionnement d'eau et types de toilettes utilisée dans les ménages

| Variables                                           | Modalités     | Effectif (%) | IC-95% |
|-----------------------------------------------------|---------------|--------------|--------|
| Disponibilité d'eau dans le ménage (n=200)          | Oui           | 178 (89)     | 85-93  |
|                                                     | Non           | 22 (11)      | 7-15   |
| Types de toilette (n=200)                           | Améliorée     | 129 (64,5)   | 58-71  |
|                                                     | Non améliorée | 71 (35,5)    | 29-42  |
| Toilette avec dispositif de lavage de mains (n=200) | Oui           | 74 (37)      | 30-44  |
|                                                     | Non           | 126 (63)     | 56-70  |
| Disponibilité de l'eau et du savon (n=74)           | Oui           | 68 (91,2)    | 87-95  |
|                                                     | Non           | 6 (8,8)      | 5-13   |

La majorité de ménages utilisait les toilettes améliorées (64,5%) et les dispositifs de lavage de mains manquaient dans la majorité de toilettes (63%).

## 4 DISCUSSIONS

### 4.1 CONNAISSANCES SUR LA MALADIE DE MAIN SALES

Il ressort de nos connaissances sur la maladie des mains sales que la majorité des enquêtés avaient attendus parler de la maladie des mains sales (84,5%), les canaux de sensibilisation les plus cités étaient le Centre de Santé/hôpital (45,5%) et la télévision (47,5%). Les voies de contamination de maladies de mains sales les plus citées étaient le manque d'hygiène de mains (71,5%), les aliments souillés (34%) et l'eau non potable (21%). Les maladies de mains sales les plus citées étaient la diarrhée (55%), la fièvre typhoïde (48%), l'amibiase (41%) et la verminose (30,5%).

Au cours d'une étude menée en **Ethiopie**, la connaissance des mères sur les causes, la transmission et la prévention de la diarrhée dans la zone d'étude était de 37,5% (IC 31%-44%) [11D: \Users\Basandja\Documents\PRIVE\PT 2020\DEA\VERSION FINALE MEMOIRE FEED BACK.docx - \_ENREF\_51]. Cette connaissance était faible par rapport à celle observée dans notre étude en ce qui concerne la connaissance de la voie de contamination. Au **Cameroun**, le niveau de connaissance erronée de technique de lavage de main était associé à la diarrhée dans les ménages [12]. Dans tous les cas, les résultats de toutes ses études concordent les nôtres, en faveur d'un niveau de connaissance de risque sanitaire généralement faible, ce qui traduit une insuffisance de programme de promotion de la santé en faveur des maladies d'origine hydrique.

### 4.2 PREVENTION ET PRATIQUES DE L'HYGIENE DES MAINS

Il ressort de cette étude que le lavage des mains était la mesure de prévention des maladies de mains sales la plus connue (71%) et les moments de pratique de lavage de mains les plus connus étaient avant de manger (77,5%) et après avoir été à la toilette (71%). Dans 48,5% (IC95 44%-55%) des ménages, au moins un dispositif de lavage de main était disponible et l'eau et le savon étaient présents dans

la grande majorité des ménages avec un lave-main (81,4% IC95: 76%-87%). Les moments critiques de lavage de mains les plus observés étaient « avant de manger » (66,5%) et après avoir été à la toilette (49%) mais à des proportions faibles. Les toilettes améliorées étaient utilisées dans 64,5% des ménages (IC 58%-71%) et les dispositifs de lavage étaient à proximité de toilettes dans 37% de cas (IC95 30%-44%). Environ la moitié des enquêtées ne se lavait pas souvent les mains avant de manger (48,5%) dont les principales raisons étaient « *trop pressé* » (57,7%) et « *affamé* » (40,2%). L'attitude dominante des mères face aux enfants qui veulent manger sans se laver les mains et ceux qui reviennent de toilette sans se laver les mains était « renvoyer pour se laver les mains » (50,5%).

Les moments critiques de lavage de mains les plus cités au cours d'une étude menée antérieurement en RDC étaient les mêmes que ceux cités dans notre étude, respectivement de 60% et 75% pour « avant de manger » et « après avoir été à la toilette » [13]. Ces données confirment l'ignorance des autres moments critiques de la pratique de l'hygiène de mains. Moins les moments critiques de pratique de l'hygiène de mains sont connus, moins on peut espérer une bonne attitude et observance de l'hygiène de mains. Au **Cameroun**, le niveau de connaissance erronée de technique de lavage de main était associé à la diarrhée dans les ménages [12].

Quant à la pratique de lavage de mains, les données en rapport avec la présence de dispositif de lavage de mains dans les ménages, trouvées dans cette étude, étaient faibles par rapport à la moyenne nationale (57%) et très élevée par rapport à la situation de la province Tshopo (19%) selon le rapport MICS Palu RDC en 2018 [9]. Au cours d'une étude menée à Bamako, 52% de ménages disposaient de points de lavage de mains sous forme de robinet en milieu urbain contre 47,7% en milieu rural [14], ce qui est comparable à nos données. Aussi, la proximité de lave-main aux toilettes facilite la pratique de l'hygiène des mains après avoir été à la toilette.

L'hygiène des mains prévient la propagation des maladies infectieuses et peuvent sauver des vies humaines. Le rapport de l'OMS & UNICEF a établi en 2021 qu'environ 500 millions de décès chaque année dus aux maladies diarrhéiques et infections respiratoires peuvent être évités grâce à des bonnes pratiques de l'hygiène des mains [15].

Les causes de l'attitude défavorable observée face à la pratique de l'hygiène de main peuvent être explorées dans une approche analytique. Néanmoins, une bonne connaissance du risque sanitaire et la disponibilité de ressources (lave-mains, eau et savon) peuvent contribuer à améliorer l'attitude et les pratiques. Les mères doivent être motivées et encouragées, dans la quête de solution aux problèmes de santé des ménages, de surcroît des enfants, à la promotion des pratiques favorables en rapport avec eau, hygiène et assainissement.

Pour l'évacuation des matières fécales, nos résultats étaient différents de ceux présentés au cours de l'enquête MICS RDC Palu 2018, où la moyenne de la population qui utilisait les toilettes améliorées était de 32,6% au niveau national et de 41,1% au niveau de la province de la Tshopo [9].

Des proportions d'utilisation de toilettes améliorées faible et très faible étaient également observées dans d'autres études. Au Sénégal en milieu rural, 35,8% des répondants disposaient des latrines améliorées [16] et en Afghanistan, 11,9% de ménages seulement disposaient de toilettes améliorées [17]. En Zambie de l'est, les latrines étaient perçues comme contribuant à une bonne hygiène parce qu'elles empêchaient les porcs de manger les excréments humains; cependant les hommes ont exprimé leur réticence à abandonner la pratique de défécation en plein air à cause de tabous liés aux toilettes partagées avec la belle famille et les enfants adultes du sexe séparé [18]. Au cours d'une étude menée dans la province de la Tshopo, il était observé que l'utilisation de toilettes améliorées protégeait contre les maladies diarrhéiques (aor=0,157 IC 95: 0,031-0,79) [19].

## **5 CONCLUSION**

Cette étude a relevé que la connaissance du rôle des mains dans la transmission et le contrôle des infections est satisfaisante mais celle des maladies de mains sales et des moments critiques de l'hygiène de mains restent faibles. L'attitude et l'observance de l'hygiène de mains pendant les moments critiques doivent être renforcées par la disponibilité des points de lavage des mains dans les ménages avec de l'eau et du savon, leur rapprochement des toilettes et la redynamisation des activités de communication.

## **REMERCIEMENTS**

Nous présentons nos sincères remerciements à tous les enquêteurs qui nous ont aidé à la collecte des données dans les ménages.

## REFERENCES

- [1] Monjour E, Vouldoukis I, et Monjour L. De nouvelles stratégies prônées pour la prévention des maladies liées à l'eau de boisson en milieu tropical. *La Houille Blanche*, 2015, vol. 91, no 4, p. 26-29.
- [2] Radio Okapi: Haut Katanga: la population est appelée à observer les mesures d'hygiène pour éviter les maladies de mains sales. Novembre 2019; <https://www.radiookapi.net/2019/10/15/actualite/sante/haut-katanga-la-population-appellee-observer-les-mesures-dhygiene-pour>.
- [3] Fatoumata Chérif, Maladies des mains sales: Plusieurs Facteurs Favorisent Leur Croissance, 2021. <https://earthguinea.org/%EF%BB%bfmaladies-des-mains-sales-plusieurs-facteurs-favorisent-leur-croissance-selon-un-infectiologue/>.
- [4] MediaCongo. Lavage des mains, un mode de vie ou un effet de mode en RDC ? 2021; [https://www.mediacongo.net/article-actualite67077\\_lavage\\_des\\_mains\\_un\\_mode\\_de\\_vie\\_ou\\_un\\_effet\\_de\\_mode\\_en\\_rdc.html](https://www.mediacongo.net/article-actualite67077_lavage_des_mains_un_mode_de_vie_ou_un_effet_de_mode_en_rdc.html).
- [5] Prüss-Ustün A, Bartram J, Clasen T, Colford JM Jr, Cumming O, Curtis V, Bonjour S, Dangour AD, De France J, Fewtrell L, Freeman MC, Gordon B, Hunter PR, Johnston RB, Mathers C, Mäusezahl D, Medlicott K, Neira M, Stocks M, Wolf J, Cairncross S. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Trop Med Int Health*. 2014 Aug; 19 (8): 894-905.
- [6] Shaheed A, Orgill J, Ratana C, Montgomery, MA., Jeuland, MA. «Water quality risks of 'improved' water sources: evidence from Cambodia.» *Tropical Medicine and International Health*. 2014. 19 (2): 186–194.
- [7] Unicef Journée mondiale de lavage des mains 2018. [www.globalhandwashingday.org](http://www.globalhandwashingday.org)
- [8] OMS, Combattre les maladies véhiculées par l'eau; Réseau international pour le traitement et la bonne conservation de l'eau à domicile, 2005.
- [9] Institut National des Statistiques (INS), Enquête par grappes à indicateurs multiples. MICS-Palu RDC, 2018.
- [10] Kaba M. Connaissances, attitudes et pratiques liées au lavage des mains en milieu formel, informel et domestique à Yirimadio en 2009 (commune VI district de Bamako-Mali). *Thèse Université de Bamako*, 2009.
- [11] Merga N et Alemayehu T. Knowledge, perception and management skills of mothers with under-five children about diarrhoeal disease in indigenous and resettlement community in Assosa District, Western Ethiopia. *Health popul Nutr*, 2015 33 (1): p. 20-30.
- [12] A.I.G. Bitá, PM Nkamedjie Pete, B. Chukuwchindun Azik, M. Fotsing, B. Atouba, M. Sanou Sobze, I. Sieleunou. Accès à l'eau potable et l'assainissement, eau et maladies diarrhéiques des enfants dans les ménages de Bamendjou, Cameroun. *Médecine d'Afrique Noire*. Juillet 2017. 64 (07): p. 375-384.
- [13] Ministère du Plan et Suivi de la Mise en œuvre de la Révolution de la Modernité, Ministère de la Santé Publique et ICF International (MPSMRM, MSP et ICF Int). Enquête Démographique et de Santé en République Démocratique du Congo 2013-2014. EDS 2014.
- [14] Sackou KJ, Oga S, Claon S, Bama M, Mbrah Koua D, Houénou Y, Kouakou KL «Conditions d'accès et de stockage de l'eau: enquête dans les ménages en zone périurbaine à Abidjan en 2010.» *Santé Publique*. 2012. 24: 133-142.
- [15] OMS & UNICEF: Situation de l'hygiène des mains dans le monde: Appel à l'action pour faire de l'hygiène des mains une priorité dans les politiques et la pratique. 2021.
- [16] Swiss TPH. Enquête ménage: comportements en matière d'hygiène et d'assainissement et volonté de payer en milieu rural au Sénégal. Institut Tropical et de Santé Publique, 2015. Rapport final 18-11-2015, Banque mondiale.
- [17] AR Aluisio, Z Maroof, D Chandramohan, J Bruce, MI Masher, S Manaseki-Holland et al. Risk Factors Associated with Recurrent Diarrheal Illnesses among Children in Kabul, Afghanistan: A Prospective Cohort Study. *PLOS ONE* DOI: 10.1371/journal.pone.0116342 2015.
- [18] Thys S, Kabemba E.M, Lefèvre P, Dorny P, Marcotty T, Andrew MP et al. Why latrines are not used: communities' perception and practices regarding latrines in a Taenia Solium Endemic Rural Area in Eastern Zambia. *PLOS Neglected Tropical Diseases* | DOI: 10.1371/journal.pntd.0003570 2015.
- [19] Basandja LE, Panda LK and Losimba LJ. Prevalence of diarrhoea in children under 5 years of age and associated factors in the periurban environment of the city of Kisangani, Tshopo province, DRC., *International Journal of Applied Science and Engineering Review (IJASER)*. 2021, 2 (5): 26-37.

## Evaluation de la qualité de l'examen macroscopique en anatomie pathologique: Laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca

### [ Evaluation of the quality of the macroscopic examination in pathological anatomy: Pathological anatomy laboratory of the Ibn Rochd University Hospital of Casablanca ]

*Mohamed Belcaid<sup>1,2</sup>, Oussama Aazzane<sup>1,2</sup>, Nadia Anibat<sup>1,2</sup>, Abderahman Mellouki<sup>2</sup>, Fatima Zahra Bakhtaoui<sup>2</sup>, Saida Stitou<sup>2</sup>, Abdeljalil Rezzaki<sup>2</sup>, Nabil Gaougaoui<sup>3</sup>, and Mehdi Karkouri<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Pathologie Cellulaire et Moléculaire, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II de Casablanca, Morocco

<sup>2</sup>Laboratoire d'Anatomie Pathologique, CHU Ibn Rochd de Casablanca, Morocco

<sup>3</sup>Département de biologie cellulaire et d'histologie, Faculté de médecine et de pharmacie, Université Ibn Zohr, Laayoune, Morocco

---

Copyright © 2024 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:** Macroscopic examination is a description of a tissue sample. This procedure involves observation of the specimen, together with the samples taken. As part of our laboratory's ongoing quality approach, we carried out a study to assess the quality of macroscopic examination in pathological anatomy. The assessment and interviews carried out identified existing good practices and areas for improvement, namely: a lack of space under the fume hood, unsuitable bottles for certain specimens, communication difficulties with surgeons, staff exposure to chemical hazards, particularly formalin, and infectious risks when examining fresh anatomical specimens. The recommendations put forward in this study are aimed at improving this essential technique for accurate anatomical-pathological diagnosis.

**KEYWORDS:** Macroscopic examination, pathological anatomy, quality, the axis of improvement.

**RESUME:** L'examen macroscopique représente une description d'un échantillon tissulaire. Cette procédure englobe une observation de la pièce, accompagnée des prélèvements. Dans le cadre de continuité de la démarche qualité au sein de notre laboratoire, nous avons mené une étude portant sur l'évaluation de la qualité de l'examen macroscopique en anatomie pathologique. L'évaluation et les entretiens effectués ont permis de déceler les bonnes pratiques existantes et des éléments à améliorer à savoir: un manque d'espace sous la hotte, des flacons inadaptés pour certaines pièces, des difficultés de communication avec les chirurgiens, le personnel est exposé à des risques chimiques notamment le formol et à des risques infectieux lors de l'examen des pièces anatomiques fraîches. Les recommandations formulées dans cette étude visent à améliorer cette technique essentielle afin d'établir un diagnostic anatomo-pathologique précis.

**MOTS-CLEFS:** Examen macroscopique, anatomie pathologique, qualité, sécurité, axes d'amélioration.

## 1 INTRODUCTION

Le laboratoire d'anatomie pathologique joue un rôle essentiel dans le diagnostic, le pronostic et le suivi des cancers et d'autres états pathologiques. Il s'acquitte de ce rôle en menant l'examen macroscopique, microscopique et moléculaire de pièces, de biopsie ou de tissus prélevés [1]. Les exigences spécifiques concernant la qualité, l'hygiène et la sécurité [2, 3, 4] sont appliquées à toutes les étapes d'une analyse de laboratoire. Ceci permet de gérer et d'améliorer en permanence les processus et les activités afin de garantir la qualité des examens et de protéger la santé et la sécurité du personnel.

Une étape essentielle dans la chaîne de l'examen anatomopathologiste réside dans la technique macroscopique. En effet, le rôle crucial de l'analyse macroscopique se révèle lors de l'étude d'un échantillon prélevé. Ce processus implique une description détaillée de la pièce et des

lésions, ainsi que la réalisation de prélèvements appropriés. Son importance est particulièrement marquée dans les cas impliquant des lésions tumorales, car elle permet de déterminer le stade pTNM. Les résultats obtenus lors de l'examen macroscopique sont associés aux observations microscopiques pour établir des corrélations anatomochirurgicales et radiologiques, essentielles pour parvenir au diagnostic final. Une description détaillée et minutieuse lors de l'examen macroscopique contribuera à obtenir un résultat précis et juste [5].

En ce qui concerne la mise en œuvre des bonnes pratiques d'hygiène et de sécurité lors de l'examen macroscopique, cela s'intègre parfaitement dans la démarche qualité des laboratoires d'anatomie pathologique. Cette approche vise à garantir à la fois la sécurité du personnel, la qualité des conditions de travail et la satisfaction des prestations offertes [2, 3, 4].

L'objectif de notre étude consiste à évaluer la qualité de l'examen macroscopique, ainsi que les risques qui y sont liés et de proposer des mesures correctrices.

## **2 MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **2.1 LIEU DE L'ÉTUDE**

Laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca.

### **2.2 AUDIT INTERNE DU BON PRATIQUE EN MACROSCOPIE**

En macroscopie, les facteurs suivants peuvent avoir une influence sur la qualité de cet examen: la qualité du prélèvement, les conditions et délais d'acheminement, les durées d'ischémie froide, la fixation et l'examen macroscopique des pièces opératoires. L'évaluation des activités de ce processus (examen macroscopique) grâce à une grille d'observation pour vérifier l'application des bonnes pratiques en macroscopie et afin d'identifier les points forts à consolider et les domaines à améliorer. En outre, pour collecter les données, nous avons mené des entretiens avec les médecins pathologistes et le personnel concerné sur les conditions d'examen macroscopique et les mesures d'hygiène et de sécurité adoptées.

### **2.3 ANALYSE DES RISQUES**

Après avoir identifié à la fois les risques liés au processus (examen macroscopique) et ceux liés aux mesures d'hygiène et de sécurité appliquées à la salle de macroscopie, nous avons d'abord adopté la méthode des 5M (Matériel, Milieu, Méthode, Main d'œuvre, Matériel). L'objectif était de repérer tous les facteurs pouvant influencer, de manière positive ou négative, la qualité du résultat de l'examen macroscopique. Ensuite, nous avons procédé à l'analyse des modes de défaillances et de leurs effets (AMDE) pour évaluer les risques identifiés.

### **2.4 AXES D'AMÉLIORATION**

À la suite de notre étude, plusieurs mesures d'amélioration ont été proposées.

## **3 RÉSULTATS**

### **3.1 PRÉSENTATION DU SERVICE D'ANATOMIE PATHOLOGIQUE**

#### **➤ Ressources humaines**

L'effectif du personnel du service est de 52: le personnel médical est de 3 professeurs d'enseignements supérieures, 1 professeur agrégé, 2 professeurs assistants et 22 résidents; le personnel paramédical 20 et les adjoints techniques 4.

#### **➤ Activités réalisées durant l'année 2022**

- Prélèvements reçus en moyenne par mois durant l'année 2022 :

Pièces opératoires (518); Biopsie (975); Cytologie (194);

- Principaux actes réalisés en moyenne par mois durant l'année 2022 :

Demandes d'examen extemporané (50); demandes d'immunohistochimie (2498); demandes d'Immunofluorescence (260); demandes de Coloration spéciale (220); demandes de Biologie moléculaire (55).

- *Quantités annuelles de déchets solides et liquides générés par le laboratoire en 2022:* Déchets ménager (7483,45 KG); déchets à risque (2267,4 KG); déchets liquides (2307,2 L)

### 3.2 RESULTAT DE L'AUDIT DE L'EXAMEN MACROSCOPIQUE

Le diagnostic a été réalisé en effectuant un audit conformément aux exigences normatives et réglementaires, dans le but de déceler les bonnes pratiques existantes et les éléments à renforcer ou à mettre en place.

Tableau 1. Check-list des bonnes pratiques de macroscopie

| Eléments à évaluer                                                                                             | Constat                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etat de la salle de macro                                                                                      | Manque d'espace<br>Salle encombrée par de grosses poubelles                                                                                                 |
| Formation sur les risques professionnels                                                                       | Besoin en formation sur les risques professionnels                                                                                                          |
| Port des équipements de protection individuelle                                                                | Pas de port de lunettes, masques non appropriés                                                                                                             |
| La table de macroscopie                                                                                        | Puissance d'aspiration n'est pas contrôlée ; Espace sous la hotte est insuffisante ; Une seule table est insuffisante                                       |
| Réception des prélèvements                                                                                     | Risques d'exposition infectieux et chimiques (flacon non étanche)                                                                                           |
| Identitovigilance                                                                                              | Vérification systématique de l'identité                                                                                                                     |
| Une feuille de route accompagne continuellement l'échantillon.                                                 | Une feuille de route accompagne l'échantillon, sur cette feuille apparaissent les observations, les détails techniques et l'identification des intervenants |
| Communication                                                                                                  | Communication entre pathologistes/services cliniques et médecins prescripteurs n'est pas toujours disponible.                                               |
| Echantillon placé dans un volume adéquat de liquide <u>fixateur</u> avec un <u>temps</u> de fixation approprié | Volume de liquide fixateur souvent insuffisant                                                                                                              |
| Vérification du nombre de spécimen histologique et la quantité de cassettes préparées                          | La vérification est respectée                                                                                                                               |
| Les cassettes sont clairement étiquetées                                                                       | L'étiquetage est respecté                                                                                                                                   |
| Le reste tissulaire est conservé pendant une durée déterminée dans le but d'un nouvel échantillonnage          | La conservation du reste tissulaire est respectée                                                                                                           |
| Exposition au risque infectieux                                                                                | Risque infectieux potentiel en manipulant les pièces opératoires fraîches                                                                                   |
| Exposition au risque chimique                                                                                  | Exposition au formol.                                                                                                                                       |
| Nettoyage et désinfection de la table de macro et des paillasses                                               | Nettoyage et désinfection respecté                                                                                                                          |
| Collecte et évacuation des déchets                                                                             | Poubelles non adaptées, notamment pour se débarrasser de certains déchets                                                                                   |

Les entretiens effectués avec les pathologistes ont permis de soulever les remarques suivantes: Lors de la réception des prélèvements au sein du service d'anatomie pathologique, la première étape consiste à vérifier la conformité du prélèvement, notamment en s'assurant que le nombre de prélèvements indiqués sur la feuille de demande d'examen correspond bien au nombre de prélèvements reçus. Avant d'entamer la macroscopie, il y a une étape préalable appelée "pré-macroscopie" qui se déroule la veille. Pendant cette phase, on établit la liste des pièces, on prépare les cassettes et les pièces. Cependant, certaines difficultés peuvent être rencontrées durant cette étape, telles que: En ce qui concerne l'élaboration de la liste des pièces, Il est essentiel de disposer de toutes les informations cliniques pertinentes, notamment les antécédents pathologiques et oncologiques, les données endoscopiques, le diagnostic préopératoire s'il est disponible, ainsi que la présence ou l'absence d'un traitement néoadjuvant. Malheureusement, dans certains cas, ces informations peuvent faire défaut, par exemple lorsque le geste est mentionné sans préciser le motif, comme le sein post-chimio ou non.

Quant à la préparation des cassettes, Il est impératif d'éviter toute erreur à cette étape. Le grand nombre de pièces à traiter peut entraîner une fatigue, une diminution de la concentration et accroître le risque de commettre une erreur. De plus, le manque d'espace peut conduire au mélange des cassettes et à une qualité d'écriture moins bonne.

En ce qui concerne la préparation des échantillons, Il arrive souvent que la macroscopie du jour prenne du retard, ce qui oblige les pathologistes à ne pas préparer la pièce sous la hotte en raison du manque d'espace, entraînant ainsi une exposition accrue au formol.

Lors de l'examen macroscopique, plusieurs dysfonctionnements ont été identifiés, notamment: un manque d'espace sous la hotte, des flacons inadaptés pour certaines pièces, une accumulation importante de pièces en raison des retards de livraison par les brancardiers, entraînant épuisement et baisse de concentration. De plus, la réception de pièces autolysées pose problème. Parfois, il y a des difficultés de communication avec les chirurgiens lors d'incidents, tels que des pièces mal orientées. Concernant la sécurité à la salle de la microscopie, le

personnel est exposé à des risques chimiques, notamment liés à l'utilisation du formol, et à des risques biologiques lors de la manipulation de pièces fraîches.

### 3.3 ANALYSE DES RISQUES LIÉS AU PROCESSUS « EXAMEN MACROSCOPIQUE »

En macroscopie, plusieurs facteurs peuvent avoir une influence sur la qualité de cet examen: la qualité du prélèvement, les conditions et délais d'acheminement, les durées d'ischémie froide et de fixation et la macroscopie proprement dit sont autant des conditions qui doivent être maîtrisées.

L'analyse des grandeurs d'influence et modalités de maîtrise a donc concerné toutes ces points. Nous nous sommes appuyés dans un premier temps sur la réalisation d'un diagramme d'Ishikawa (figure 2)

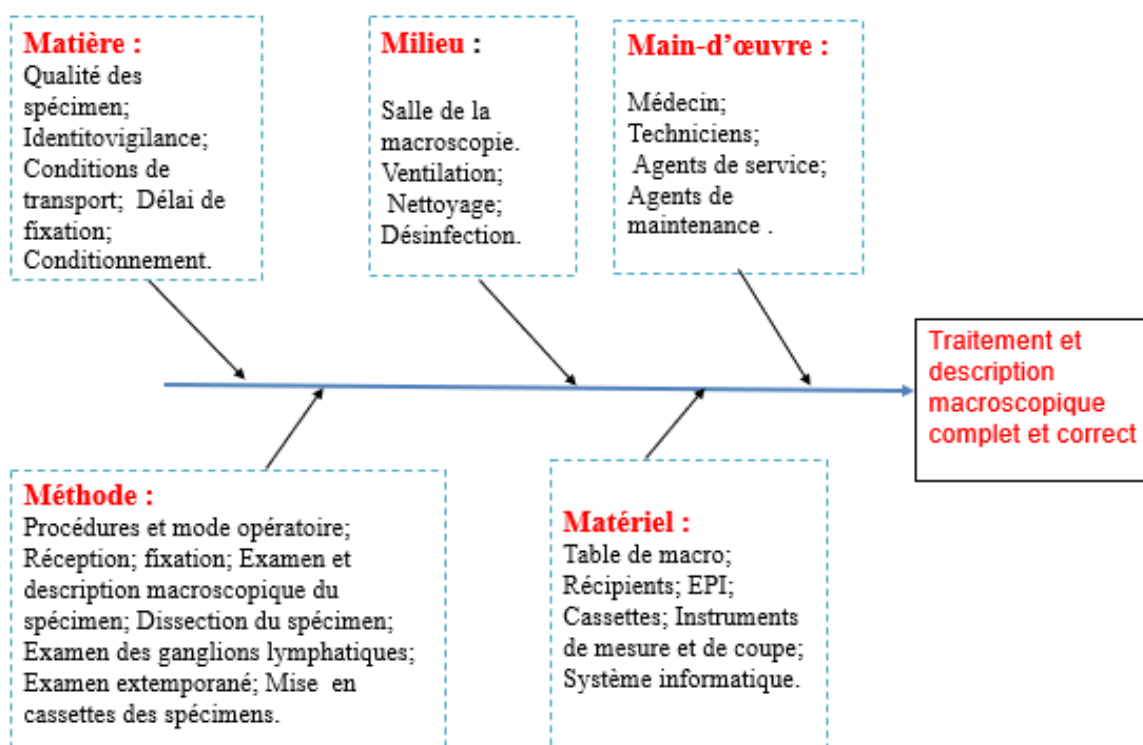


Fig. 1. Diagramme de causes et effets pour la macroscopie

Dans un second temps, ces données ont été reprises de façon plus approfondie, étape par étape, du prélèvement à la macroscopie, en identifiant pour chaque grandeur d'influence les modalités de maîtrise mises en place au laboratoire (Tableau 2).

Tableau 2. Maitrise des risques liés au processus examen macroscopique

| 5M                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Points critiques à maîtriser                                                                                                                                    | Actions de maîtrise                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Matériau (spécimen)</b><br>-Echantillon tissulaire fixé ou non fixé. Sous forme de pièce opératoire nécessitant un examen macroscopique<br>Prétraitement de l'échantillon :<br>-Transport<br>-Réception<br>-Enregistrement<br>-Examen à l'état frais<br>-Fixation<br>-Examen macroscopique | Qualité de l'échantillon (conditionnement, orientation, encrage...)                                                                                             | Echange avec les prescripteurs lors de réunion de concertation pluridisciplinaires (RCP)                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -Conditions de transport<br>-Délai de fixation                                                                                                                  | Respect des conditions de transport (température et conditionnement).<br>Bon de demande d'examen comportant la date et l'heure de fixation.                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Réception :<br>-Identivigilance<br>-Concordance entre le nombre de pots et le nombre d'examen demandés et concordance des numérotations                         | Vérification de la concordance entre le nombre de pots, le nombre d'examen demandés et la numérotation des pots.<br>Identification et maîtrise des non-conformités                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Enregistrement :<br>Risque d'intervertir des prélèvements                                                                                                       | Enregistrement et élaboration d'étiquettes autocollantes avec numérotation automatique                                                                                                        |
| <b>Matériel</b><br>Réactifs et consommables<br>Equipements : exigences métrologiques                                                                                                                                                                                                          | -Maintenance du système informatique<br>-Gestion des stocks de réactifs et consommables<br>-Conservation des réactifs<br>-Maintenances préventives et curatives | -Gestion efficace des réactifs et des consommables (bonne conservation, stock de sécurité.)<br>-Maintenance préventive et curative (fiches de vie des appareils)                              |
| <b>Méthodes</b><br>-Examen des pièces à l'état frais.<br>-Fixation.<br>-Examen et description macroscopique.<br>-Mise en cassette des échantillons.                                                                                                                                           | Examen à l'état frais :<br>-Orientation<br>-Dimension de la pièce<br>-Risque de contamination inter-échantillons                                                | -Ancrage<br>-Mesures (taille, masse, épaisseur)<br>-Nettoyage de la paillasse ou changement de matériel entre chaque spécimen                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Fixation :<br>-Quantité de formol dans le pot du prélèvement et dans le bac du panier à cassettes                                                               | -Vérification du volume de fixateur: le volume du prélèvement et taille du récipient adaptée.<br>-Immersion complète des cassettes dans le bac à cassettes                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -Qualité de la fixation (risque de pièce insuffisamment fixée)                                                                                                  | -Contrôle de la durée de fixation, la date et l'heure de fixation doit être notées sur la feuille de demande d'examen.<br>-Contrôle de la fixation à chaque prise en charge d'un prélèvement. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -Examen macroscopique des pièces opératoires fixés :<br>-Identivigilance                                                                                        | -Vérification de la concordance d'identité et de numérotation lors de la mise en cassette                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -Ciblage et épaisseur des échantillons sélectionnés                                                                                                             | Guide, procédures et fiches de macroscopie des pièces opératoires.                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -Erreur de numérotation des cassettes et/ou perte d'une cassette.                                                                                               | Vérification du nombre de cassettes réalisées pour chaque patient à la fin de la macroscopie.                                                                                                 |
| <b>Main d'œuvre</b><br>Habilitation du personnel                                                                                                                                                                                                                                              | -Formation continue du personnel ;<br>-Suivi des compétences<br>qualification/habilitation                                                                      | Evaluation des pratiques professionnelles                                                                                                                                                     |

### 3.4 ANALYSE DES RISQUES LIES À LA SANTE ET LA SECURITE AU POSTE DE TRAVAIL

Concernant la santé et la sécurité du personnel travaillant dans la salle de macroscopie, les risques sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Maitrise des risques liés à la santé et la sécurité au poste de travail

| Mode de défaillance                                                                                                                                                                                       | Impact ou effet                                                                                                                                                                  | Actions de maîtrise                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Insuffisance en formation à l'hygiène et à la sécurité du personnel                                                                                                                                       | Mesures d'hygiène et de sécurité prises                                                                                                                                          | Formation et information du personnel sur l'hygiène et la sécurité au poste de travail                                                                                                                                                                                                                          |
| Protection individuelle limitée au port de la blouse et de gants à usage unique et des masques non adapté                                                                                                 | Exposition aux risques infectieux et chimiques                                                                                                                                   | Respect du port des équipements de protection individuelle                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Manipulation des pièces fraîches et des produits chimiques dangereux                                                                                                                                      | Exposition aux risques infectieux et chimiques                                                                                                                                   | Bonnes pratiques de manipulation des produits biologiques et chimiques dangereux en respectant les conditions de protection                                                                                                                                                                                     |
| Accident d'exposition au sang et au produits biologiques et chimiques                                                                                                                                     | Risque infectieux ; Risque chimique                                                                                                                                              | Matériel de premier secours à disposition et prise en charge rapide en cas d'exposition aux AES et aux produits chimiques dangereux                                                                                                                                                                             |
| Défaut d'affichage des consignes de sécurité                                                                                                                                                              | Méconnaissance des données de sécurité sur les produits utilisés                                                                                                                 | Affichage des protocoles et des consignes de sécurité et respect des consignes des FDS                                                                                                                                                                                                                          |
| Concentration du formol dans la salle de macroscopie.                                                                                                                                                     | L'augmentation de la concentration des produits chimique dans l'air.                                                                                                             | Installer une autre table de macroscopie qui répond aux normes.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Le déconditionnement des échantillons fixés ne se fait pas toujours sous la hotte.                                                                                                                        | Inhalation de grandes quantités de formol, intoxication et risques accrus de cancers.                                                                                            | Toujours manipuler les prélèvements sous la hotte et mettre les bavettes/masques adéquats.                                                                                                                                                                                                                      |
| L'absence de tiroirs ventilés pour les pièces fixées.                                                                                                                                                     | Encombrement des flacons et dégagement des odeurs de formol toxique.                                                                                                             | Installer des tiroirs de rangement ventilés.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| L'entretien de la hotte et le changement des filtres ne se font pas d'une manière régulière.                                                                                                              | Pollution du milieu de travail.                                                                                                                                                  | Faire appeler la société à chaque fois qu'on a une anomalie et éviter le bricolage (changer pour une société soucieuse du respect des normes avec un calendrier d'entretien préétabli)                                                                                                                          |
| Les bavettes/masques ne sont pas adaptés aux produits chimiques utilisés.                                                                                                                                 | Des bavettes ordinaires qui laissent passer le formol.                                                                                                                           | Faire acheter des masques spéciaux conformes.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| La préparation du formol se fait d'une manière manuel classique.                                                                                                                                          | Risques accrus de renversements pendant la préparation du formol. Cette méthode dégage beaucoup de gaz toxiques.                                                                 | Toujours respectez les précautions déterminées par le fabricant avant d'utiliser le formol et les produits chimiques en générale. Privilégier l'achat de formol dans des petits flacons plus adaptés à l'utilisation. Installer un système de pompage pour la préparation et la dilution automatique du formol. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage/désinfection de la table de macro, des paillasse et de la salle de macro insuffisantes</li> <li>- Prélèvement pour contrôle bactériologique</li> </ul> | Contamination de l'espace de travail                                                                                                                                             | Nettoyage et désinfection de surfaces par l'eau de javel après chaque manipulation de pièces fraîches ou liquide biologique susceptibles de contenir des agents pathogènes et désinfection aérienne périodiques des locaux                                                                                      |
| L'élimination du formol usager dans les égouts (égouts).                                                                                                                                                  | La pollution de l'environnement.                                                                                                                                                 | Respecter les consignes en matière d'élimination des déchets chimiques (triage, collecte, transport) et ne jamais éliminer le formol dans les égouts (égouts).                                                                                                                                                  |
| Elimination des déchets solides et liquides                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Risques d'exposition aux personnes qui génèrent, transportent et éliminent les déchets.</li> <li>Pollution de l'environnement</li> </ul> | Respect des exigences règlementaires et normatives en matière d'élimination des déchets                                                                                                                                                                                                                         |

## 4 DISCUSSION

La phase pré-analytique conditionne la qualité des étapes ultérieures telles que la coloration, l'immunohistochimie et la biologie moléculaire [6, 7]. L'une des techniques clés de cette phase est l'examen macroscopique, qui joue un rôle crucial dans l'approche globale de la qualité et qui exige une maîtrise rigoureuse.

La macroscopie englobe deux étapes essentielles: l'étape pré-macroscopique et l'étape macroscopique. Ces étapes englobent toutes les actions effectuées entre le prélèvement de la pièce opératoire et le début de la réalisation de l'examen macroscopique. Elles présentent des défis en termes de maîtrise, principalement en raison de l'intervention de divers facteurs, parmi ceux-ci, on peut notamment évoquer la qualité de l'échantillon, qui dépend du conditionnement, de l'orientation et de l'encrage appropriés. L'identitovigilance est également un aspect crucial à considérer, tout comme les conditions de transport, la concordance entre le nombre de pots d'échantillons et le nombre d'examens demandés. Il est également essentiel de veiller à la concordance des numérotations, de l'orientation, de la dimension de la pièce, du ciblage et de l'épaisseur des échantillons sélectionnés [8].

Le personnel responsable de la fixation doit recevoir une formation adéquate et être conscient de l'importance du rapport volume de fixateur par apport à la pièce opératoire et des méthodes de fixation [9]. En outre, Il est recommandé de réduire autant que possible la durée d'ischémie froide des prélèvements. L'ischémie froide est le temps écoulé entre l'extraction du prélèvement tissulaire du corps humain et sa mise en contact avec le fixateur. Un délai de fixation dépassant 1 heure a un impact significatif sur la détection des marqueurs immunohistochimiques, cela a été largement démontré pour les récepteurs hormonaux et HER2 dans les cancers du sein [9, 10].

En ce qui concerne l'hygiène et la sécurité à la salle de la macroscopie, il est capital de respecter les mesures de protection lors de la manipulation des pièces opératoires à l'état frais ainsi que des produits chimiques dangereux. Selon la littérature, le port obligatoire d'équipements de protection individuelle tels que la blouse, la surblouse, les gants conformes, les lunettes de protection ou la visière, et le masque adéquat, ainsi que la mise en place de mesures d'hygiène efficaces au poste de travail et au local de la macroscopie, sont indispensables pour garantir la sécurité et la santé au travail [11].

En effet, le risque d'exposition aux accidents exposant au sang et aux projections biologiques (AES) est fréquent en macroscopie. Une étude réalisée par Frieztzsche et al., a révélé qu'environ 82,8 % des pathologistes avaient subi au moins une blessure au cours de leur carrière [12]. Les AES sont particulièrement fréquents lorsque les bonnes pratiques ne sont pas respectées, ce qui met en danger la santé du personnel en raison du risque de contamination infectieuse [13, 14].

Dans la salle de macroscopie, le personnel est fréquemment exposé au danger du formaldéhyde, une substance volatile reconnue comme cancérigène par le CIRC depuis 2004 [15], Notre étude a révélé que les pathologistes travaillent sous des hottes d'aspiration moins puissante. De même, pour répondre à la demande élevée d'examens, l'installation d'un deuxième poste de macroscopie avec une hotte d'aspiration conforme est nécessaire.

Concernant la signalisation et l'affichage des consignes de sécurité, nous avons constaté un manque d'affichage concernant l'utilisation du formaldéhyde et d'autres produits chimiques dangereux. Pourtant, la littérature a souligné l'importance de l'affichage des règles de sécurité et des Fiches de Données de Sécurité (FDS) dans un laboratoire [16, 17]. La manipulation de différents types de produits doit se faire avec toutes les précautions nécessaires pour garantir la sécurité du personnel et de l'environnement

En ce qui concerne la gestion des déchets générés dans la salle de macroscopie, l'élimination des déchets à risque infectieux et chimique doit respecter les mesures d'hygiène dès leur génération jusqu'à leur évacuation finale, afin d'assurer la sécurité de tous les intervenants ainsi que de l'environnement [18, 19, 20].

## 5 MESURES D'AMÉLIORATION

Suite aux résultats précédents, nous avons proposé des mesures d'amélioration axés sur les recommandations suivantes:

- Garantir le respect des conditions de transport, de température et de conditionnement
- Exiger une feuille de demande d'examen anatomo-pathologique précis, incluant la date et l'heure du prélèvement ainsi que la date et l'heure de fixation
- Assurer la vérification rigoureuse de la concordance entre le nom du patient, le nombre de pots, le nombre d'examens demandés et la numérotation des pots, à toutes les étapes du processus
- Garantir une communication continue entre les chirurgiens et les pathologistes, ainsi qu'entre le laboratoire et les services cliniques
- Identifier et maîtriser les non-conformités
- Appliquer un protocole de nettoyage de la paillasse et de changement de matériel entre chaque spécimen
- Contrôler le volume de formol utilisé et la durée de fixation des pièces opératoires
- Vérifier l'exactitude de l'identité et de la numérotation lors de la mise en cassette
- Effectuer un décompte des cassettes réalisées pour chaque patient à la fin de la macroscopie

- Respecter rigoureusement la marche en avant pour éviter les contaminations croisées
- Diffuser les procédures et les fiches de macroscopie des pièces opératoires
- Former les techniciens de laboratoire à la macroscopie pour aider les pathologistes dans cet examen
- Sensibiliser le personnel aux risques chimiques et biologiques
- Fournir au personnel les équipements de protection individuels, tels que lunettes de protection et masques appropriés
- Mettre en place un système automatique pour la préparation et la dilution du formol
- Installer une autre table de macroscopie équipée d'une hotte d'aspiration efficace
- Mise en place de tiroirs de rangement ventilés pour le stockage optimal des échantillons
- Procéder systématiquement au nettoyage et à la désinfection des surfaces après chaque manipulation de pièces fraîches ou de liquides biologiques potentiellement contaminants, ainsi qu'à des désinfections aériennes périodiques des locaux
- Respect des exigences réglementaires et normatives en matière d'élimination des déchets

## 6 CONCLUSION

L'examen macroscopique joue un rôle fondamental dans l'analyse d'un échantillon tissulaire. Il revêt une importance capitale pour établir un diagnostic précis et faciliter les corrélations entre données anatomiques, chirurgicales et radiologiques. Les recommandations formulées dans cette étude visent à améliorer cette technique essentielle.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à traduire leur gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude. Ils remercient également toutes les personnes ayant contribué à l'amélioration de ce travail.

## REFERENCES

- [1] GUIDE D'ANATOMOPATHOLOGIE 2014, Ordre professionnel des technologistes médicaux du Québec.
- [2] Norme ISO 9001- 2015 relative au système de management de la qualité.
- [3] Norme ISO 15189-2012 spécifie les exigences concernant la qualité et la compétence des laboratoires médicaux.
- [4] Norme ISO 45001-2018 relative à la santé et à la sécurité au travail.
- [5] Blaauwgeers H, Flieder D, Warth A, Harms A, Monkhurst K, Witte B, et al. A prospective study of loose tissue fragments in non-small cell lung cancer resection specimens: an alternative view to «spread through air spaces». *Am J Surg Pathol* 2017; 41: 1226—30].
- [6] Engel KB, Moore HM. Effects of preanalytical variables on the detection of proteins by immunohistochemistry in formalin-fixed, paraffin-embedded tissue. *Arch Pathol Lab Med* 2011; 135: 537—43.
- [7] Bass BP, Engel KB, Greytak SR, et al. A review of preanalytical factors affecting molecular, protein, and morphological analysis of formalin-fixed, paraffin-embedded (FFPE) tissue: how well do you know your FFPE specimen ? *Arch Pathol Lab Med* 2014; 138: 1520—30.
- [8] Radonic T, Dickhoff C, Mino-Kenudson M, Lely R, Paul R, Thunnissen E. Gross handling of pulmonary resection specimen: maintaining the 3-dimensional orientation. *J Thorac Dis* 2019; 11: S37—44).
- [9] Cree IA, Deans Z, Ligtenberg MJL, et al. Guidance for laboratories performing molecular pathology for cancer patients. *J Clin Pathol* 2014; 67: 923—31.
- [10] Bass BP, Engel KB, Greytak SR, et al. A review of preanalytical factors affecting molecular, protein, and morphological analysis of formalin-fixed, paraffin-embedded (FFPE) tissue: how well do you know your FFPE specimen? *Arch Pathol Lab Med* 2014; 138: 1520—30.
- [11] Touche S., Leprince A., Abiteboul D. (2000). Maîtrise des risques infectieux en laboratoires de microbiologie. Dossier médico-technique. 91 TC 89. INRS.2020.
- [12] Fritzsche FR, Ramach C, Soldini D, Caduff R, Tinguely M, Cassoly E, et al. Occupational health risks of pathologists — results from a nationwide online questionnaire in Switzerland. *BMC Public Health* 2012. 12: 1054, <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-12-1054>.
- [13] Tarantola A. Les risques infectieux après accident exposant au sang ou aux liquides biologiques. *Hygienes* 2003.
- [14] Laaraoui et al., Bilan des connaissances, attitudes et pratiques sur l'exposition professionnelle au sang dans les structures de soins, au Maroc. *Médecine et maladies infectieuses* 38. 2008.
- [15] Institut national de recherche et de sécurité. Le point des connaissances sur le formaldéhyde. ED 5032. Paris: INRS. 2008.
- [16] Apatsidou M. et al. Safe use of chemicals by professional users and health care specialists. *Biomédical Reports* (8). 2018.
- [17] Institut national de recherche et de sécurité. Fiches de données de sécurité: INRS. 2022.
- [18] Loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination.
- [19] Décret 2-09-139 relatif à la gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques. 2009.
- [20] Décret 2-07-235 portant classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux.

## La réflexivité: Compétence incontournable pour optimiser l'enseignement des soft skills dans l'enseignement supérieur au Maroc

### [ Reflexivity: An essential skill to optimize the teaching of soft skills in higher education in Morocco ]

*Samira Fadili<sup>1</sup> and Belhaj Laila<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratory of Education, Culture, Arts and Didactics of French Language and Literature (ECADLLF), Faculty of Sciences of Education, Mohammed V University, Rabat, Morocco

<sup>2</sup>Laboratory of Education, Culture, Arts and Didactics of French Language and Literature (ECADLLF), Faculty of Sciences of Education, Mohammed V University, Rabat, Morocco

---

Copyright © 2024 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:** Higher education in Morocco faces a persistent challenge linked to its adaptation to contemporary educational needs, highlighting the need to develop reflexivity among students to promote critical thinking and independent learning. The objective of this study focuses on the pedagogical strategies employed by higher education teachers in various disciplines to teach reflexivity. Through an in-depth survey conducted among a representative sample of teachers working at higher education institutions in Morocco, using semi-structured interviews as the main means of data collection.

The results of this research are analyzed qualitatively to identify emerging trends and best practices in teaching reflexivity. This study makes a significant contribution to the understanding of educational practices aimed at developing reflexivity, offering prospects for educational innovations. The qualitative findings of this research can guide educational policymakers and practitioners towards more effective approaches to promoting reflexivity among students, thereby contributing to an overall improvement of higher education in Morocco.

**KEYWORDS:** Transversal skills, reflexivity of learners, Simulation, Active Pedagogy, hard skills, employability of graduates, higher education.

**RESUME:** L'enseignement supérieur au Maroc est confronté à un défi persistant lié à son adaptation aux besoins éducatifs contemporains, mettant en avant la nécessité de développer la réflexivité chez les étudiants pour favoriser la pensée critique et l'apprentissage autonome. L'objectif de cette étude se concentre sur les stratégies pédagogiques employées par les enseignants du niveau supérieur dans diverses disciplines pour enseigner la réflexivité. À travers une enquête approfondie menée auprès d'un échantillon représentatif d'enseignants exerçant au niveau des institutions de l'enseignement supérieur au Maroc, utilisant des entretiens semi-structurés comme principal moyen de collecte de données.

Les résultats de cette recherche sont analysés qualitativement afin d'identifier les tendances émergentes et les meilleures pratiques dans l'enseignement de la réflexivité. Cette étude apporte une contribution significative à la compréhension des pratiques pédagogiques visant à développer la réflexivité, offrant des perspectives d'innovations pédagogiques. Les conclusions qualitatives de cette recherche peuvent orienter les décideurs éducatifs et les praticiens vers des approches plus efficaces pour promouvoir la réflexivité chez les étudiants, contribuant ainsi à une amélioration globale de l'enseignement supérieur au Maroc.

**MOTS-CLÉS:** Les compétences transversales, réflexivité des apprenants, Simulation, Pédagogie Active, hard skills, l'employabilité des diplômés, enseignement supérieur.

## 1 INTRODUCTION

L'avènement du numérique a engendré des transformations révolutionnaires du monde entier, donnant naissance à une ère de mutation sociétale et économique sans précédent. Dans ce contexte de changement constant, l'acquisition de compétences nouvelles devient impérative pour naviguer dans la complexité croissante de notre réalité sociale et professionnelle. Ces compétences, souvent regroupées sous le terme de

"soft skills", représentent désormais un enjeu majeur dans le paysage professionnel contemporain, suscitant à la fois fascination et questionnements.

Les systèmes éducatifs sont ainsi appelés à intégrer ces compétences transversales dans leurs programmes, visant à former des individus capables de s'adapter et de prospérer dans un environnement dynamique. Cela marque un changement de paradigme significatif, mettant l'accent non seulement sur la transmission de connaissances académiques, mais également sur le développement de compétences favorisant l'apprentissage tout au long de la vie.

À l'échelle mondiale, les leaders de l'éducation et de la formation expriment de plus en plus la nécessité pour les systèmes éducatifs de préparer les apprenants à relever les défis actuels et futurs en acquérant les compétences du 21<sup>e</sup> siècle. Parmi celles-ci, la réflexivité s'est particulièrement démarquée en tant que compétence clé dans un monde en perpétuelle évolution.

La réflexivité implique la capacité à prendre du recul, à évaluer de manière critique ses propres pensées, actions et expériences. Elle englobe la conscience de soi, la pensée critique, la prise de décision éclairée et la capacité à s'adapter à des situations changeantes. Dans un contexte professionnel, elle revêt une importance cruciale pour la résolution de problèmes, l'innovation et la collaboration efficace.

Divers chercheurs se sont penchés sur l'intégration de la réflexivité dans l'enseignement supérieur [2], [3], [9], [10]. Ces travaux ont exploré la manière dont les enseignants conçoivent et mettent en œuvre des activités réflexives pour développer la pensée critique et la métacognition chez les étudiants. Certains ont abordé la réflexivité dans le cadre plus large du développement des compétences transversales, cherchant à comprendre comment les approches pédagogiques peuvent favoriser le développement de compétences telles que la communication, la résolution de problèmes et la collaboration à travers des activités réflexives [4], [5], [10]. D'autres chercheurs [6], [8], sont penchés sur l'intégration de la réflexivité dans des domaines académiques spécifiques, examinant comment elle peut être adaptée aux exigences disciplinaires et professionnelles. Certains [11] – [13], ont examiné la réflexivité dans des contextes éducatifs spécifiques, tenant compte des facteurs culturels, institutionnels et locaux influençant les pratiques pédagogiques. Des travaux [1], [6], [7], ont également porté sur les méthodes d'évaluation des compétences réflexives des étudiants, cherchant à mesurer efficacement la profondeur de la réflexion et son impact sur l'apprentissage.

Dans le contexte marocain, la transformation dynamique du paysage de l'enseignement supérieur s'inscrit dans une période de transition marquée par des changements sociétaux, technologiques et économiques. Dans cette atmosphère constamment changeante, le système éducatif du Maroc reconnaît l'urgence de former des individus dotés de compétences critiques, en mettant particulièrement l'accent sur la capacité de réflexion. La promotion de la réflexivité chez les étudiants revêt une importance particulière pour les préparer à faire face aux défis complexes de la société contemporaine.

L'objectif principal de cette étude est d'explorer les pratiques pédagogiques actuellement mises en œuvre par les enseignants du niveau supérieur au Maroc pour enseigner la réflexivité. En raison de la nécessité accrue pour le développement des compétences transversales, la réflexivité émerge comme une compétence clé, offrant aux étudiants la capacité d'analyser, de synthétiser et de contextualiser leurs connaissances. En effet l'enseignement supérieur marocain a fait l'objet de plusieurs réformes dont actuellement le projet « PACTE ESRI » qui donne une importance cruciale au développement des soft skills. Notre étude s'inscrit dans ce contexte et vise principalement à répondre à la question « Comment les enseignants, dans ce contexte spécifique, abordent-ils l'enseignement de la réflexivité ? Quelles approches pédagogiques mettent-ils en œuvre pour le développement des compétences réflexives chez leurs étudiants ?

Au cœur de cette exploration se trouvent les enseignants, acteurs clés du processus éducatif. Leurs expériences et défis pour l'intégration de la réflexivité dans leurs pratiques pédagogiques offrent des informations précieuses pour optimiser l'apprentissage autonome des étudiants. En mettant en lumière les pratiques existantes, cette étude vise à identifier des pistes d'amélioration, à favoriser la collaboration entre les enseignants et les décideurs éducatifs, et à contribuer au renforcement continu de l'enseignement supérieur au Maroc.

Cet article aspire non seulement à une portée nationale mais aussi à s'inscrire dans une perspective plus large d'enrichissement du discours international sur les pratiques pédagogiques et la promotion de la compétence réflexive. En examinant de près les approches pédagogiques adoptées par les enseignants au Maroc, notre étude offre une contribution significative aux échanges et débats internationaux sur l'évolution de l'enseignement supérieur dans un monde en perpétuel changement.

Pour ce faire, nous présenterons tout d'abord notre problématique ainsi que le contexte dans laquelle elle s'inscrit, ensuite nous aborderons le protocole méthodologique poursuivi et les résultats obtenus et finalement l'analyse et la discussion de ces résultats.

## 2 PROBLÉMATIQUE ET CADRE THÉORIQUE

### 2.1 CONTEXTE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR AU MAROC

L'enseignement supérieur au Maroc a connu des avancées significatives au fil des années, avec une augmentation du nombre d'institutions et une diversification des programmes offerts. Cependant, cette croissance s'accompagne de défis inhérents, notamment l'adaptation aux nouvelles exigences du marché mondial, la nécessité d'incorporer des technologies éducatives innovantes, et le développement de compétences transversales chez les étudiants.

Dans ce contexte en constante évolution, la réflexivité émerge comme un élément essentiel pour préparer les étudiants à affronter les défis complexes de la société contemporaine. Elle dépasse le simple transfert de connaissances et encourage les étudiants à développer des compétences critiques et analytiques qui sont cruciales dans leur vie professionnelle.

## **2.2 JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE**

L'importance de la réflexivité dans l'apprentissage supérieur n'a jamais été aussi cruciale. Cependant, il existe un manque de compréhension approfondie des pratiques pédagogiques spécifiques mises en œuvre au Maroc pour promouvoir cette compétence chez les étudiants. Cette lacune dans la littérature justifie la nécessité de mener une étude qualitative approfondie afin d'explorer, analyser et documenter les différentes approches pédagogiques utilisées par les enseignants du niveau supérieur.

Comprendre comment les enseignants abordent la réflexivité peut contribuer à l'amélioration des pratiques éducatives, à l'adaptation des programmes académiques et au renforcement des compétences des étudiants. Cette étude vise à combler ce vide en fournissant des informations essentielles sur les pratiques pédagogiques au Maroc, offrant ainsi une base solide pour le développement continu de l'enseignement supérieur.

## **2.3 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE**

Notre objectif principal est d'explorer en détail les pratiques pédagogiques déployées par les enseignants du supérieur au Maroc en vue de développer la réflexivité chez leur public. Pour ce faire, nous nous fixons les objectifs spécifiques suivants:

- Identifier les approches pédagogiques utilisées actuellement par les enseignants pour enseigner la réflexivité
- Examiner les perceptions des enseignants sur le développement de la réflexivité chez les étudiants
- Analyser les défis auxquels sont confrontés les enseignants dans leur enseignement de la réflexivité
- Examiner les méthodes d'évaluation des compétences réflexives des étudiants mises en place par les enseignants

En abordant ces objectifs, notre article aspire à fournir une vision générale et contextualisée qui sera à l'appui et à l'amélioration des pratiques pédagogiques favorisant le développement de la réflexivité chez l'étudiant au niveau supérieur.

## **3 MÉTHODOLOGIE**

### **3.1 POPULATION ET ÉCHANTILLONNAGE**

La sélection de l'échantillon constitue une étape cruciale dans la méthodologie de notre étude. Un échantillon représentatif d'enseignants du niveau supérieur au Maroc a été stratégiquement choisi pour assurer une diversité équilibrée en termes de disciplines académiques. Cette diversité vise à capturer les nuances spécifiques à chaque domaine d'étude et à offrir une perspective holistique des pratiques pédagogiques liées à la réflexivité.

La stratégie de sélection a pris en compte la variété des disciplines académiques, y compris les sciences, les lettres, les sciences sociales et les sciences appliquées. Elle a également intégré des critères tels que l'expérience d'enseignement, le niveau d'enseignement (premier cycle, deuxième cycle, et doctorat), et la variété des établissements d'enseignement supérieur pour garantir une représentation équilibrée.

- *Population de l'Étude*

L'échantillonnage de cette étude repose sur une représentation équilibrée des enseignants du niveau supérieur au Maroc, couvrant diverses disciplines académiques. Les institutions incluses dans l'échantillon sont l'ENS (École Normale Supérieure), l'ESEF (École Supérieure de l'Éducation et de la Formation), la FSE (Faculté des Sciences de l'Éducation), l'ENSAM (École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers), la FLSH (Faculté des Lettres et des Sciences Humaines), la FS (Faculté des Sciences), l'ENSET (École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique), l'ENCG (École Nationale de Commerce et de Gestion), la FST (Faculté des Sciences et Techniques), l'EST (École Supérieure de Technologie), la FSJES (Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales), la FP (Faculté Polydisciplinaire), la FMP (Faculté de Médecine et de Pharmacie), la FMD (Faculté de Médecine Dentaire), l'ENSA (École Nationale des Sciences Appliquées), l'EMI (École Mohammadia d'Ingénieurs), et l'ISPITS (Institut Supérieur de Professions Infirmières et Techniques de Santé), répartis selon le tableau 1.

Tableau 1. Répartition de l'échantillonnage par institution

| Domaine                                                 | Les institutions                                                      |        | Nbr des participants |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|
| Sciences de l'Enseignement <sup>1</sup>                 | Ecoles Normales Supérieures                                           | ENS    | 16                   |
|                                                         | Ecole Supérieure d'Education et de Formation                          | ESEF   | 16                   |
|                                                         | Ecoles Normales Supérieures de l'Enseignement Techniques              | ENSET  | 16                   |
|                                                         | Faculté des Sciences de l'Education                                   | FSE    | 16                   |
| Ingénierie <sup>2</sup>                                 | École Nationale Supérieure des Arts et Métiers                        | ENSAM  | 16                   |
|                                                         | École Nationale des Sciences Appliquées                               | ENSA   | 16                   |
|                                                         | École Mohammadia d'Ingénieurs                                         | EMI    | 16                   |
|                                                         | Institut National de Statistique et d'Economie Appliqué               | INSEA  | 16                   |
| Sciences et Techniques <sup>3</sup>                     | Facultés des Sciences et Techniques                                   | FST    | 16                   |
|                                                         | Facultés des Sciences                                                 | FS     | 16                   |
|                                                         | Facultés Poly disciplinaires                                          | FP     | 16                   |
|                                                         | Ecoles Supérieures de Technologie                                     | EST    | 16                   |
| Sciences humaines, sociales et économiques <sup>4</sup> | Facultés des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales             | FSJES  | 16                   |
|                                                         | Ecoles Nationales de Commerce et de Gestion                           | ENCG   | 16                   |
|                                                         | Facultés des Lettres et Sciences Humaines                             | FLSH   | 16                   |
|                                                         | Faculté des Langues, Lettres, Arts                                    | FLLA   | 16                   |
| La santé et les sciences médicales <sup>5</sup>         | Facultés de Médecine et de Pharmacie                                  | FMP    | 16                   |
|                                                         | Facultés de Médecine Dentaire                                         | FMD    | 16                   |
|                                                         | Institut Supérieur des Sciences de la Santé                           | ISSS   | 16                   |
|                                                         | Institut Supérieur des Professions Infirmières et Techniques de Santé | ISPITS | 16                   |
| Total                                                   |                                                                       | 20     | 320                  |

- *Critères de Sélection de l'Échantillon*

La sélection des enseignants constituant notre échantillon a été effectuée de manière stratégique pour garantir une diversité en termes de genre, d'institutions et de disciplines académiques. Les enseignants ont été choisis en tenant compte de leur expérience, de leur engagement dans l'enseignement supérieur et de leur volontariat à participer à l'étude.

- *Caractéristiques de l'Échantillon*

L'échantillon final est constitué de 320 enseignants (Chaque institution est représentée par 16 participants), dont 204 hommes et 116 femmes, représentant une variété de disciplines allant des sciences humaines et sociales aux sciences appliquées et techniques. Les données relatives à la distribution des enseignants dans chaque institution sont présentées dans la (Figure 1).

<sup>1</sup> (ENS : Rabat, Meknès, Fès - ESEF : Rabat - ENSET: Rabat – FSE : Rabat )

<sup>2</sup> (ENSAM : Meknès, Casablanca - ENSA : Kénitra, Fès, Tetouan – EMI : Rabat – INSEA : Rabat )

<sup>3</sup> (FST : Fès, Casablanca - FS: Meknès, Fès, Kénitra - FP : Tetouan , Larache, Errachidia – EST: Meknès, Fès, Casablanca)

<sup>4</sup> (FSJES : Meknès, Fès, Kénitra - ENCG: Fés, El Hajeb, Kenitre - FLSH : Meknès, Fès, Kénitra – FLLA : Kénitra )

<sup>5</sup> (FMP : Rabat, Fès, Casablanca – FMD : Rabat, Fès, Casablanca – ISSS : Settat – ISPITS : Meknès, Fès, Rabat)

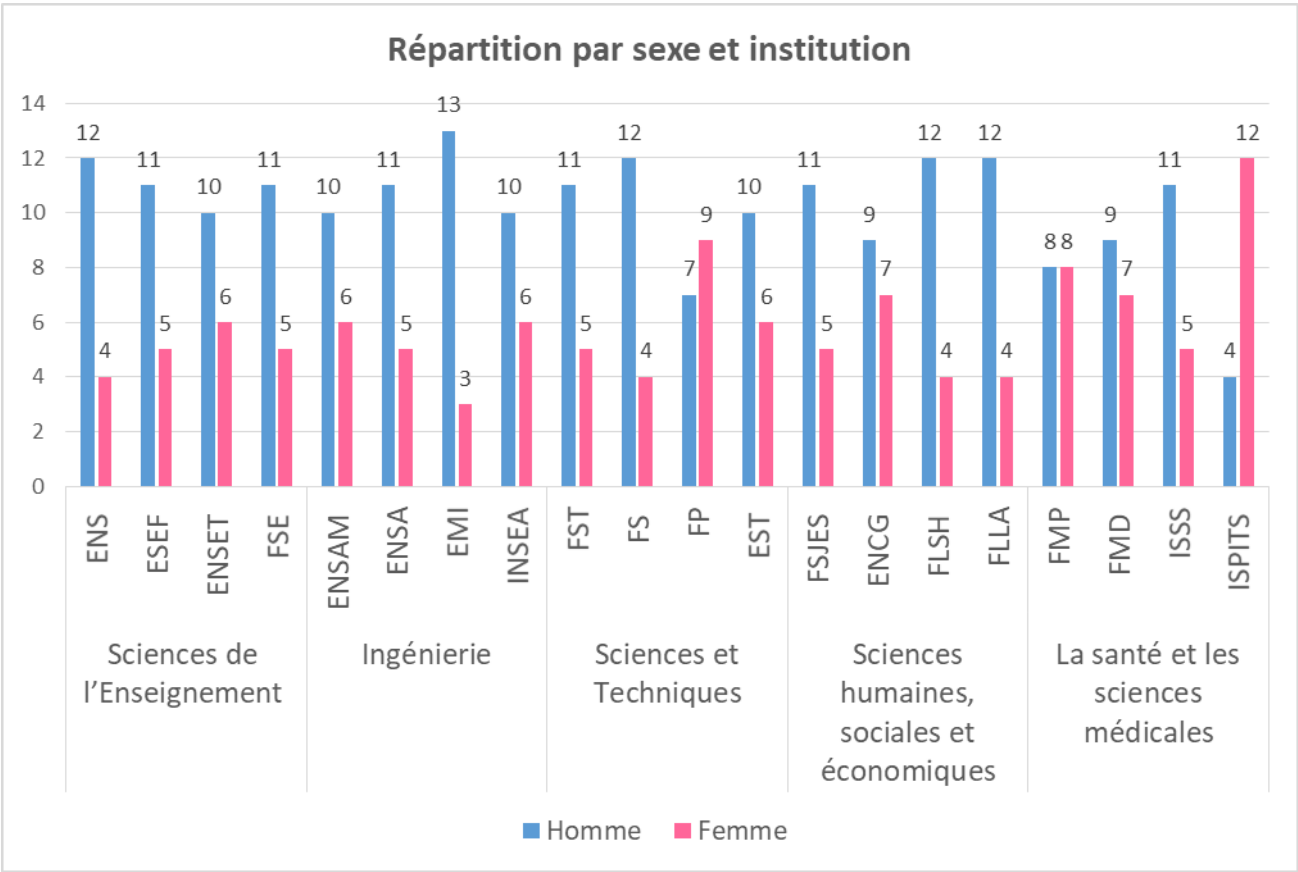


Fig. 1. Répartition de l’échantillonnage par genre / institution

Les données sur l’ancienneté des enseignants sont utilisées comme critère de stratification. L’échelle d’ancienneté comprend les catégories suivantes: moins de 5 ans, de 5 à 10 ans, de 11 à 20 ans et plus de 20 ans. Cette stratification a été adoptée pour assurer une diversité d’expériences et de perspectives, compte tenu de l’hypothèse que l’ancienneté peut influencer les approches pédagogiques.

Le tableau 2 suivant récapitule la distribution des participants en fonction de leur ancienneté et de leur genre:

Tableau 2. Répartition de l’échantillonnage par Ancienneté/ Genre

| Ancienneté/ Genre | Moins de 5ans | De 5 à 10 ans | De 11 à 20 ans | Plus de 20 ans | Total |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-------|
| Homme             | 21            | 55            | 57             | 71             | 204   |
| Femme             | 19            | 41            | 33             | 23             | 116   |
| Total             | 40            | 96            | 90             | 94             | 320   |

Les enseignants ayant entre 5 et 10 ans d’expérience sont les plus représentés, avec 96 participants, suivis de près par ceux ayant plus de 20 ans d’expérience (94 participants). Cela suggère une concentration significative d’enseignants ayant une expérience modérée à élevée dans l’échantillon.

• Collecte de Données

Les entretiens semi-structurés sont choisis comme principal moyen de collecte de données. Cette approche permet une exploration approfondie des expériences et des perspectives des enseignants, tout en offrant la flexibilité nécessaire pour approfondir les thèmes émergents au fur et à mesure des entretiens. Les entretiens ont été conçus autour d’une série de questions ouvertes, mettant l’accent sur les pratiques pédagogiques novatrices et la promotion de la réflexivité chez les étudiants.

Avant le début des entretiens, les participants ont été informés du but de l’étude, de la confidentialité des données et de leur droit de se retirer à tout moment sans préjudice. Le consentement éclairé a été obtenu de chaque participant.

Le guide d'entretien a été élaboré de manière à aborder plusieurs aspects, tels que les stratégies pédagogiques préférées, les succès rencontrés dans l'enseignement de la réflexivité, les obstacles identifiés, et les méthodes d'évaluation des compétences réflexives des étudiants. Cette approche holistique a permis une exploration approfondie des pratiques pédagogiques sous différents angles.

## 4 RÉSULTATS

Les enseignants des différentes institutions ont répondu au questionnaire portant sur les méthodes et approches pédagogiques favorisant l'enseignement des soft skills, couvrant un éventail de disciplines allant des sciences humaines et sociales aux sciences appliquées et techniques. Les résultats, basés sur les réponses de 320 enseignants répartis équitablement entre 20 institutions, dont les "Éducation et formation", les "Écoles d'Ingénieurs", les "Sciences et Techniques", les "Sciences humaines, sociales et économiques", ainsi que "La Santé et les Sciences Médicales", offrent un aperçu approfondi des perspectives éducatives.

### 4.1 PERCEPTIONS ET CONNAISSANCES SUR LES SOFT SKILLS

L'analyse des réponses des enseignants aux entretiens, répartis sur les diverses institutions éducatives, met en lumière la diversité des perceptions des enseignants concernant les soft skills, les résultats, déclinés en pourcentages, révèlent des tendances significatives de la reconnaissance des soft skills. (Voir Table 4).

**Tableau 3. Répartition de l'échantillonnage selon leurs perceptions sur les soft skills**

|                                                   |                                                      | <i>Nbr</i> | <i>Pourcentage</i> |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|--------------------|
| Connaissiez-vous les soft skills                  | Compétences psychosociales                           | 242        | 75,63              |
|                                                   | Compétences relatives aux savoir-être                | 274        | 85,63              |
|                                                   | Compétences de vie                                   | 240        | 75,00              |
|                                                   | Compétences comportementales                         | 118        | 36,88              |
|                                                   | Compétences douces                                   | 127        | 39,69              |
|                                                   | Compétences humaines                                 | 111        | 34,69              |
|                                                   | Compétences socio-émotionnelles                      | 75         | 23,44              |
|                                                   | Compétences sociales et relationnelles               | 122        | 38,13              |
|                                                   | Compétences sociales et comportementales             | 120        | 37,50              |
|                                                   | Attitudes                                            | 97         | 30,31              |
|                                                   | Savoir devenir                                       | 140        | 43,75              |
|                                                   | Compétences transversales                            | 220        | 68,75              |
| A votre avis, quel est l'intérêt des soft skills? | Réussir professionnellement                          | 275        | 85,94              |
|                                                   | Avoir un équilibre travail-vie personnelle           | 234        | 73,13              |
|                                                   | Avoir un meilleur emploi                             | 214        | 66,88              |
|                                                   | Réussir les entretiens d'embauche                    | 184        | 57,50              |
|                                                   | Gérer efficacement les conflits                      | 177        | 55,31              |
|                                                   | Avoir la capacité de travailler en groupe, en équipe | 210        | 65,63              |
|                                                   | Évoluer dans sa carrière professionnelle             | 226        | 70,63              |
|                                                   | Avoir une bonne qualité de vie au travail            | 193        | 60,31              |
|                                                   | Communiquer efficacement avec ses collaborateurs     | 190        | 59,38              |
|                                                   | Avoir de bonnes relations au sein de l'entreprise    | 215        | 67,19              |

- Connaissance des soft skills: Une grande majorité, soit 95%, des enseignants déclarent connaître les soft skills. Cela indique une reconnaissance de l'importance de ces compétences de la part des enseignants
- Catégories de soft skills: Les compétences psychosociales, les compétences relatives aux savoir-être et les compétences de vie sont les catégories les plus reconnues par les enseignants, avec des pourcentages élevés de reconnaissance, respectivement 75,63%, 85,63% et 75,00%
- Intérêt des soft skills: Les enseignants soulignent divers avantages des soft skills, dont la réussite professionnelle (85,94%), l'équilibre travail-vie personnelle (73,13%) et l'amélioration des opportunités d'emploi (66,88%). Ces résultats mettent en lumière la pertinence perçue de ces compétences dans différents aspects de la vie professionnelle
- Incitation à la réflexion sur des situations réelles: Une grande majorité d'enseignants (71,25%) encourage leurs étudiants à réfléchir sur des situations de la vie réelle, démontrant ainsi un engagement envers l'application pratique des connaissances acquises

Bien que la plupart des enseignants ont une compréhension approfondie des soft skills et reconnaissent leur importance, des variations existent selon les disciplines enseignées.

#### 4.2 LES COMPETENCES INDISPENSABLES À UN ÉTUDIANT AU SUPERIEUR

Les compétences évaluées indispensables à un étudiant au supérieur comprennent la communication, l'écoute active, l'empathie, la collaboration, l'adaptabilité, la créativité, l'intelligence émotionnelle, la pensée critique, la résolution de problèmes, la réflexivité, la gestion du temps, le sens de l'organisation, et la confiance en soi. (Voir Table 5)

*Tableau 4. Répartition des compétences évaluées par institutions*

|                                                                          | Les institutions           |      |       |     |                     |      |     |       |                        |    |    |     |                                            |      |      |      |                                    |     |      |        |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|-------|-----|---------------------|------|-----|-------|------------------------|----|----|-----|--------------------------------------------|------|------|------|------------------------------------|-----|------|--------|
|                                                                          | Sciences de l'Enseignement |      |       |     | Ecoles d'Ingénieurs |      |     |       | Sciences et Techniques |    |    |     | Sciences humaines, sociales et économiques |      |      |      | La Santé et les Sciences Médicales |     |      |        |
| Quelles sont les soft-skills indispensables à un étudiant au supérieur ? | ENS                        | ESEF | ENSET | FSE | ENSAM               | ENSA | EMI | INSEA | FST                    | FS | FP | EST | FSJES                                      | ENCG | FLSH | FLLA | FMP                                | FMD | ISSS | ISPITS |
| La communication                                                         | 16                         | 16   | 16    | 16  | 14                  | 14   | 13  | 16    | 15                     | 13 | 13 | 14  | 14                                         | 15   | 16   | 16   | 16                                 | 16  | 16   | 16     |
| L'écoute active                                                          | 15                         | 14   | 14    | 14  | 14                  | 13   | 15  | 13    | 12                     | 10 | 12 | 12  | 16                                         | 15   | 13   | 14   | 16                                 | 16  | 16   | 16     |
| l'empathie                                                               | 6                          | 8    | 3     | 5   | 6                   | 10   | 10  | 5     | 12                     | 11 | 10 | 9   | 13                                         | 11   | 16   | 12   | 16                                 | 16  | 15   | 16     |
| La collaboration                                                         | 12                         | 12   | 13    | 14  | 15                  | 14   | 16  | 16    | 10                     | 11 | 10 | 10  | 12                                         | 13   | 14   | 15   | 16                                 | 15  | 14   | 16     |
| L'adaptabilité                                                           | 7                          | 14   | 16    | 15  | 16                  | 14   | 14  | 16    | 11                     | 6  | 13 | 12  | 2                                          | 3    | 10   | 7    | 16                                 | 15  | 16   | 16     |
| La créativité                                                            | 13                         | 12   | 14    | 14  | 16                  | 16   | 16  | 16    | 12                     | 16 | 12 | 11  | 10                                         | 12   | 11   | 14   | 16                                 | 16  | 14   | 13     |
| L'intelligence émotionnelle                                              | 9                          | 12   | 12    | 9   | 12                  | 10   | 6   | 8     | 5                      | 4  | 3  | 8   | 15                                         | 15   | 15   | 13   | 6                                  | 12  | 11   | 10     |
| La pensée critique                                                       | 11                         | 10   | 12    | 15  | 16                  | 15   | 16  | 16    | 15                     | 16 | 6  | 8   | 12                                         | 10   | 12   | 14   | 9                                  | 10  | 14   | 13     |
| la résolution de problème                                                | 9                          | 13   | 5     | 10  | 16                  | 15   | 16  | 14    | 16                     | 14 | 10 | 6   | 3                                          | 11   | 4    | 10   | 16                                 | 16  | 13   | 14     |
| La réflexivité                                                           | 15                         | 10   | 4     | 3   | 13                  | 10   | 15  | 10    | 12                     | 14 | 10 | 14  | 12                                         | 11   | 12   | 13   | 16                                 | 16  | 16   | 16     |
| La gestion du temps                                                      | 12                         | 10   | 11    | 10  | 14                  | 15   | 16  | 16    | 10                     | 12 | 12 | 14  | 3                                          | 4    | 4    | 3    | 15                                 | 12  | 11   | 13     |
| Le sens d'organisation                                                   | 10                         | 3    | 7     | 10  | 15                  | 16   | 16  | 13    | 9                      | 11 | 12 | 13  | 2                                          | 2    | 5    | 2    | 14                                 | 12  | 13   | 12     |
| La confiance en soi                                                      | 14                         | 15   | 13    | 13  | 11                  | 9    | 15  | 15    | 8                      | 5  | 8  | 8   | 10                                         | 10   | 12   | 9    | 16                                 | 16  | 16   | 16     |

L'analyse des résultats met en lumière plusieurs observations intéressantes. En termes de communication, la plupart des institutions obtiennent des évaluations élevées, suggérant une reconnaissance de l'importance de cette compétence. Cependant, des variations mineures peuvent être observées, indiquant des priorités légèrement différentes dans l'importance accordée à cette compétence.

L'écoute active, l'empathie, et la collaboration sont également valorisées, bien que leurs niveaux de priorité varient entre les institutions. L'empathie, par exemple, à des scores élevés dans la

FMP, la FMD, l'ISSS et à l'ISPITS tandis que d'autres la classent plus bas, indiquant des divergences dans la perception de son importance.

L'adaptabilité, une compétence cruciale dans un monde en constante évolution, varie considérablement. Certains enseignants de l'ENSET, de l'ENSAM et de l'INSEA se distinguent par une forte reconnaissance de l'importance de l'adaptabilité, tandis que les enseignants de la FSJES, de l'ENCG, de la FLSH et de la FLLA semblent accorder moins d'attention à cette compétence.

Dans les "Ecoles d'Ingénieurs," et les "Sciences et Techniques," la créativité est valorisée de manière significative, Par ailleurs, des écarts marqués sont observés dans la FSJES, l'ENCG, la FLSH et de la FLLA. Cette divergence peut refléter des différences dans la promotion de la pensée créative au sein de ces institutions.

L'intelligence émotionnelle, aspect fondamental du leadership et des relations interpersonnelles, varie également selon les organisations. Les enseignants de la FSJES, de l'ENCG, de la FLSH et de la FLLA mettent l'accent sur le développement de cette compétence, alors que les enseignants de la FST, de la FS, de la FP et de l'EST peuvent en sous-estimer l'importance.

La pensée critique, une compétence cruciale pour l'analyse approfondie, est évaluée positivement à l'ENSAM, à l'EMI, à l'INSEA, à l'ENSA, à La FST et à La FS, indiquant une reconnaissance unanime de leur importance dans le développement des compétences des étudiants, tandis que des scores moins élevés sont attribués à la FP, de l'EST et la FMP. Ces résultats soulignent des variations dans la promotion de la pensée critique dans le cadre éducatif.

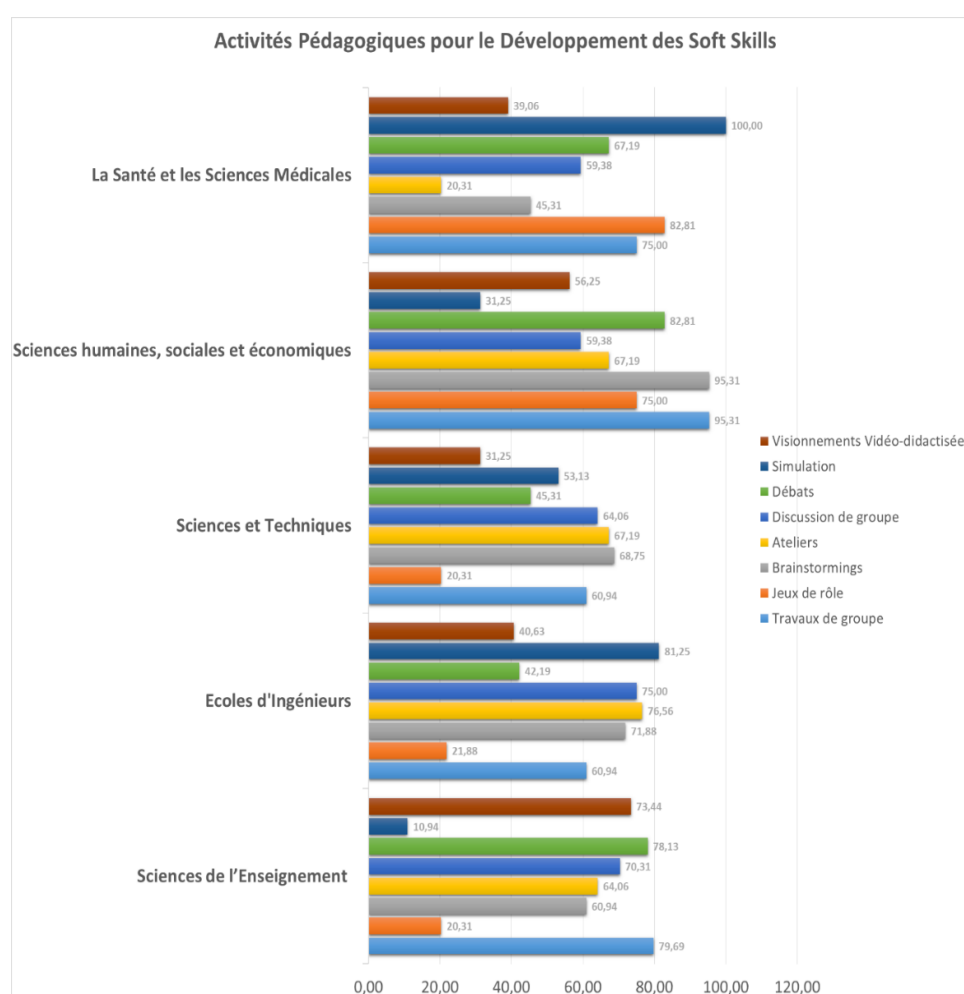
La réflexivité, la résolution de problèmes et la gestion du temps sont généralement bien notées, avec des variations mineures entre les établissements, ce qui indique une reconnaissance de l'importance de la pensée critique et de la résolution de problèmes dans le développement des compétences générales. Cependant, des écarts plus importants sont observés dans le sens de l'organisation, où le FSJES, l'ENCG, la FLSH et la FLLA donnent des réponses relativement faibles en faveur de cette compétence.

Enfin, La confiance en soi, une compétence cruciale dans le contexte académique et professionnel. Les résultats révèlent des variations notables entre les établissements. La confiance en soi est particulièrement mise en avant par les enseignants de la FMP, la FMD, l'ISSS et à l'ISPITS. Ces institutions semblent accorder une importance particulière au développement de cette compétence chez leurs étudiants.

Cette analyse souligne la diversité des perspectives parmi les enseignants des différentes institutions concernant les soft-skills essentielles pour les étudiants du supérieur. Ces variations peuvent être attribuées à des différences de philosophie pédagogique, de disciplines académiques ou de priorités institutionnelles.

### 4.3 LES ACTIVITES PEDAGOGIQUES POUR LE DEVELOPPEMENT DES SOFT SKILLS

La majorité des enseignants estiment que les activités pédagogiques qu'ils proposent sont de nature à favoriser l'apprentissage des compétences transversales. Les travaux de groupe, la simulation, les jeux de rôle, les brainstormings, et les débats sont les formes d'activités les plus fréquemment utilisées (figure 2).



**Fig. 2.** Les formes d'activités les plus fréquemment utilisées

L'analyse approfondie de la figure 2 révèle des différences significatives dans l'utilisation des méthodes pédagogiques entre les différentes institutions académiques. Les catégories d'institutions incluses dans cette étude comprennent les Éducation et formation, les Écoles d'Ingénieurs, les Sciences et Techniques, les Sciences humaines, sociales et économiques, ainsi que la Santé et les Sciences Médicales.

En ce qui concerne les travaux de groupe, on observe une prédominance marquée dans les Éducation et formation, avec un score de 79,68 %, indiquant une forte propension à favoriser la collaboration et l'apprentissage collectif dans ce domaine. Les Écoles d'Ingénieurs et les Sciences humaines, sociales et économiques suivent respectivement avec des scores de 60,93%.

Les jeux de rôle, d'autre part, semblent être davantage privilégiés dans les Sciences de la Santé et les Sciences Médicales, marquant un impressionnant 82,81%, tandis que les Sciences de l'Enseignement les utilisent également de manière significative, avec un score de 20,31%.

Les brainstormings, quant à eux, sont largement adoptés dans les institutions de l'éducation et de la formation, les Écoles d'Ingénieurs, et les Sciences humaines, sociales et économiques, reflétant une approche créative et participative dans ces domaines. Les Sciences de la Santé et les Sciences Médicales, bien que moins enclines, présentent tout de même un score de 45,31%.

En ce qui concerne les ateliers, ces derniers sont particulièrement populaires dans les Écoles d'Ingénieurs, avec un score élevé de 76,56%, indiquant une forte orientation pratique et expérientielle dans l'apprentissage. Les Sciences de l'Enseignement et les Sciences humaines, sociales et économiques les adoptent également de manière significative.

La discussion de groupe est un aspect important de l'apprentissage dans toutes les institutions, avec des scores assez proches entre les Éducation et formation, les Écoles d'Ingénieurs, et les Sciences humaines, sociales et économiques. Cependant, la Santé et les Sciences Médicales montrent un intérêt légèrement inférieur dans cette méthode.

Les débats sont largement utilisés dans les Éducation et formation et les Sciences de la Santé et des Sciences Médicales, suggérant une forte inclination vers la discussion argumentative et le développement des compétences de communication dans ces domaines spécifiques.

La simulation est remarquablement dominante dans les Sciences de la Santé et les Sciences Médicales, indiquant probablement une nécessité de formation pratique et d'expérience clinique. Les Écoles d'Ingénieurs suivent de près, soulignant l'importance de la simulation dans les domaines techniques.

Enfin, les visionnements vidéo-didactisées sont largement utilisés dans les institutions de l'éducation et la formation, indiquant une tendance à intégrer des ressources multimédias pour enrichir l'expérience d'apprentissage. Les Sciences humaines, sociales et économiques et les écoles d'ingénieurs les utilisent également, mais dans une moindre mesure.

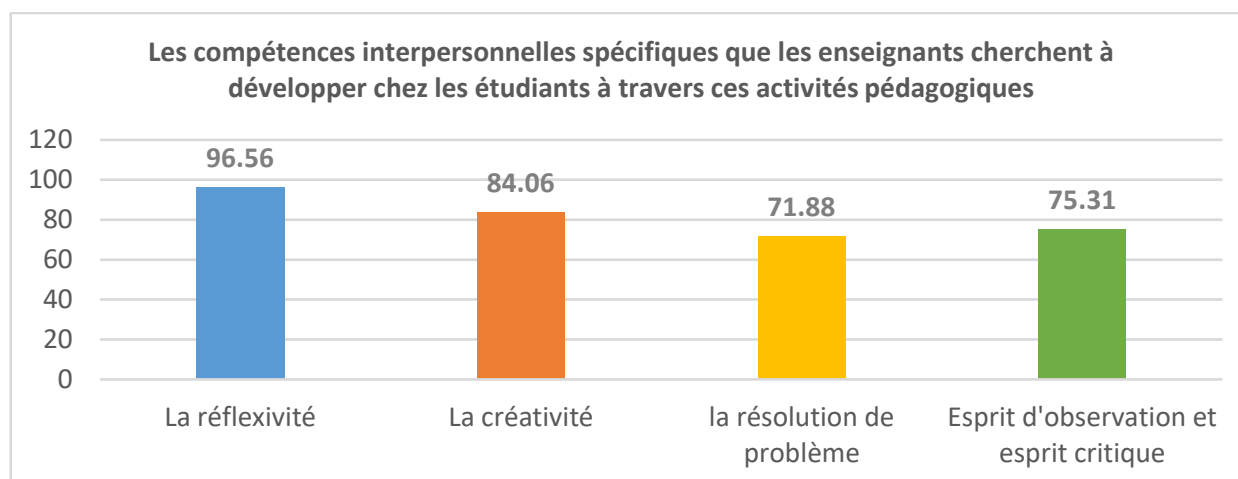
Globalement, on remarque que certaines méthodes pédagogiques sont prédominantes dans des domaines spécifiques, reflétant les besoins et les objectifs particuliers de chaque discipline. Cependant, il est également intéressant de noter que certaines méthodes, telles que les travaux de groupe et les brainstormings, sont présentes de manière significative dans plusieurs domaines. Cela suggère une reconnaissance générale de l'importance de la collaboration, de la créativité et de l'interaction sociale dans l'apprentissage, transcendant les frontières disciplinaires.

Il est crucial de souligner que la diversité des méthodes pédagogiques observées dans chaque domaine témoigne de l'effort constant des institutions éducatives pour adapter leurs approches à la nature spécifique des domaines académiques. Cette flexibilité pédagogique reflète la prise en compte des divers styles d'apprentissage, des préférences des étudiants et des exigences professionnelles futures.

Cette analyse met en lumière la richesse des pratiques pédagogiques adoptées dans différentes disciplines académiques. Les institutions semblent choisir des méthodes qui favorisent le mieux le développement des compétences et des connaissances nécessaires dans chaque domaine spécifique. Cette diversité témoigne de l'engagement continu envers l'innovation pédagogique et l'adaptation constante aux évolutions des besoins éducatifs et professionnels.

#### **4.4 LES COMPETENCES INTERPERSONNELLES SPECIFIQUES QUE LES ENSEIGNANTS CHERCHENT À DEVELOPPER CHEZ LES ÉTUDIANTS À TRAVERS CES ACTIVITES PEDAGOGIQUES**

Les enseignants cherchent à stimuler diverses compétences interpersonnelles chez leurs étudiants à travers des activités pédagogiques. Ces compétences sont importantes pour favoriser le développement global des étudiants et les préparer à réussir dans leur vie personnelle et professionnelle. Voici les compétences interpersonnelles spécifiques que les enseignants cherchent développer chez les étudiants à travers ces activités pédagogiques (Figure 3).



**Fig. 3.** Les compétences interpersonnelles spécifiques que les enseignants cherchent à stimuler chez les étudiants à travers ces activités pédagogiques

L'analyse des soft skills favorisées par les enseignants pour les étudiants, répartis dans différentes filières, offre une perspective intéressante sur le développement de compétences non techniques. Les résultats, présentés sous forme de pourcentages, mettent en lumière les domaines dans lesquels les écoles mettent l'accent. Voici une analyse détaillée des principaux soft skills étudiés:

- La réflexivité (96,56%): La réflexivité est la compétence la plus largement encouragée, avec un pourcentage élevé dans toutes les filières. Cela indique une volonté générale de favoriser la pensée critique, l'auto-évaluation et la capacité à apprendre de l'expérience. Les résultats élevés dans toutes les filières témoignent de l'importance universelle accordée à cette compétence
- La créativité (84,06%): La créativité est également fortement promue, bien que les pourcentages varient d'une filière à l'autre. Les écoles d'ingénieurs, les sciences et techniques ainsi que la santé et les sciences médicales accordent une place prépondérante à la créativité. Cela suggère une reconnaissance croissante de l'importance de la pensée créative dans des domaines traditionnellement axés sur des compétences techniques
- La résolution de problème (71,88%): La résolution de problème est encouragée de manière significative dans plusieurs filières, mais avec des variations notables. Les écoles d'ingénieurs et la santé/sciences médicales semblent particulièrement axées sur cette compétence. Ceci reflète probablement la nécessité pour les étudiants de développer des compétences pratiques pour relever les défis spécifiques à leurs domaines respectifs
- Esprit d'observation et esprit critique (75,31%): L'esprit d'observation et l'esprit critique sont des compétences largement promues, bien que certains écarts soient observés entre les filières. Les domaines des sciences humaines, sociales et économiques, ainsi que les écoles d'ingénieurs, attachent une grande importance à ces compétences. Cela indique une reconnaissance de la nécessité de former des individus capables d'analyser de manière critique les situations et d'observer attentivement leur environnement

L'étude suggère une forte sensibilisation à l'importance des soft skills, avec une reconnaissance claire de la réflexivité, de la créativité, de la résolution de problème et de l'esprit critique dans le processus éducatif. Ces compétences transversales sont considérées comme essentielles pour préparer les étudiants à faire face aux défis complexes de leurs domaines respectifs.

## 5 DISCUSSION

### 5.1 APPROCHES PEDAGOGIQUES INNOVANTES POUR ENSEIGNER LA REFLEXIVITE

L'analyse des données révèle une diversité d'approches pédagogiques novatrices utilisées par les enseignants pour enseigner la réflexivité. Ces approches varient en fonction des institutions, montrant une adaptation aux spécificités de chaque domaine d'étude.

Dans les instituts de formation en soins infirmiers (ISPITS), une approche notable est l'utilisation de la simulation des soins. Cette méthode immersive permet aux étudiants en sciences infirmières de mettre en pratique leurs connaissances dans un environnement simulé, favorisant ainsi la réflexivité sur les compétences cliniques. La simulation des soins offre une expérience pratique tout en créant un espace sécurisé pour la réflexion sur les décisions prises dans des situations complexes.

Dans les écoles d'ingénieurs, une approche distincte se dessine avec l'utilisation de simulations par logiciel. Les étudiants sont exposés à des situations pratiques simulées à l'aide de logiciels spécialisés, l'incitant à réfléchir sur les problèmes d'ingénierie et à appliquer des solutions de manière réfléchie. Cette méthode offre une plateforme virtuelle pour développer la réflexivité dans le contexte spécifique de l'ingénierie.

Dans les facultés d'économie et juridique et sociale, les approches pédagogiques novatrices se concentrent sur des méthodes interactives et des études de cas réels. Les étudiants sont encouragés à réfléchir sur des situations du monde réel, à analyser les implications économiques

et juridiques, et à proposer des solutions réfléchies. L'utilisation d'études de cas spécifiques au contexte marocain enrichit la réflexion des étudiants en les confrontant à des problématiques concrètes.

## **5.2 PERTINENCE DES METHODES PEDAGOGIQUES DANS LE DEVELOPPEMENT DE LA REFLEXIVITE**

Afin de stimuler la réflexivité chez les étudiants les enseignants utilisent des méthodes pédagogiques variées. Dans les ISPITS, la simulation des soins semble être la méthode la plus adoptée par les enseignants, permettant aux étudiants de développer des compétences réflexives essentielles pour leur futur rôle professionnel. Les retours d'expérience positifs des étudiants soulignent l'efficacité de cette approche immersive.

Dans les écoles d'ingénieurs, l'utilisation de simulations par logiciel a également été bien accueillie, offrant aux étudiants un environnement d'apprentissage pratique. Les enseignants rapportent que cette approche a conduit à une meilleure compréhension des concepts et à une application plus réfléchie des principes d'ingénierie.

Dans les facultés d'économie et juridique et sociale, les études de cas réels ont permis aux étudiants de développer une perspective réflexive sur les implications économiques et juridiques des situations concrètes. Les enseignants signalent un engagement accru des étudiants dans les discussions réflexives, montrant ainsi des signes de succès dans la promotion de la réflexivité.

L'accent mis sur l'esprit d'observation et l'esprit critique dans la formation des futurs enseignants revêt une importance cruciale au sein des institutions éducatives. Ces compétences sont essentielles pour cultiver une approche réflexive chez les enseignants, renforçant ainsi leur capacité à évaluer, analyser et améliorer continuellement leurs pratiques pédagogiques.

- L'esprit d'observation permet aux futurs enseignants de percevoir attentivement les dynamiques de la classe, les interactions entre les élèves et les différentes modalités d'apprentissage. Cette compétence favorise une compréhension profonde des besoins individuels des étudiants, des styles d'apprentissage variés, et des défis potentiels rencontrés dans le processus éducatif
- L'esprit critique, permet aux enseignants en formation d'analyser de manière rigoureuse les différentes approches pédagogiques, les ressources éducatives et les résultats d'apprentissage. Il encourage la remise en question constructive, la recherche de solutions novatrices et la prise de décisions informées basées sur des données concrètes

En intégrant ces compétences dans la formation des futurs enseignants, les établissements d'enseignement contribuent à développer des praticiens réfléchis, capables de s'adapter aux besoins changeants des étudiants et de répondre de manière proactive aux défis éducatifs. Les enseignants réfléchis sont mieux équipés pour modifier leurs styles d'enseignement, personnaliser les parcours d'apprentissage et favoriser un environnement d'apprentissage propice au développement holistique des étudiants.

## **5.3 ÉVALUATIONS DES COMPETENCES REFLEXIVES: DIVERSITE DES APPROCHES UTILISEES PAR LES ENSEIGNANTS**

Les enseignants recourent à une gamme de méthodes d'évaluation pour évaluer les compétences réflexives des étudiants dans diverses filières, Parmi les méthodes les plus fréquemment employées, on retrouve:

- Les questionnaires d'évaluation offrent une méthode structurée, permettant aux enseignants de recueillir des données quantitatives sur la réflexivité des étudiants. Ces questionnaires peuvent inclure des énoncés ciblés visant à évaluer la capacité des étudiants à analyser leurs propres expériences et à prendre du recul de manière critique
- Les grilles d'auto-évaluation, quant à elles, encouragent les étudiants à évaluer leurs propres performances réflexives. Ces outils offrent une perspective précieuse sur la perception que les étudiants ont de leur propre réflexivité, complétant ainsi l'évaluation externe effectuée par les enseignants
- Les entretiens individuels représentent une approche plus interactive. Ils permettent aux enseignants d'explorer en profondeur la réflexion des étudiants, en posant des questions spécifiques et en fournissant des retours personnalisés. Ces échanges facilitent une compréhension approfondie des processus réflexifs des étudiants
- Les discussions à la fin des cours offrent un cadre informel où les étudiants peuvent partager leurs réflexions avec leurs pairs et les enseignants. Cela favorise un apprentissage collaboratif et offre des opportunités d'explorer diverses perspectives et approches réflexives

L'utilisation de ces diverses méthodes d'évaluation démontre l'importance accordée par les enseignants pour évaluer la compétence réflexive chez les étudiants, reconnaissant la richesse et la multidimensionnalité de cette compétence cruciale dans leur développement académique et professionnel.

## **5.4 DEFIS LIES À L'ENSEIGNEMENT DE LA REFLEXIVITE**

Les enseignants se heurtent à divers défis lors de leur démarche d'enseignement de la réflexivité. Un obstacle récurrent transcende toutes les institutions, celui du manque de temps. Les enseignants font état de la difficulté à concilier la nécessité de couvrir le programme académique avec l'intégration d'activités réflexives qui exigent un investissement temporel conséquent.

Un autre défi notable réside dans l'évaluation des progrès des étudiants en matière de compétences réflexives. Les enseignants expriment des inquiétudes quant à la subjectivité de l'évaluation et à la complexité de mesurer de manière qualitative le développement de la compétence réflexive des étudiants.

Le manque de matériel pédagogique dédié à l'enseignement des soft skills représente également un obstacle significatif. Un déficit en ressources spécifiques, qu'il s'agisse de supports adaptés, de méthodes pédagogiques efficaces ou d'outils concrets, peut entraver le processus d'enseignement de ces compétences.

Les effectifs importants des étudiants constituent un autre défi majeur. Les classes surchargées rendent ardue la tâche des enseignants qui aspirent à offrir une attention individuelle et des interactions personnalisées, limitant ainsi l'efficacité de l'apprentissage des compétences interpersonnelles.

La résistance ou le manque de motivation des étudiants à l'apprentissage de ces compétences représente un obstacle supplémentaire. Certains étudiants peuvent ne pas percevoir immédiatement la valeur des soft skills ou manifester une résistance initiale à leur acquisition, ce qui constitue un défi pour les enseignants qui cherchent à les intégrer de manière significative dans le cursus.

En résumé, la surmonte de ces obstacles requiert le développement de stratégies pédagogiques novatrices, un soutien institutionnel adéquat, ainsi qu'une sensibilisation accrue à l'importance des soft skills dans le développement global des étudiants.

## 5.5 MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT ET INNOVATION PÉDAGOGIQUE

Les pratiques pédagogiques adoptées par les enseignants au Maroc, des tendances spécifiques émergent, révélant une adaptation contextualisée aux besoins distincts de chaque domaine d'étude. Les institutions éducatives marocaines se démarquent par l'incorporation fréquente de simulations pratiques, que ce soit dans les domaines des soins infirmiers, de l'ingénierie ou des sciences sociales. Cette approche pédagogique met en évidence une sensibilité accrue à l'application concrète des connaissances, encourageant ainsi une réflexion contextualisée et solidement ancrée dans la réalité marocaine.

L'intégration de simulations pratiques suggère une orientation pratique et expérientielle dans l'apprentissage, offrant aux étudiants des occasions significatives de mettre en pratique leurs compétences et connaissances théoriques. Cette approche semble souligner l'importance d'une éducation ancrée dans des situations concrètes, favorisant ainsi une compréhension plus approfondie des concepts enseignés et une préparation plus efficace aux défis professionnels spécifiques au contexte marocain.

En somme, les pratiques pédagogiques marocaines montrent une volonté de créer des environnements d'apprentissage qui reflètent les réalités locales, renforçant ainsi la pertinence et l'applicabilité des compétences acquises par les étudiants dans leur parcours académique.

## 6 CONCLUSION

En guise de conclusion, l'examen approfondi des pratiques pédagogiques au Maroc révèle l'adoption par les enseignants d'approches et méthodes d'enseignement novatrices adaptées à chaque discipline. Les succès remarquables mettent en évidence l'efficacité de ces méthodes dans la promotion de la réflexivité chez les étudiants, renforçant ainsi leur capacité à penser de manière critique et à appliquer leurs connaissances de manière contextuelle.

Cependant, malgré ces réussites, des défis persistent. Le manque de temps et la difficulté d'évaluation demeurent des obstacles à la mise en œuvre optimale de ces pratiques novatrices. Ces obstacles soulignent la nécessité d'une réflexion continue et de l'adaptation des stratégies pédagogiques pour surmonter ces barrières tout en préservant les avantages de ces approches.

Les résultats de cette analyse offrent une compréhension approfondie des pratiques pédagogiques au Maroc, mettant en lumière à la fois les points forts et les domaines nécessitant une amélioration. Ils fournissent une base solide pour formuler des recommandations ciblées en vue d'améliorer l'enseignement de la réflexivité dans l'enseignement supérieur au Maroc. Ces recommandations devraient inclure des directives claires sur l'intégration judicieuse de plages horaires dédiées aux Soft Skills, afin de maximiser l'utilisation d'approches novatrices tout en tenant compte des contraintes de temps et d'évaluation. De plus, il s'avère judicieux de programmer des séances de formation continue au profit des enseignants afin d'optimiser l'adoption de ces pratiques innovantes et ainsi le développement des compétences réflexives des étudiants. En somme, cette analyse offre des perspectives utiles pour guider l'évolution future des pratiques pédagogiques dans le contexte de l'enseignement supérieur au Maroc.

## REFERENCES

- [1] K. Mohiuddin, O.A. Nasr, M. Nadhmi Miladi, H. Fatima, S. Shahwar, Q. Noorulhasan Naveed, Potentialities and priorities for higher educational development in Saudi Arabia for the next decade: Critical reflections of the vision 2030 framework, *Heliyon* 9 (2023) e16368. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16368>.
- [2] U. Akpur, Critical, Reflective, Creative Thinking and Their Reflections on Academic Achievement, *Think. Ski. Creat.* 37 (2020) 100683. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100683>.
- [3] M.Á. Mestre-Segarra, M.F. Ruiz-Garrido, Examining students' reflections on a collaborative online international learning project in an ICLHE context, *System* 105 (2022) 102714. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102714>.
- [4] M.A. Abdel-Moneim, Between global and national prescriptions for education administration: the rocky road of neoliberal education reform in Qatar, *Int. J. Educ. Dev.* 74 (2020) 102160. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102160>.
- [5] F. Awaah, P. Okebukola, A.A. Alfa, S. Yeboah, K. Anagba, H. Arkorful, Developing public administration education by focusing on difficult key concepts: The case of Nigeria and Ghana, *Soc. Sci. Humanit. Open* 4 (2021) 100136. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2021.100136>.
- [6] C. Brandt, The Case for Reflexivity in Developing ESL Students' Academic Communication Skills, (n.d.).
- [7] L. Cheung, Applying a reflexive framework to evaluate a communication skills curriculum, *Adv. Med. Educ. Pract.* Volume 7 (2016) 587–592. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S115789>.
- [8] K. Love, C. Sandiford, Teachers' and students' meta-reflections on writing choices: An Australian case study, *Int. J. Educ. Res.* 80 (2016) 204–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.06.001>.
- [9] J. Mulli, L. Nowell, R. Swart, A. Estefan, Undergraduate nursing simulation facilitators lived experience of facilitating reflection-in-action during high-fidelity simulation: A phenomenological study, *Nurse Educ. Today* 109 (2022) 105251. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105251>.
- [10] A. Pérez Garcias, G. Tur, A. Darder Mesquida, V.I. Marín, Reflexive Skills in Teacher Education: A Tweet a Week, *Sustainability* 12 (2020) 3161. <https://doi.org/10.3390/su12083161>.
- [11] F. Sanjakdar, J. Premier, Teaching for social justice in higher education: Reflexive and critical auto-ethnographic narratives of hope, resilience, and change, *Teach. Teach. Educ.* 127 (2023) 104114. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104114>.
- [12] J. Abbas, HEISQUAL: A modern approach to measure service quality in higher education institutions, *Stud. Educ. Eval.* 67 (2020) 100933. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100933>.
- [13] E.M. Kazemier, L. Damhof, J. Gulmans, P.H.M. Cremers, Mastering futures literacy in higher education: An evaluation of learning outcomes and instructional design of a faculty development program, *Futures* 132 (2021) 102814. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102814>.

## Méthode électro-analytique pour la détection du cuivre à l'aide d'une électrode à pâte de carbone modifiée par l'acide éthylène diamine tétra-acétique

### [ Electro-analytical method for the detection of copper using a carbon paste electrode modified by ethylene diamine tetraacetic acid ]

*Bernadette EHUI AVO BILE<sup>1</sup>, De Serifou MATYLA<sup>1</sup>, Olivier François Aristide Bertrand KOFFI<sup>1</sup>, Sakina TOUZARA<sup>2</sup>, Abdelilah CHTAINI<sup>2</sup>, Teadouanka Luciano LOUA<sup>1</sup>, and Koffi Jules N'DA<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière, Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY de Cocody, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Équipe d'Electrochimie Moléculaire et Matériaux Inorganiques, Faculté des Sciences et Technologies de Beni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane, Morocco

Copyright © 2024 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:** Copper is one of the essential trace elements because it has metabolic importance for humans. However, copper and cupric compounds can be toxic at high concentrations. Indeed, too high a concentration of copper in the human body can cause damage to the kidneys, the brain and even death. Given that this product represents a health risk of dependence, it is therefore important to develop analysis methods capable of detecting it. Indeed, an electrochemical sensor has been synthesized. This electrochemical sensor is a carbon paste electrode modified with ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA). It was characterized by electrochemical methods such as cyclic voltammetry and square wave voltammetry in the presence of copper. Certain electrochemical parameters such as the influence of the copper concentration, the detection limit, the influence of pH, the reproducibility of the results was studied.

**KEYWORDS:** synthesis, modified electrode, SWV, CV, copper, electrochemical sensor, EDTA.

**RESUME:** Le cuivre fait partie des éléments traces essentielles, car il a une importance métabolique pour l'homme. Cependant, le cuivre et les composées cupriques peuvent s'avérer toxique à des concentrations élevées. En effet, une trop grande concentration du cuivre dans l'organisme humain peut causer des dommages aux reins, au cerveau et même la mort. Vu que ce produit représente un risque de toxicité pour la santé, Il est donc important de développer des méthodes d'analyse capable de le détecter. A cet effet, un capteur électrochimique a été synthétisé. Ce capteur électrochimique est une électrode à pâte de carbone modifiée par l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA). Il a été caractérisé par des méthodes électrochimiques comme la voltammétrie cyclique et la voltammétrie à ondes carrées en présence du cuivre. Certains paramètres électrochimiques comme l'influence de la concentration du cuivre, la limite de détection, l'influence du pH, la reproductibilité des résultats ont été étudiés.

**MOTS-CLEFS:** synthèse, électrode modifiée, SWV, VC, cuivre, capteur électrochimique, EDTA.

## 1 INTRODUCTION

Le cuivre est une substance très commune qui est naturellement présente dans l'environnement et se diffuse dans l'environnement par des phénomènes naturels. Les hommes utilisent énormément le cuivre, il est utilisé par exemple dans l'industrie et dans l'agriculture. Il est surtout présent dans la croûte terrestre sous forme de sulfure de cuivre (la chalcocite,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ), de sulfure de cuivre-fer (la chalcopryrite,  $\text{CuFeS}_2$ ), de bonite ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), et aussi comme des minéraux oxydés tels que les carbonates, sulfates et le cuivre des hydroxyle-silicates [1]. Le cuivre se retrouve dans l'eau de surface, l'eau souterraine, l'eau potable et l'eau de mer, mais il est initialement présent sous forme de complexes ou de matière particulaire [2].

C'est un oligoélément essentiel à la vie humaine, mais une grande quantité est toxique pour les organismes vivants. Les effets toxiques du cuivre sur la santé humaine sont connus en altérant le cerveau, le pancréas, le foie, la peau et le cœur [3]. L'exposition chronique (à long terme) au cuivre peut endommager le foie et les reins<sup>1</sup> [4]. Des niveaux élevés de cuivre libre existent dans la maladie d'Alzheimer [5], qui a été supposée être liée à la consommation de cuivre inorganique [6]. Le cuivre et le zinc sont connus pour se lier aux protéines bêta-amyloïdes dans la maladie d'Alzheimer [7]. On pense que cette forme liée assure la médiation de la production d'espèces réactives de l'oxygène dans le cerveau [8].

Un excès de cuivre dans l'eau peut endommager les organismes marins et d'eau douce tels que les poissons et les mollusques [9].

Vu que ce produit représente un risque de toxicité pour la santé, Il est donc important de développer des méthodes d'analyse capable de le détecter. L'objectif de ce travail est donc d'élaborer un capteur électrochimique capable de détecter le cuivre. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) comme modifiant de la surface de notre électrode, faite à base de pâte de carbone graphite. Les méthodes électrochimiques utilisées dans cette étude sont la voltammétrie cyclique et la voltammétrie à ondes carrées.

## **2 MATERIELS ET METHODES**

### **2.1 RÉACTIFS ET SOLUTIONS**

Nos électrodes ont été élaborées à base de la pâte de carbone graphite. La poudre ayant servi à obtenir la pâte a été obtenue auprès de SIGMA-ALDRICH.

L'eau distillée a été utilisée pour préparer toutes les solutions.

L'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) est un acide organique fort (environ 1000 fois plus puissant que l'acide acétique), il n'existe pas à l'état naturel. L'EDTA est un chélateur qui peut être combiné avec pratiquement tous les métaux du tableau périodique. Dans le domaine médical, l'EDTA est utilisé dans les intoxications aux métaux tels que le plomb. L'EDTA est utilisé comme agent chélateur dans le saturnisme [10]. Selon la littérature [11], l'EDTA pourrait réduire la toxicité du Cu dans les algues en empêchant son absorption par la paroi cellulaire de l'algue et dans les sols. Ces propriétés de ce produit nous ont amenés à l'utiliser comme modificateur de la surface de notre électrode.

L'EDTA disponible en laboratoire est sous sa forme disodique, de formule  $C_{10}H_{14}N_2O_8 \cdot 2Na \cdot 2H_2O$  et de masse molaire 372,24 g/mol. La forme disodique de l'EDTA OU TITRIPLEX se présente sous la forme de poudre blanche et est soluble dans l'eau. Sa pureté est de 99% et a été fourni par les laboratoires MERCK.

L'électrolyte support utilisé est l'acide perchlorique de formule  $HClO_4$  à 0,1M avec une pureté de 72 % et une masse molaire de 100,46 g/mol. Ce produit a été obtenu auprès de Merck, Darmstadt. C'est une poudre blanche.

Le sulfate de cuivre, de formule  $CuSO_4$  se caractérise par une pureté de 98%, avec une masse molaire de 159,6 g/mol. Il a été fourni par les laboratoires Sigma-Aldrich. C'est une poudre bleue.

### **2.2 INSTRUMENT**

Les méthodes électrochimiques, à savoir la voltamétrie cyclique (VC) et la voltamétrie à ondes carrées (SWV) ont été réalisées à l'aide d'un potentiostat MiniEC2 type plug and play. Cet appareil a été fourni par « information sciences département de East China University of Science and Technology (Shanghai, chine) ». Il est piloté par un logiciel (Dorado 2019) permettant une acquisition des données. Dans cette étude, on a utilisé une cellule électrochimique à trois électrodes, à savoir l'électrode de travail, la contre électrode et l'électrode de référence. L'électrode de référence est une électrode au calomel saturé. Elle est mise dans un luggin capillaire dont l'extrémité est placée très proche de l'électrode de travail afin de réduire la chute ohmique [12]. La contre-électrode est une électrode de fil de platine et l'électrode de travail est l'électrode à pâte de carbone modifiée par l'EDTA (EPC/EDTA).

### **2.3 ELECTRODE DE TRAVAIL**

Pour l'élaboration de l'électrode de travail (EPC/EDTA), nous avons ajouté le modifiant (EDTA) à une proportion de 5% de la masse de la poudre de carbone graphite. La pâte obtenue est insérée dans la cavité d'un embout de pâte à glace (diamètre: 7 mm) au fond

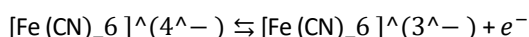
---

<sup>1</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Intoxication\\_par\\_le\\_cuivre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intoxication_par_le_cuivre) - cite\_note-CopperHealth-2

duquel une tige en carbone assure le contact électrique entre la pâte et le reste du montage électrique. L'électrode fabriquée est ensuite rincée à l'eau distillée, nettoyée et dégraissée à l'acétone avant d'être conservée à la température ambiante dans la salle avec soin pendant 24 heures. Ensuite, un papier lisse (papier filtre) est utilisé pour polir la surface de l'électrode avant son usage. L'électrode obtenue est une électrode à pâte de carbone modifiée par l'EDTA (EPC/EDTA).

## 2.4 PROCÉDURE ANALYTIQUE

Pour le choix du pourcentage du modifiant, différentes électrodes à pâte de carbone graphite ont été élaborées à différents pourcentages du modifiant, soit 5%, 7%, 10%, 15%. Une fois les électrodes élaborées, elles ont été caractérisées dans une solution de ferri-ferrocyanure. Les voltammogrammes cycliques ont été réalisés dans une solution de 0,1 mol.L<sup>-1</sup> KCl contenant 10<sup>-3</sup> mol.L<sup>-1</sup> de ferri-ferrocyanure. Le couple ferri-ferrocyanure a pour avantage l'échange d'un électron lors de la réaction redox. Ce transfert électronique se fait sans adsorption de l'espèce électroactive. La réaction du transfert électronique se produisant à l'interface électrode/solution est décrite par la réaction chimique suivante [13-14]:



Où:

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  est l'ion ferrocyanure et

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  est l'ion ferricyanure.

L'EDTA (5% de la masse de la poudre de carbone graphite) ajoutée à la poudre de carbone graphite a permis d'élaborer l'électrode modifiée (EPC/EDTA). L'électrode modifiée a été caractérisée dans la solution électrolytique de HClO<sub>4</sub> à une concentration de 0,1M. Le voltammogramme obtenu a été superposé à celui de l'électrode non modifiée (EPC). L'électrode modifiée (EPC/EDTA) a été ensuite caractérisée en présence du cuivre. L'influence de la concentration du cuivre a été étudiée pour exprimer la variation de la densité de courant en fonction de la concentration du cuivre. Cette variation nous permettrait donc de calculer la limite de détection (LD) qui traduit la plus petite quantité de cuivre que notre électrode de travail est capable de détecter.

La limite de détection (LD) et la limite de quantification (LQ) ont été calculées en utilisant les formules issues des travaux de Miller et Miller [15]. Dans ces travaux, il a été montré que la déviation standard du courant moyen (SD) mesuré lors de la mesure voltamétrique peut être déterminée par l'équation (1). A partir de SD, la limite de détection (LD) et la limite de quantification (LQ) peuvent être respectivement calculées à partir des équations (2) et (3).

$$SD = \frac{1}{(n-2)} \sum_{j=1}^n (i_j - I_j)^2 \quad (1)$$

$$LD = 3 \times \frac{SD}{Pente} \quad (2)$$

$$LQ = 10 \times \frac{SD}{Pente} \quad (3)$$

Où  $i_j$  est la valeur expérimentale du courant identifié à la manipulation  $I$  et  $I_j$  est la valeur correspondante calculée à la même concentration en utilisant l'équation de calibration:  $n$  est le nombre de mesure effectué; « Pente » est la pente de l'équation de calibration.

Une étude de l'influence du pH a été faite pour identifier le milieu dans lequel le capteur électrochimique élaboré serait efficace. Ainsi, toujours en présence du cuivre, notre capteur a été caractérisé dans différents milieux, à savoir le milieu acide, neutre et basique. La reproductibilité de nos résultats a été aussi étudiée.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 CHOIX DE LA QUANTITE DU MODIFICATEUR

Afin de déterminer la quantité optimale de l'EDTA pour la modification de la surface de notre électrode, nous avons fait varier la quantité du modifiant. La poudre de l'EDTA a été ajoutée à celle de la poudre de carbone graphite à différents pourcentages. Les pourcentages sont 5%, 7%, 10%, 15%. Les électrodes obtenues ont été caractérisées dans le ferri-ferrocyanure. La figure 1 montre les différents voltammogrammes cycliques enregistrés pour chaque quantité du modificateur.

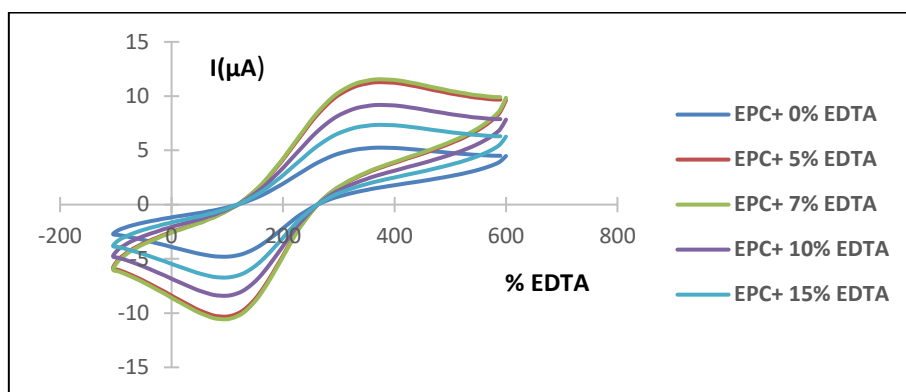


Fig. 1. Voltammogrammes cycliques des EPC/EDTA à différents pourcentages d'EDTA dans le ferri-ferrocyanure

L'étude du comportement électrochimique de ces électrodes modifiées aux différents pourcentages de l'EDTA permet de déterminer la quantité optimale du modifiant. Cette quantité optimale se traduit par le pic de courant le plus élevé. L'exploitation des densités de courant émanant des voltammogrammes de la figure 1 a permis de tracer la courbe de la figure 2.

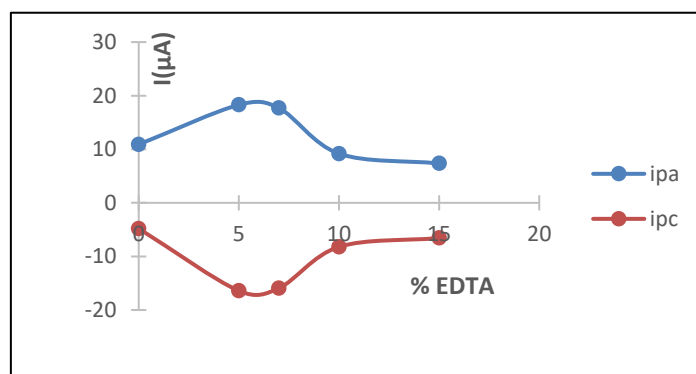


Fig. 2. Représentation des pics anodique et cathodique en fonction des pourcentages de l'EDTA

L'ajout de 5% de l'EDTA dans la poudre de carbone graphite entraîne une hausse de la densité de courant et atteint un maximum de 18,2861  $\mu\text{A}$ . Au-delà des 5%, la densité du courant diminue. Le pic de courant le plus élevé est donc enregistré pour un pourcentage de 5%.

La figure 3 met en évidence les voltammogrammes cycliques de l'électrode avant et après modification. Les deux voltammogrammes ne sont pas superposables, ce qui traduit que la surface de notre électrode a été bien modifiée.

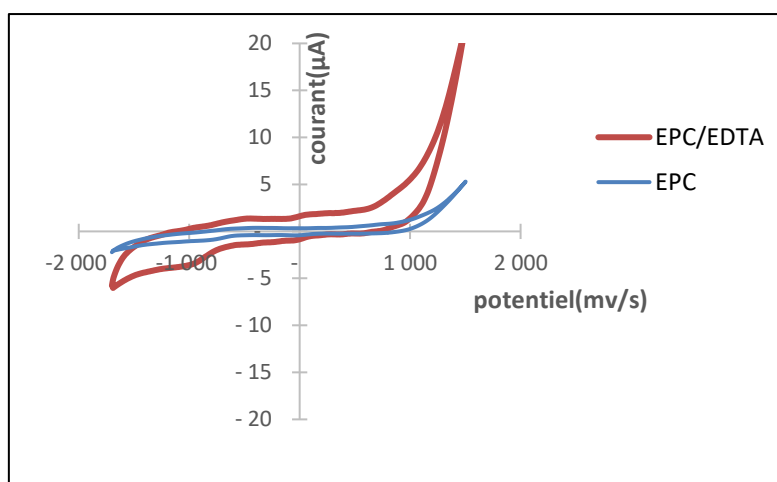
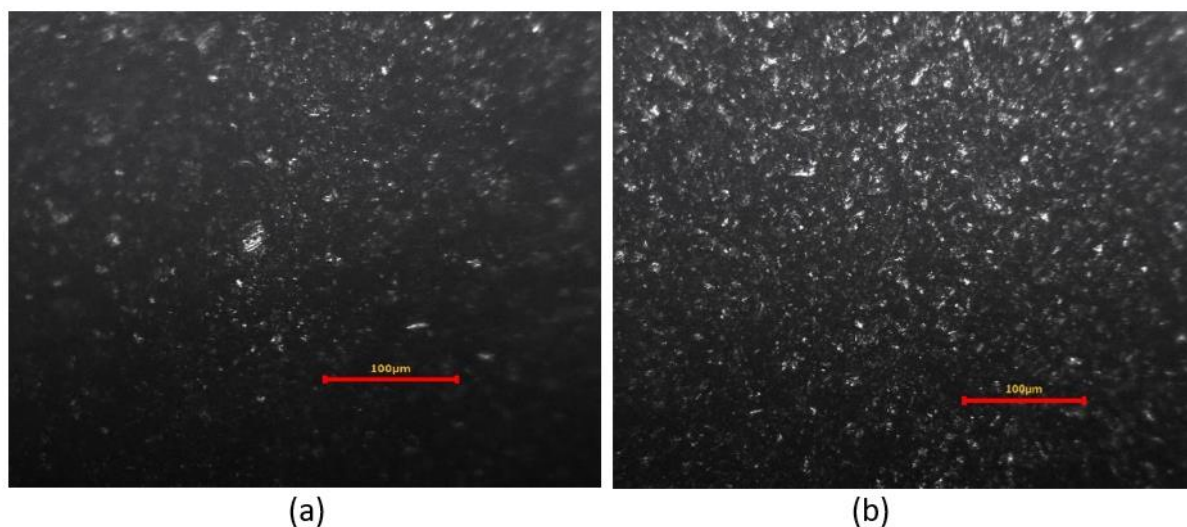


Fig. 3. Superposition des voltammogrammes cycliques de EPC et EPC/EDTA dans une solution de  $\text{HClO}_4$  à 0,1 M;  $v = 100 \text{ mV/s}$ , de -2V à 2V; pH = 3,75

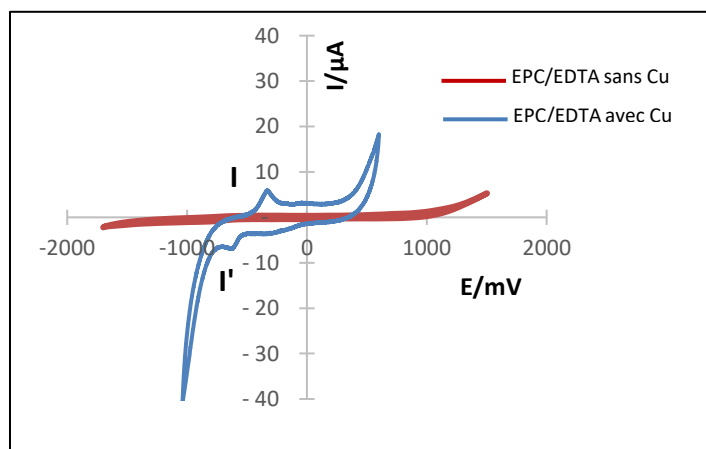
Les surfaces de l'électrode avant et après modification ont été photographiées à l'aide un microscope optique LEICA EZ4HD piloté par un logiciel LAS EZ (figure 4)



**Fig. 4. Microscopie optique (grossissement 10/0.25)**  
(a) Electrode à pâte de carbone avant modification ( $EPC_{mère}$ ) (b) après modification par l'EDTA ( $EPC/EDTA$ )

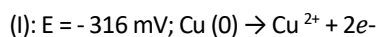
La surface de l'EPC/EDTA est caractérisée par la présence de points de coloration blanche.

L'électrode modifiée a été ensuite caractérisée en présence du cuivre afin d'étudier son comportement électrochimique quant à la détection de ce produit. La figure 5 montre la superposition des voltammogrammes de EPC/EDTA en absence et en présence de  $2\mu\text{M}$  de cuivre.

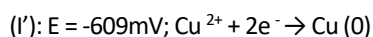


**Fig. 5. Superposition des voltammogrammes cycliques de EPC/EDTA en présence et en absence du cuivre dans une solution de  $\text{HClO}_4$  à  $0,1\text{ M}$ ;  $v = 100\text{ mV/s}$ ,  $\text{pH} = 3,7$**

Le voltammogramme présente deux pics significatifs dont un pic au balayage aller (I) au potentiel de  $E = -316\text{ mV/s}$  et un autre pic (I') au balayage retour au potentiel de  $E = -609\text{ mV/S}$ . Ces pics correspondraient respectivement à l'oxydation et à la réduction du cuivre à la surface de notre électrode EPC/EDTA.



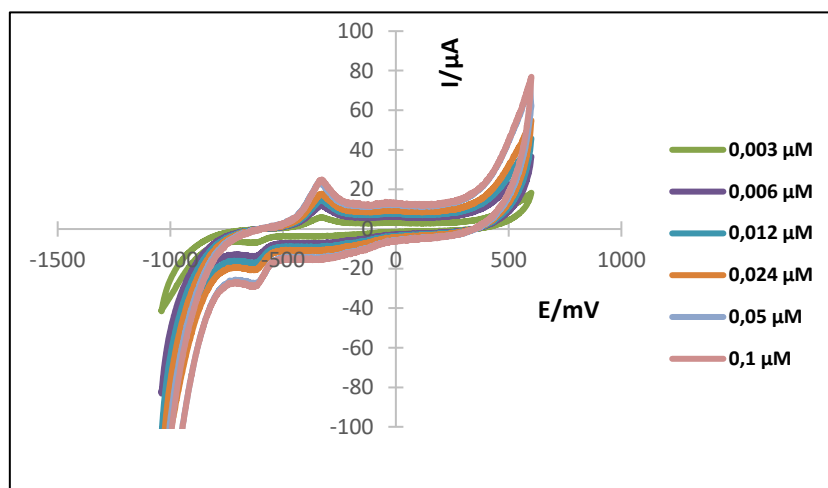
Cette valeur se rapproche de celle de la littérature [16].



## 3.2 INFLUENCE DE LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DU CUIVRE

### 3.2.1 LA VOLTAMMÉTRIE CYCLIQUE

Ce capteur (EPC/EDTA) a fait l'objet d'une caractérisation électrochimique par la voltammétrie cyclique (figure 6) et la voltammétrie à ondes carrées (figure 7) en présence du cuivre. Cette étude a été réalisée en vue d'étudier l'influence de la variation de la concentration du cuivre sur l'électrode.

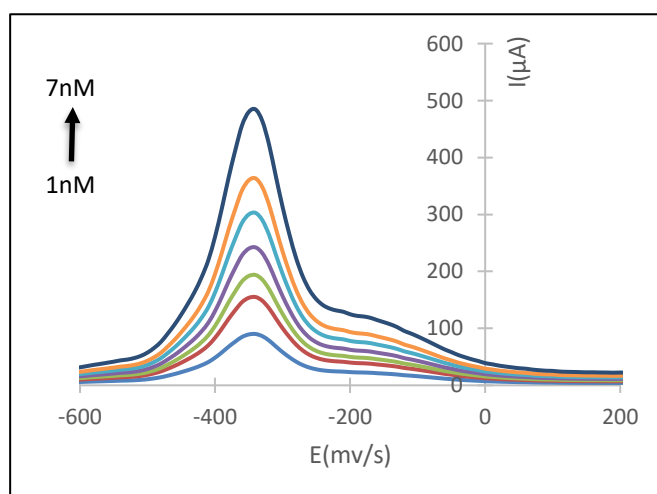


**Fig. 6.** Voltammogrammes cycliques de EPC/EDTA en présence du cuivre à différentes concentrations dans  $\text{HClO}_4$  à 0,1 M,  $v=100\text{mV/s}$ ,  $\text{pH}=3,7$

Ces voltammogrammes ont été réalisés dans un domaine de concentration allant de 0,003  $\mu\text{M}$  à 0,1  $\mu\text{M}$  de cuivre. Sur chaque voltammogramme, il est observé deux pics dont un pic anodique et un pic cathodique. Ces pics correspondent à l'oxydation et à la réduction du cuivre à la surface de notre électrode.

### 3.2.2 LA VOLTAMMÉTRIE À ONDES CARRÉES

Dans les conditions expérimentales optimisées, la courbe d'étalonnage pour la détermination du Cu (II) dans la solution de  $\text{HClO}_4$  à 0,1 M a été réalisée par la voltammétrie à ondes carrées avec des concentrations du cuivre allant de 1 à 7 nM (figure 7).



**Fig. 7.** Voltammogrammes à ondes carrées de EPC/EDTA en présence du cuivre à différentes concentrations dans  $\text{HClO}_4$  à 0,1 M.  $v=100\text{mV/s}$ ,  $\text{pH}=3,7$ ; pas de potentiel ( $E_p$ ) = 5mV;  $f=25\text{Hz}$ ;  $A_m=50\text{mV}$

Le tracé de la courbe d'étalonnage des courants de pics anodiques en fonction de la concentration de Cu (II) est une droite de coefficient de corrélation  $R^2=0.9987$  (figure 8). La courbe d'étalonnage trouve son importance dans la détermination de la concentration du polluant lors des analyses d'échantillons dans des matrices réels. Cela à travers la limite de détection.

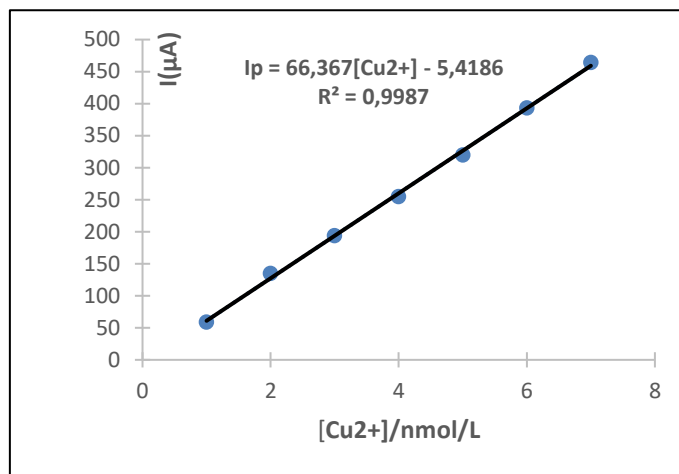


Fig. 8. La courbe d'étalonnage de EPC/EDTA en fonction de la concentration du cuivre

Les limites de détection et de quantification sont respectivement 0,73nM et 2,46nM. Cette limite de détection a été comparée à celles d'autres travaux. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1. Comparaison de limites de détection du présent travail et d'autres travaux réalisés

| Electrodes-mère              | Electrode modifiée   | Domaine de linéarité | Limite de détection | Référence       |
|------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Électrode en carbone vitreux | Film d'antimoine     | 0,031–0,78 μM        | 7,8nM               | [17]            |
| Pencil graphite électrode    | Graphene quantum dot | 0,05–4 nM            | 12pM                | [18]            |
| EPC                          | EDTA                 | 1-7nM                | 0,73nM              | Présent travail |

### 3.3 INFLUENCE DU PH

L'influence du pH a été étudiée dans la gamme de pH allant de 1,7 à 7,89. Cette étude a été faite en vue d'identifier le milieu dans lequel notre électrode développe une bonne électroactivité. La figure 9 présente la superposition des voltammogrammes issus de la caractérisation électrochimique de l'EPC/EDTA dans notre électrolyte support contenant 2μM de cuivre à différentes valeurs de pH. Les pics d'oxydation et de réduction du cuivre sont bien définis et augmentent avec le pH.

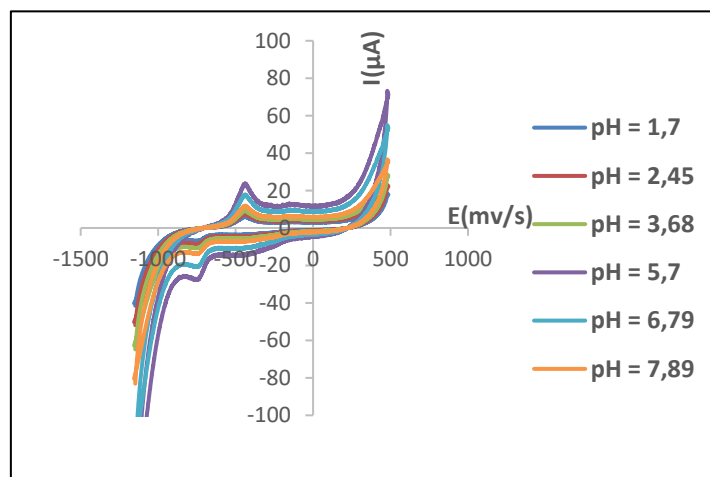
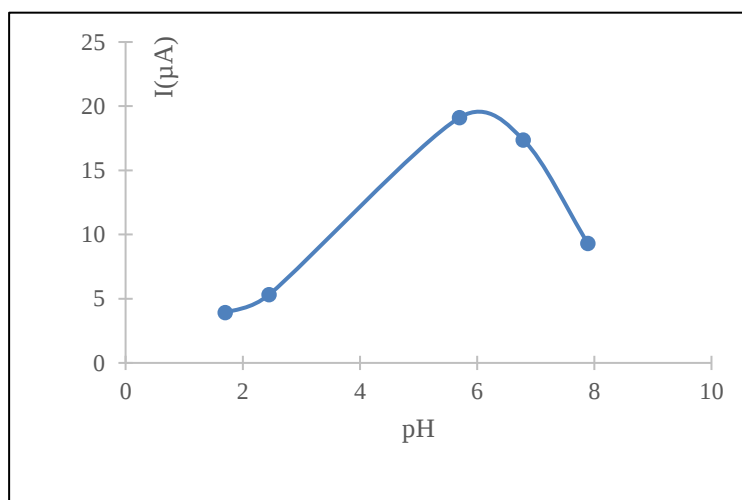


Fig. 9. Courbes voltammétriques de EPC/EDTA en présence de 2μM de cuivre à différentes valeurs de pH dans HClO<sub>4</sub> à 0,1 M,  $v = 100 \text{ mV/s}$

A partir de ces voltammogrammes, l'évolution du pic de courant anodique a été représentée en fonction du pH. La figure 10 présente l'évolution des courants anodique en fonction de l'évolution du pH.

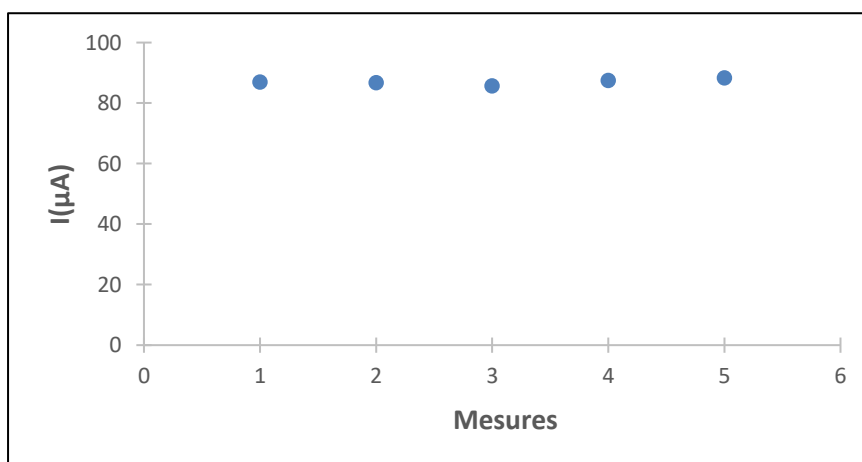


**Fig. 10.** Evolution du pic en oxydation en fonction du pH

Il est observé une augmentation du courant de pic pour des valeurs de pH allant de 1,7 à 5,7. Au-delà de cette valeur on observe une décroissance des courants anodique. De ce fait la valeur 5,7 est conservée comme le pH idéal pour la détection du cuivre par EPC/EDTA. Cette valeur est proche celle utilisé dans la littérature [19].

### 3.4 LA REPRODUCTIBILITÉ DES RÉSULTATS

La reproductibilité du capteur élaboré pour la détection du cuivre a été étudiée pour cinq électrodes préparées dans de les mêmes conditions, dans l'électrolyte support contenant 2nM de  $\text{Cu}^{2+}$ . La figure 11 présente les résultats obtenus.



**Fig. 11.** Variation de la densité de courant des pics obtenus sur l'électrode EPC/EDTA

On note une faible variation du courant pour les cinq mesures effectuées. Au vu de ces résultats, nous pouvons conclure que les résultats sont reproductibles.

## 4 CONCLUSION

Il ressort de notre étude que le capteur élaboré c'est-à-dire EPC/EDTA est capable de détecter le cuivre avec une limite de détection de 0,73 nM et une limite de quantification de 2,46nM. L'étude de l'influence du pH a montré que ce capteur électrochimique est efficace en milieu acide. L'étude de l'influence de la concentration du cuivre sur l'électrode de travail a montré que la densité de courant augmente linéairement avec les concentrations du cuivre. Les résultats sont reproductibles.

En perspective, nous comptons faire une application analytique de cette électrode dans le jus d'orange. Cette application analytique va consister à ajouter le cuivre à différentes concentrations dans le jus d'orange préparé et faire la caractérisation électrochimique de l'électrode. Ceci a pour objectif de tester la capacité de notre électrode à détecter le cuivre dans un aliment. Nous comptons aussi modifier notre électrode par des plantes, en vue d'améliorer la limite de détection de notre électrode.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Directeur du Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière de l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, le Professeur OUATTARA Lanciné, pour avoir facilité nos différentes manipulations. Nous adressons nos remerciements au Professeur Abdelilah CHTAINI pour son encadrement qui nous a permis de mieux cerner les électrodes à pâte de carbone en ce qui concerne leur étude électrochimique.

## REFERENCES

- [1] Kiaune, L. et Singhasemanon, N. Pesticidal copper (I) oxide: environmental fate and aquatic toxicity. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 213; 1-26, 2011.
- [2] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for copper. U.S. department of health and human services, 247-259, 2002.
- [3] Davis, J. A., Volesky, B. et Vierra, R. Sargassum seaweed as biosorbent for heavy metals, *Water Research*, 34, 17, 4270-4278, 2000.
- [4] « Copper: Health Information Summary [archive] », *Environmental Fact Sheet*, New Hampshire Department of Environmental Services, 2005.
- [5] Brewer GJ, « Copper toxicity in the general population », *Clin Neurophysiol*, 121 (4); 459–60, 2010.
- [6] Brewer GJ, « The risk of copper toxicity contributing to cognitive decline in the aging population and to Alzheimer's disease », *J. Am. Coll. Nutr.*, 28 (3); 238–42, 2009.
- [7] Faller P, « Copper and zinc binding to amyloid-beta: coordination, dynamics, aggregation, reactivity and metal-ion transfer », *ChemBioChem*, 10 (18); 2837–45, 2009.
- [8] « Abeta-mediated ROS production by Cu ions: structural insights, mechanisms and relevance to Alzheimer's disease », *Biochimie*, 91 (10); 1212–7, 2009.
- [9] « Evaluation of acute copper toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*) in soft surface waters », *Environ. Toxicol. Chem.*, 24 (2); 408-14, 2005.
- [10] M Klein, P Kaminsky, ML Duc, M Duc *Diagnostic et traitements actuels du saturnisme*. 15, Paris: Elsevier, Vol. 101-109; 1994.
- [11] D. Baize, N. Saby et C. Walter. Le cuivre extrait à l'EDTA dans les sols de France. *Rennes: Etude et Gestion des Sol (INRA)*, 13 (4); 259-268, 2006.
- [12] Pohan Aliou Lemeyonouin Guillaume, Ouattara Lassiné, Kondro Konan Honoré, Kambiré Olo, Trokourey Albert, *Electrochemical Treatment of the Wastewaters of Abidjan on Thermally Prepared Platinum Modified Metal Oxides Electrodes*, *European Journal of Scientific Research*, 94 (1); 96-10, 2013.
- [13] C. A. McDermott, K. R. Kneten, and R. L. McCreery, «Electron Transfer Kinetics of Aquated Fe + 3 / + 2, Eu + 3 / + 2, and V + 3 / + 2 at Carbon Electrodes Inner Sphere Catalysis by Surface Oxides», s.l.: J. Electrochem. Soc 140 (9); 2593–2599, 1993.
- [14] McCreery, K. R. Kneten and R. L. «Effects of redox system structure on electron-transfer kinetics at ordered graphite and glassy carbon electrodes», s.l.: *Anal. Chem* 64 (21); 2518–2524, 1992.
- [15] J.C. Miller, J.N. Miller, « Basic statistical methods for analytical chemistry. Part I. Statistics of repeated measurements », *Analyst*, 113; 1351–1356, 1988.
- [16] Doblhofer, Karl, Doblhofer, Karl; Wasle, Sabine; Soares, David M.; Weil, Konrad G; Ertl, Gerhard An EQCM Study of the Electrochemical Copper (II) /Copper (I) /Copper System in the Presence of PEG and Chloride Ions. 150 (10), Berlin: *Journal of The Electrochemical Society*, 657- 664. 0013-4651, 2003.
- [17] Xiaoxia Xu, Guotao Duan, Yue Li, Guangqiang Liu, Jingjing Wang, Hongwen Zhang, Zhengfei Dai, and Weiping Cai, *American Chemical Society*, 6; 65–71, 2014.
- [18] F. Ahour, M. Taheri, Anodic stripping voltammetric determination of copper (II) ions at a graphene quantum dot-modified pencil graphite electrode, *Journal of the Iranian Chemical Society*; 15; 343-350, 2018.
- [19] Inderpreet Kaur, Manish Sharma, Sarbjit Kaur, Amanpreet Kaur; Ultra-sensitive electrochemical sensors based on self-assembled chelating dithiol on gold electrode for trace level detection of copper (II) ions. 312, Amritsar, Punjab: *Sensors and Actuators: B. Chemica*, 0925-4005, 2020.

