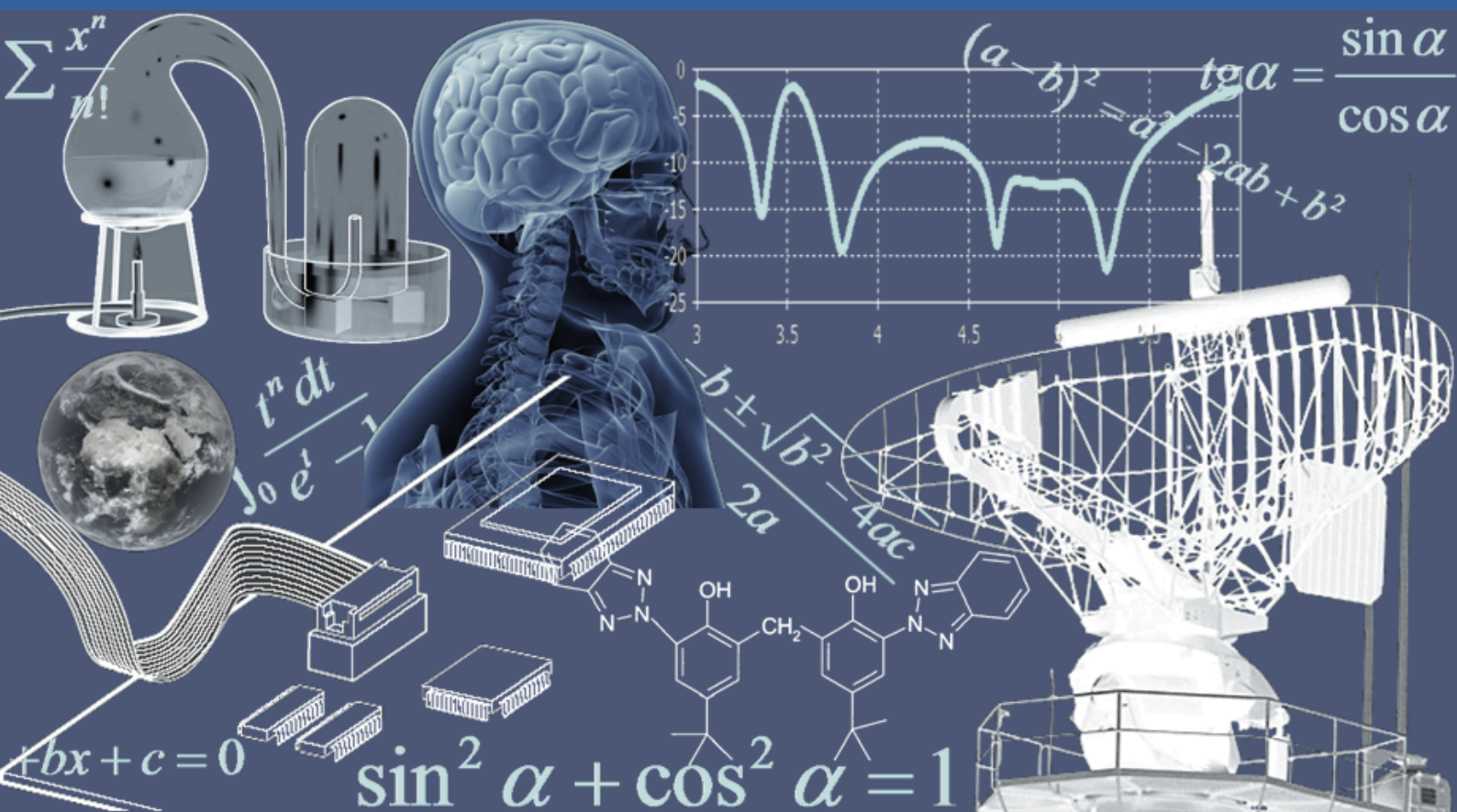


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 42 N. 1 March 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

Evaluation of the Viability of Turpentine Oil at High Density Printing on Cotton Fabric <i><u>Md. Mahbubur Rahman, Md. Sherazul Islam, Abrar Yasir Abir, Nusrat Jahan Mousumi, Suraiya Ireen, and Jagannath Biswas</u></i>	1-7
Evaluation de l'activité antifongique de 4 plantes utilisées dans le traitement de Tinea capitis (la teigne) au Niger <i><u>Ramatoulaye MAROU HIMA, Alfa Keita DJIBO, Ali Elhadji SALEY, Souley GAMBO, and Idrissa MOUSSA</u></i>	8-12
Management of purple blotch disease on onion (<i>Allium cepa</i> L.) using fungicides and plant-based pesticides in West Africa, Burkina Faso <i><u>Tounwendsida Abel Nana, Ouahabo Koanda, Adama Sirima, Kouka Hamidou Sogoba, Marcel Bembamba, and KOÏTA Kadidia</u></i>	13-21
Evolution of gold content along the orebody in the Torkera gold deposit, Gaoua district: Deformation and hydrothermal alteration <i><u>Barkwendé H. Fabrice Ouédraogo, Pascal Quiya, and Boukaré Kiéma</u></i>	22-34
Analyse pétrosédimentaire des dépôts maastrichtiens et paléocène-yprésien de la région de Kao et indices de minéralisations phosphatées (Région Tahoua, Niger Central) <i><u>Aguede Komi, Aminou A. Maâzou, Hassane Bouba, Tourba Kamaye, and Yacouba Ahmed</u></i>	35-48
Hearing Aid Dispensation in the Cameroon Baptist Convention Health Services: An analysis of the Model, Client Satisfaction and impact on quality of life <i><u>Awah Jacques Chirac, Louis Mbibeh, Evaristus Tikum Acha, and Tih Pius Muffih</u></i>	49-61
Design of Biomass Cookstoves Reliability Demonstration Test Plans <i><u>Tsapi T. Kevin, Samuel M. Bisong, and Bertin D. Soh Fotsing</u></i>	62-74
Challenges faced by Bunia English teachers in English teaching in 3rd and 4th forms building section <i><u>Maki Tsedha Christian</u></i>	75-81
Caractérisation des systèmes d'élevage des cobayes (<i>Cavia porcellus</i> L.) en ville de Butembo en République Démocratique du Congo <i><u>Mbusa Siviholya Kito, Kavugho Mboni Sergine, Lwanzo Kisonia Nelly, and Kavira Mwenge Ghislaine</u></i>	82-93
Impact de la fréquence des traitements phytosanitaires sur les dégâts de <i>Spodoptera frugiperda</i> J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) sur le maïs à l'Ouest du Burkina Faso <i><u>Aboul Gani Dia, Issoufou Ouedraogo, Omer Aimé Sacamba Hema, and Antoine SANON</u></i>	94-101
Supplementary food formulation based on plantain, enriched with peanuts <i><u>Ernest Bonzou TIGORI, Siméon Koffi BROU, Nestor Kouakou KOUASSI, and Tano Kablan</u></i>	102-112
Potentiel fourrager des arbres et arbustes en Afrique de l'Ouest: Synthèse bibliographique <i><u>Idrissa Soumana, Ibrahim Biga, and MAHAMANE Ali</u></i>	113-130
Agro-pedological impacts of different crop rotations on a ferric acrisol in Burkina Faso <i><u>Pouya Mathias Bouinzenwendé, GNANKAMBARY Zacharia, KIBA Delwendé Innocent, Nongma Zongo, and Sedogo Michel</u></i>	131-140
Intégration des soins de maternité respectueux: Tendance et pratique à l'hôpital général de référence de Mvuzi de Matadi <i><u>KENA KAPINGA KENURE</u></i>	141-148
Profil épidémiologique et risque probable du diabète gestationnel à l'hôpital général de référence de Kimbanseke à Kinshasa, RD Congo <i><u>B.N. Mukuna, A. Ndomba, A.K. Muzingu, KENA KAPINGA KENURE, J.B.M. Kawumbu, and G.K. Mutshipayi</u></i>	149-157
La répression de l'infraction de viol sur mineur à l'épreuve des pratiques judiciaires en RDC: Cas du Tribunal de Grande Instance de Mbandaka, de 2020 à 2023 <i><u>Cédric IMPOELA BOTULI</u></i>	158-168
Exploration de l'Usage de ChatGPT par les Enseignants des Sciences de la Vie et de la Terre (Maroc) <i><u>Zahra Zerrouqi and Jamila Abderbi</u></i>	169-177
L'impact des médias dans l'action du terrorisme contemporain <i><u>Tshabukole Nsabua</u></i>	178-185

Prévalence et issue des grossesses à haut risque à la maternité de Kintambo dans la ville de Kinshasa du 01-01-2017 au 31-12-2022	186-193
<i><u>B.N. Mukuna, A. Ndomba, D.K. Muamba, A.K. Muzingu, and KENA KAPINGA KENURE</u></i>	
Physical, Mechanical, and Durability Properties of Compressed Earth Blocks Filled by Juncus Plant Fibers	194-205
<i><u>Reda Sadouri and Farah Chantit</u></i>	

Evaluation of the Viability of Turpentine Oil at High Density Printing on Cotton Fabric

Md. Mahbubur Rahman¹, Md. Sherazul Islam², Abrar Yasir Abir³, Nusrat Jahan Mousumi⁴, Suraiya Ireen⁵, and Jagannath Biswas⁶

Department of Textile Engineering, Green University of Bangladesh, Dhaka, Bangladesh

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: Printing is a popular method for all fabrics and garments. It is referred to as localized dyeing, in which dyes or pigments are applied using different techniques that can provide a particular color effect on the fabric surface according to the design. High-density printing is one of the most essential fabric and garment printing processes which results in a raised or textured surface on the fabric. In this study, we examined the performance of turpentine oil instead of silicon oil in high-density rubber printing on cotton cloth. Based on colorfastness to washing, colorfastness to rubbing, colorfastness to perspiration, colorfastness to saliva, and colorfastness to light, the performance of the printed fabric was assessed. We also evaluated the expense of the printing chemicals and the smell of the printed fabric. Turpentine oil saves around 10% on chemical costs, brings satisfactory results, and smells like kerosene. By curing the printed cloth or exposing it to sunlight for 4-5 days, this odor can be eliminated.

KEYWORDS: Cotton Fabric, High-Density Printing, Silicone Oil, Turpentine Oil, Color Fastness.

1 INTRODUCTION

Cotton is the most important natural and cellulosic fiber used in the production of clothing, home furnishings, and industrial applications [1]. Cotton fibers are most popular in the textile industry because they combine durability, attractive qualities, and comfort – their strength, softness, absorbency, and coloration ability [2]. Cotton fiber has a fibrillar structure which consists of a primary wall, a secondary wall, and a lumen [3]. Cotton fiber contains hundreds to thousands of connected D-glucose units held together by hydroxyl groups. The fiber's ability to absorb water and swell is owing to the cellulose macromolecule's numerous polar OH groups. Cotton fabrics can be printed with natural dyes, synthetic dyes, and pigments.

Textile printing is the practice of applying color to fibers in distinct patterns or designs with sharp outlines [4]. It is a coloring technique in which colors are applied to specific areas of fabric rather than the entire fabric. The resulting multi-colored patterns are beautiful and artistic, adding to the value of the dyed fabrics [5]. There are different techniques available for textile printing. High-density printing is one of the most important printing methods for fabrics and garments. It is a printing technique that creates extremely detailed and fine prints with extreme precision. It creates a special effect that rises from the garment and has a rough, rubbery feel with sharp edges. It is one of the most amazing approaches in the apparel design scene today. When printed using this approach, the ink lifts off the fabric, creating a three-dimensional effect not possible with standard procedures. It is done with more strokes to make the printed area thicker during printing. High-density printing can be done in two ways: rubber-based high-density printing and plastisol-based high-density printing. Silicone oil is used in rubber-based high-density printing. It creates a slippery effect on the printed portion of the fabric or garments.

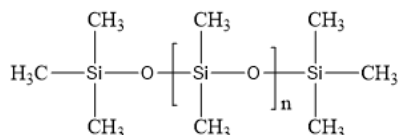


Fig. 1. Chemical Structure of Silicone Oil [6]

In this research work, we replaced silicone oil with turpentine oil. Turpentine oil is a liquid derived from living trees, primarily pines. Terpenes such as monoterpenes, alpha-pinene, beta-pinene, and trace amounts of careen, camphene, dipentene, and terpinolene make up its composition. Turpentine oil is a highly flammable and volatile solvent with various industrial applications including paint brush cleaning, paint thinner, and floor and furniture waxes and polishes [7].

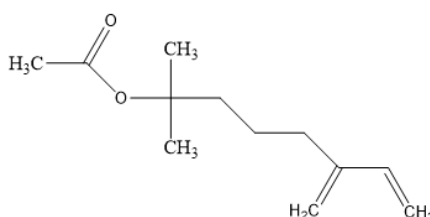


Fig. 2. Chemical Structure of Turpentine Oil

Turpentine oil has few applications in textile dyeing, printing, and finishing industry. Ghada A. Elsayed et al. investigated the eco-friendly printing of jute fabrics using natural dyes. In this work, he showed that pigment colors are printed on jute fabrics using kerosene or mineral turpentine oil (MTO) --based emulsion thickeners [8]. Turpentine oil has numerous applications outside of the textile industry. A.K. Jeevanantham et al. investigated the influence of a cetane improver using turpentine oil on the parameters of a CI engine [9]. Rakesh A. Afre et al. investigated carbon nanotubes using spray pyrolysis of turpentine oil at various temperatures [10]. B. Prem Anand et al. studied the performance and exhaust emissions of direct injection diesel engines fuelled by turpentine oil [11]. Youchang Liu et al. investigated the effect of turpentine oil on the generation of C-reactive protein (CRP) in rainbow trout [12]. Naseem Ahmad Charoo et al. investigated the effect of tulsi (*Ocimum sanctum*) and turpentine oil on the bioavailability of transdermally applied flurbiprofen [13]. Nanik Wijayati et al. investigated the composition and antibacterial efficacy of a hand sanitizer gel containing pinene extracted from turpentine oil [14]. Meanwhile, there has been no research regarding the use of turpentine oil in high-density textile printing. Thus, in this work, we investigated the efficacy of turpentine oil on high-density textile printing. The printed fabric's odor and chemical costs were also compared to existing high-density printing processes.

2 MATERIALS & METHODS

2.1 MATERIALS

In this study, 100% cotton fabric (knitted single jersey) was used. Impress-Newtex Composite Textiles Ltd provided the fabric, which had previously been desized, scoured, and bleached. The fabric's areal density was 150 g/m². Masco Knit Composite Ltd provided rubber-based high-density printing paste (Silkflex High-Density Rubber White WHD-302 and Silkflex High-Density Rubber Clear CHD-301), a fixing agent (Silkflex Eco Oxal Fixer SU 400 E), and basic pigment colors (Koritex Red PGR3). Silicone oil and turpentine oil were purchased from the local market.

2.2 PRINTING PROCEDURE

At first, we gathered desized, scoured, and bleached fabric. The screen was then prepared according to the design. The printing table was then prepped for smooth printing. The print paste was then prepared by mixing a rubber-based high-density print paste, a fixing agent, silicone oil or turpentine oil, and basic colors. The design was then printed (stock-4, impression-3) on the fabric. The printed fabric was then dried for 2 minutes at 120 °C. Finally, we cured the printed fabric at 160 °C for 5 minutes. The printing recipe is represented in Table 1.

Table 1. Printing Recipe

Chemicals	With Silicone Oil	With Turpentine Oil
Silkflex High-Density Rubber White WHD 302	30%	30%
Silkflex High-Density Rubber Clear CHD-301	60%	60%
Silkflex Eco Oxal Fixer SU 400 E	2%	2%
Silicone Oil	5%	-
Turpentine Oil	-	5%
Koritex Red PGR3	3%	3%
Total	100%	100%

2.3 TEST METHODS

Colorfastness to washing, rubbing (dry and wet), sweat (acidic and alkaline), saliva, and light were tested using the ISO 105 C06 (C2S): 2010, ISO 105 X12: 2016, ISO 105 E04: 2013, GB/T 18886: 2019, and ISO 105 B02: 2014 methods, respectively. The printed fabric's smell and the printing chemical costs were also compared.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 COLORFASTNESS TO WASHING

The color of a textile material refers to the dye that is used to impart a certain color or any pigment that is used to print on the fabric. These dyes or pigments tend to fade over time and also because of repeated washing. So, it is important to test the fastness of any dyed or printed textile to assess the quality of the dye or pigment being used. The resistance of a material to change in any of its color characteristics, when subjected to washing is called color fastness to washing. In this investigation, Colorfastness to washing was evaluated by ISO 105 C06 (C2S): 2010 which is shown in Fig 3. From this figure, it is observed that turpentine oil provides good results (grade 4 in the case of cotton) when compared to silicone oil (grade 4.5 in the case of cotton) in terms of color change and stains on multi-fiber fabrics. This occurs due to the use of turpentine oil in the print paste, which maintains its proper viscosity.

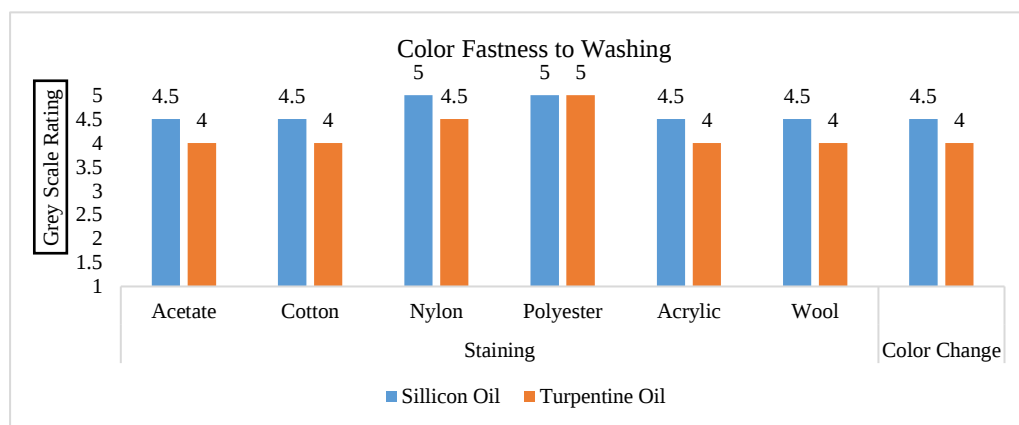


Fig. 3. Colorfastness to washing

3.2 COLORFASTNESS TO RUBBING

Crocking fastness is the migration of color from the dyed surface to another surface by intense contact, for example by rubbing. Crocking is the transfer of the colorants from the surface of the colored fabric or yarn to adjacent areas of the same fabric or the other fabric principally by rubbing. Under controlled conditions, the colored specimen is rubbed with the white test cloth. Color transfer to the white cloth is evaluated by comparison with the standard grayscale. In this research, colorfastness to rubbing was assessed using ISO 105 X12: 2016.

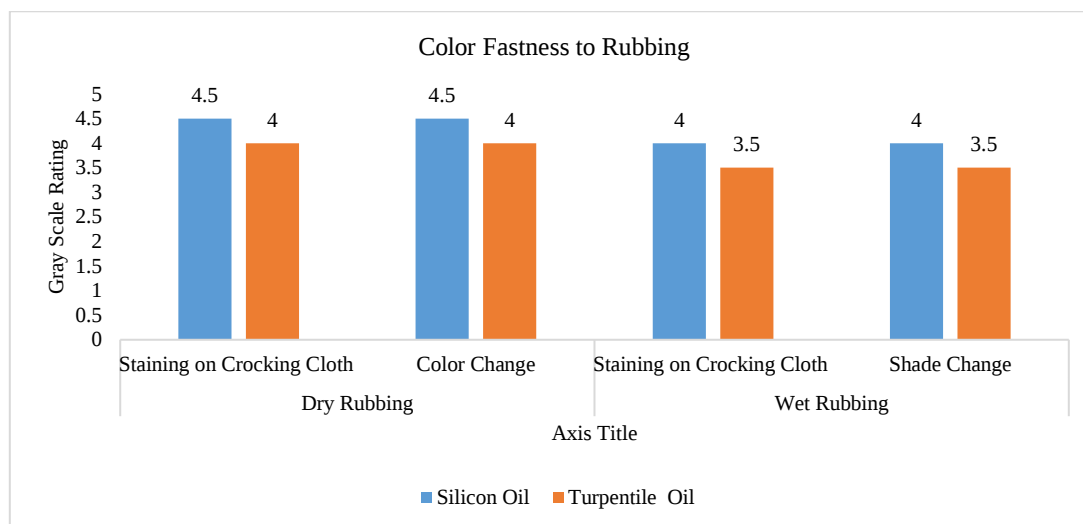


Fig. 4. Colorfastness to rubbing

In Fig 4, the colorfastness of the rubbing test result is analyzed and we see that turpentine oil provides good results (grade 4 for dry rubbing) when compared to silicone oil (grade 4.5 for dry rubbing) and provides satisfactory results (grade 3.5 for wet rubbing) when compared to silicone oil (grade 4 for wet rubbing). This is due to the resistance ability of turpentine oil against frictional exerted in the rubbing fastness tester. Color change grading for both dry and wet rubbing is also satisfactory for the rubbing of printed fabric.

3.3 COLORFASTNESS TO PERSPIRATION

Perspiration from the human body is a complex chemical containing large quantities of salts. Depending on the human metabolism, it can be either acidic or alkaline. The tests for color fastness to perspiration are based on the solution prepared by simulating the acid and alkaline perspiration. The color fastness to perspiration refers to the ability not to fade and not to stain when the dyed fabric is perspired, and it is one of the main color fastness testing items of textiles. In this study, colorfastness to perspiration was assessed using ISO 105 E04: 2013 is represented in Fig 5. In this investigation, we discovered that turpentine oil provides good results for acidic sweat and the same results for alkaline perspiration when compared to silicone oil in terms stains on multi-fiber fabrics. This may occur due to the more resistance ability of turpentine oil against acidic sweat than alkaline sweat. Color change grading for both acidic and alkaline sweat are also satisfied for perspiration of printed fabric.

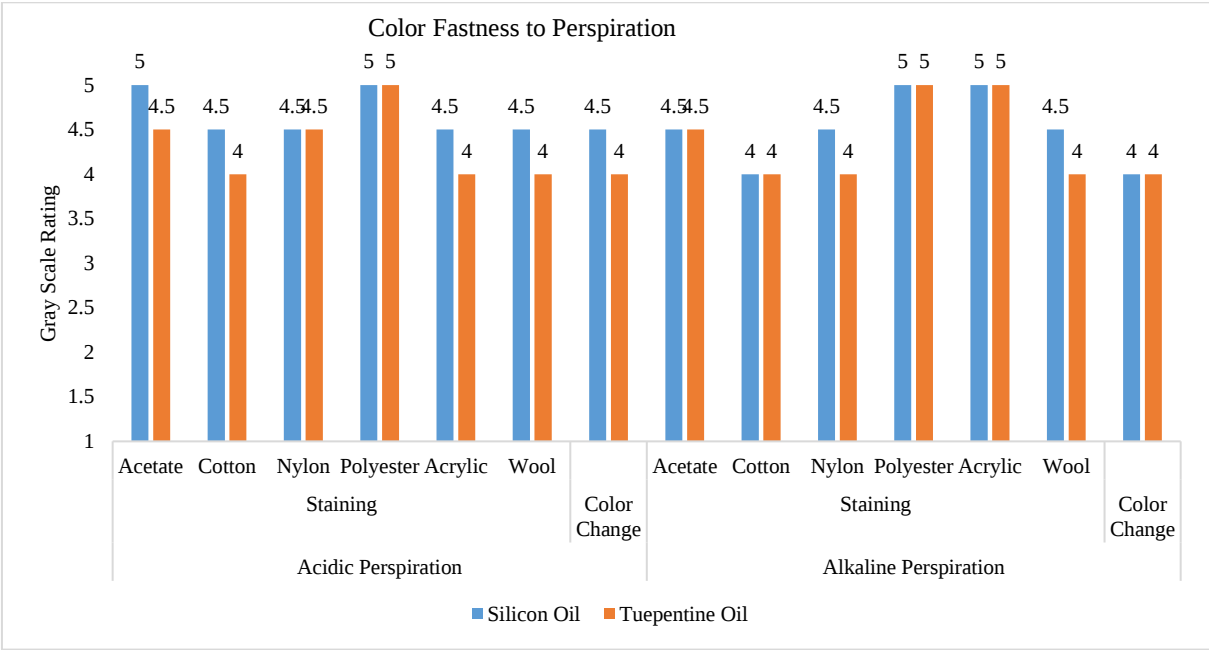


Fig. 5. Colorfastness to perspiration

3.4 COLORFASTNESS TO SALIVA

Colorfastness to saliva is a measure of how well a dyed or printed textile material can resist fading or bleeding when exposed to saliva. Saliva is a fluid secreted by the salivary glands in the mouth and contains enzymes, electrolytes, and other substances. Colorfastness to saliva is an important factor when selecting clothing or other clothing materials for infants and young children, who may frequently lick or put items in their mouths. In this study, colorfastness to saliva was assessed by GB/T 18886: 2019.

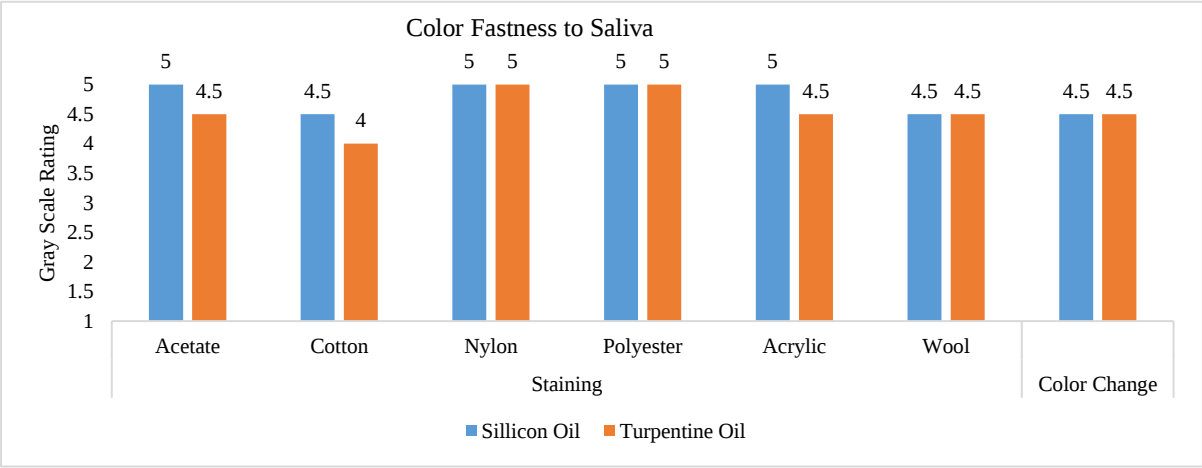


Fig. 6. Colorfastness to saliva

In Fig 6, colorfastness to saliva test result was analyzed. From this figure, we see that turpentine oil provides good results (grade 4 for cotton) when compared to silicone oil (grade 4.5 for cotton). Color changing grade for both turpentine oil and silicone oil are similar.

3.5 COLORFASTNESS TO LIGHT

The light fastness test is conducted by exposing a textile specimen together with a set of blue wool references to artificial light under specified conditions and then comparing the two for color change to assess the color fastness. Textiles are often

exposed to light when in use and light can damage dyes and thus cause discoloration, darkening, etc. In this study, Colorfastness to light was assessed using ISO 105 B02: 2014 is shown in Fig 7.

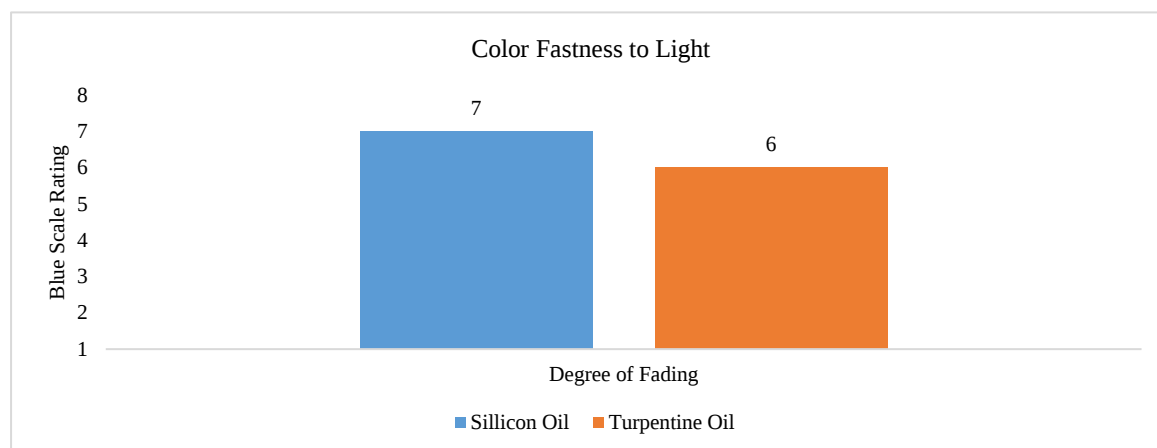


Fig. 7. Colorfastness to light

From this table, we observe that turpentine oil has a color fading grade of 6, which is acceptable when compared to silicone oil, which has a color fading grade of 7. This may occur due to the decomposition properties of turpentine oil when exposure to sunlight.

3.6 SMELL CHECK

The meaning of smell is to perceive the odor or scent of through stimuli affecting the olfactory nerves. In this study, the smell of the printed fabric was tested by human nose. A kerosene-like smell is produced by fabric printed with turpentine oil.

Table 2. Smell check results

Parameter	Smell
Silicone Oil	No smell
Turpentine Oil	Kerosene-like

From table 2, it clearly seen that turpentine oil gives kerosene like smell. This smell may irritate some human being when wearing turpentine oil printed fabric. But, this smell can be easily removed by curing the fabric several times or exposing it to sunlight for 4-5 days.

3.7 CHEMICAL COST COMPARISON

Cost typically can be defined as the economic value placed upon the resources consumed to make a product. Costing is the process of estimating and then determining the total cost of producing a garment, including the cost of materials, labor and transportation as well as the general expenses of the operating the business. Silicone oil, which is an expensive substance, is commonly used in high-density printing. The cost comparison is represented in Table 3. From this data, we see the price of one kg of turpentine oil and silicone oil. We observed that turpentine oil is less expensive than silicon oil and saves around 10% on chemical costs which reduced the production cost and increased profit margin.

Table 3. Chemical cost comparison

Parameter	Price (TK/KG)
Silicone Oil	2000-2200 TK
Turpentine Oil	180-220 TK

4 CONCLUSION

A cost-effective alternative method of high-density printing on cotton cloth utilizing turpentine oil instead of silicone oil was developed in this research. Silicone oil has numerous applications in the textile industry but it is an expensive chemical. On the other hand, turpentine oil is less expensive in comparison to silicone oil. In our research, we discovered that turpentine oil produces comparable effects to silicone oil while having a 10% cheaper chemical cost. This reduced cost increased the profit margin of the industry while maintaining the required product quality. One restriction of our research is that turpentine oil has a kerosene-like odor. This odor may irritate some human beings while wearing the garments. But this odor can be erased by curing the printed cloth numerous times. It can also be removed by exposing the printed fabric to sunlight for 4-5 days. Further research may reveal any other odor elimination methods.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the Department of Textile Engineering, Green University of Bangladesh for providing lab facility.

REFERENCES

- [1] N. R. B. A. D. F. Philip J. Wakelyn, «Cotton Fibers,» in Handbook of Fiber Chemistry, CRC Press (Taylor and Francis), pp. 521-647.
- [2] S. H. K. a. M. M. H. Mohammad Tajul Islam, «Aloe vera gel: a new thickening agent for pigment printing,» Coloration Technology, vol. 132, pp. 255-264, 2016.
- [3] M. D. a. C. SIRGHIE, Handbook of natural fibres, India: Woodhead Publishing Limited, 2012.
- [4] F. S. B. M. H. Ahmed G. Hassabo, «Recent studies for printing cotton/polyester blended fabrics with different techniques,» Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science, vol. 20, no. 02, pp. 255-263, 2023.
- [5] G. H. a. H. A. O. Sara. A. Ebrahim, «Natural Thickener in Textile Printing,» Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science, vol. 18, no. 01, pp. 55-64, 2021.
- [6] S. C. M. P. P. P. Somasundaran, «Silicone emulsions,» Advances in Colloid and Interface Science, pp. 103-109, 2006.
- [7] F. Alihosseini, «Plant-based compounds for,» in Antimicrobial Textiles, 2016, pp. 155-195.
- [8] H. A. O. A. G. H. Ghada A. Elsayed, «An Overview on the Eco-friendly Printing of Jute Fabrics Using Natural Dyes,» Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science, vol. 18, no. 02, pp. 239-245, 2021.
- [9] D. M. R. N. G. D. B. Jeevananthama, «Experimental study on the effect of cetane improver with turpentine oil on CI engine characteristics,» Fuel, pp. 1-16, 2019.
- [10] T. S. T. J. a. M. K. Y. A. M. S. c. P. R. S. a. M. U. Rakesh A. Afre, «Carbon nanotubes by spray pyrolysis of turpentine oil at different temperatures and their studies,» Microporous and Mesoporous Materials, vol. 96, pp. 184-190, 2006.
- [11] S. C. A. S. B. Prem Anand, «Performance and exhaust emission of turpentine oil powered direct injection diesel engine,» Renewable Energy, vol. 35, pp. 1179-1184, 2010.
- [12] T. I. S. W. H. K. Youchang Liu, «Effect of turpentine oil on C-reactive protein (CRP) production in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss),» Fish & Shellfish Immunology, vol. 17, pp. 203-210, 2004.
- [13] A. A. S. K. K. P. Z. R. Naseem Ahmad Charoo, «Improvement in bioavailability of transdermally applied flurbiprofen using tulsi (Ocimum sanctum) and turpentine oil,» Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, vol. 65, pp. 300-307, 2008.
- [14] W. S. M. S. K. R. Nanik Wijayati, «Formulation of Hand Sanitizer Gel of A-Pinene Isolated from Turpentine Oil and its Antibacterial Activity,» in International Conference on Applied Sciences, Information and Technology, Indonesia, 2019.

Evaluation de l'activité antifongique de 4 plantes utilisées dans le traitement de *Tinea capitis* (la teigne) au Niger

[Evaluation of the antifungal activity of 4 plants used in the treatment of *Tinea capitis* (ringworm) in Niger]

Ramatoulaye MAROU HIMA¹, Alfa Keita DJIBO¹, Ali Elhadji SALEY², Souley GAMBO², Idrissa MOUSSA¹

¹Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des sciences et techniques, Niger

²Laboratoire national de santé publique et d'expertise (LANSPEX) Niamey, Niger

³Laboratoire de bactériologie et de mycologie de l'hôpital national Amirou Boubacar Diallo, 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: *Tinea capitis* is a very common fungal infection in children. It is characterized by the appearance of white circular spots on the patient's head. *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst, *Terminalia avicennioides* (Guill and Perr), *Diospyros mespiliformis* Hochst and *Securidaca longipedunculata* Fres are plants used therapeutically in the treatment of this disease in external application, in the form of a poultice. Chemical screening of aqueous and methanolic extracts of these plants reveals the presence of phenolic and terpenoid compounds but not alkaloids. The antifungal activity of the extracts of these plants, evaluated by the agar medium diffusion method using the fungal strain *Candida albicans*, showed that the crude extracts of *S. longipedunculata* and *D. mespiliform* have low antifungal activity compared to Nystatin. *P. reticulatum* and *T. avicennioides* extracts have average antibiotic activity. The evaluation of the antifungal activity of the fractions of the methanolic extract, obtained by treatment with different solvents including hexane, dichloromethane and ethyl acetate, shows that the acetate fraction is more active than that obtained with the dichloromethane. The fractions obtained with hexane are inactive.

KEYWORDS: Antifungal, ringworm, *C. albicans*, tannin.

RESUME: *Tinea capitis* ou teigne tondeuse est une infection fongique très fréquente chez les enfants. Elle se manifeste par l'apparition des taches circulaires blanches sur la tête du patient. *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst, *Terminalia avicennioides* (Guill et Perr), *Diospyros mespiliformis* Hochst et *Securidaca longipedunculata* Fres sont des plantes utilisées en thérapeutique dans le traitement de cette maladie en application externe, sous forme de cataplasme. Le screening chimique des extraits aqueux et méthanolique de ces plantes révèle la présence des composés phénoliques et terpéniques mais pas d'alkaloïdes. L'activité antifongique des extraits de ces plantes, évaluée par la méthode de diffusion en milieu gélosé en utilisant la souche fongique *Candida albicans*, a montré que les extraits bruts de *S. longipedunculata* et de *D. mespiliform* ont une activité antifongique faible par rapport à la nystatine. Les extraits de *P. reticulatum* et de *T. avicennioides* présentent une activité antibiotique moyenne. L'évaluation de l'activité antifongique des fractions de l'extrait méthanolique, obtenues par traitement avec différents solvants dont l'hexane, le dichlorométhane et l'acétate d'éthyle, montre que la fraction acétate est plus active que celle obtenue avec le dichlorométhane. Les fractions obtenues avec l'hexane sont inactives.

MOTS-CLEFS: Antifongique, teigne, *C. albicans*, tanin.

1 INTRODUCTION

Les champs d'application de la médecine traditionnelle sont très variés, presque toutes les maladies infectieuses connues localement sont prises en charge par les guérisseurs selon les résultats des enquêtes ethnobotaniques menées au Niger^[1,2,3]. Plusieurs remèdes à base de plantes sont utilisés par les populations pour combattre les maladies d'origine fongique comme la teigne et l'eczéma.

Tinea capitis ou teigne tondeuse est une maladie infectieuse contagieuse, rencontrée généralement chez les enfants. Elle se caractérise par l'apparition des plaques sur la tête du patient. Dans les formes pustuleuses sévères, il y a une sécrétion purulente avec la possibilité d'une surinfection bactérienne. Les écorces de *Piliostigma reticulatum*, de *Terminalia avicennioides*, de *Diospyros mespiliformis* et de *Securidaca longipedunculata* sont utilisées en médecine traditionnelle dans le traitement des infections cutanées et comme agents cicatrisants et hémostatiques^[4,5].

Les recherches ayant trait à l'activité antifongique de ces plantes ne sont pas nombreuses. Le présent travail vise à évaluer l'activité antifongique sur la souche *Candida albicans* des extraits de ces plantes en utilisant la méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LE MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les échantillons de plantes ont été achetés chez les herboristes à Niamey puis identifiés au département de biologie de l'université Abdou Moumouni. Il s'agit des écorces de *Diospyros mespiliformis*, de *Securidaca longipedunculata*, de *Piliostigma reticulatum* et des feuilles de *Terminalia avicennioides*. Les échantillons de plantes ont été broyés et les poudres obtenues seront utilisées pour faire les extractions.

2.2 LE MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le support microbien est constitué par la souche fongique *Candida albicans* isolée à partir des liquides biologiques au laboratoire de bactériologie et mycologie de l'hôpital Amirou Boubacar Diallo servant de Centre Hospitalier Universitaire. Ce champignon pathogène provoque des infections fongiques essentiellement au niveau des muqueuses digestives et gynécologique.

2.3 PRÉPARATIONS DES EXTRAITS VÉGÉTAUX

Les extraits aqueux et méthanoliques des plantes ont été obtenus par décoction.

Dans un ballon de 2 L, on place 100 g de poudre végétale et on y ajoute 1L de solvant. Le tout est porté à reflux pendant 30 mn. Après refroidissement, la décoction est filtrée sur coton hydrophile. Le solvant du filtrat est éliminé par évaporation sous vide pour donner l'extrait brut.

Différents types d'extrait ont été préparés à partir de la poudre des différentes parties de plante sélectionnées pour l'étude.

2.4 FRACTIONNEMENT DE L'EXTRAIT MÉTHANOLIQUE

Le protocole consiste à utiliser la différence de polarité des solvants pour séparer les constituants de l'extrait brut. Cette méthode fait appel à la méthode de séparation liquide-liquide.

12,5 g de l'extrait méthanolique sont repris dans 250 ml de méthanol. La solution alcoolique ainsi obtenue subit une extraction liquide-liquide avec une succession de solvants organiques par ordre de polarité croissante : Hexane, Dichlorométhane, Acétate d'éthyle. A la fin, la phase alcoolique résiduelle a été également séchée à l'aide de l'évaporateur rotatif.

2.5 CARACTÉRISATION PHYTOCHIMIQUE DES EXTRAITS

Criblage phytochimique: Les grandes familles de métabolites secondaires ont été recherchées dans les extraits des différentes plantes suivant les méthodes classiques de caractérisation. Les tanins et polyphénols ont été identifiés par le test au FeCl₃ et le réactif de Stiasny; les flavonoïdes par la réaction à la cyanidine; les saponosides par le test de mousse; les quinones par le test de Bornträger; les triterpènes et stéroïdes par le test de Liebermann-Burchard et enfin les alcaloïdes par les tests de Mayer et Dragendorf. Ces différents groupes chimiques ont été caractérisés en se référant aux techniques décrites dans les travaux d'IKHIRI *et al.* (1992)^[6].

Composés phénoliques totaux: La teneur totale en polyphénols de l'extrait méthanolique des plantes a été déterminée à l'aide de la méthode de Folin-Ciocalteu (Wong *et al.*, 2006)^[7]. L'acide gallique est utilisé comme référence et la quantité de polyphénols totaux est exprimée en mg/g d'équivalents d'acide gallique (GAE).

Flavonoïdes totaux: Le dosage des flavonoïdes a été effectué par une méthode basée sur la formation d'un complexe entre le chlorure d'aluminium et les flavonoïdes. Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par Zhishen et Kim avec quelques modifications (Zhishen et al., 1999; Kim et al., 2003) [8; 9]. La teneur en flavonoïdes totaux est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g d'extrait).

Tanins: La teneur en tanins condensés a été déterminée par la méthode de vanilline décrite par Julkunen Titto, (1985) [10]. La teneur en tanins condensés est exprimée en milligramme équivalent catéchine par gramme d'extrait (mg EAT/g d'extrait) en se référant à la courbe d'étalonnage de la catéchine.

2.6 ACTIVITÉ ANTIFONGIQUE

Les tests de sensibilité ont été réalisés à l'aide de la méthode de diffusion en milieu gélosé en déterminant les diamètres des zones d'inhibition de chaque disque. La méthode standard de Kirby-Bauer CLSI (Clinical and laboratory Standards Institute) [11] a été utilisée.

Préparation des disques portant les extraits de plante

100 mg de chaque extrait ont été dissout dans 10 ml d'eau distillée et ensuite stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes. La stérilité des solutions a été vérifiée en ensemencant des aliquotes de chaque solution dans un milieu Sabouraud Chloramphénicol incubée à 30°C pendant 48 heures. 10 µl de chaque solution sont soigneusement déposés sur des disques de papier Whatman N°1 de 6 mm diamètre.

Préparation du milieu de culture Sabouraud

36g de gelose sabouraud ont été dissout dans 1 L d'eau distillée puis chauffé jusqu'à dissolution totale. Le milieu est stérilisé à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Il a été ensuite coulé dans des boîtes de Pétri stérile de 90 mm de diamètre.

Préparation de l'inoculum

La suspension de champignon *Candida albicans* est réalisée par dissolution d'une colonie bien isolée dans 10 ml d'eau distillée pour donner la suspension de départ. A partir de cette suspension, 0,1 ml est prélevé et mélangé dans 9 ml d'eau distillée stérile pour constituer la dilution 10^{-1} qui correspond à 10^5 cellules/ml.

Ensemencement et incubation

Les boîtes de Pétri ont été ensemencées par écouvillonnage avec le milieu Sabouraud. Les disques préalablement imprégnés d'extrait de plante sont délicatement déposés à la surface du milieu inoculé. Il en est de même pour les disques de Nystatine utilisé comme antifongique de référence. Après 30 minutes d'incubation à la température ambiante pour une pré-diffusion les boîtes de pétri sont incubées à l'étuve à 30°C pendant 48 à 72 heures.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'analyse phytochimique des extraits bruts aqueux et méthanoliques révèle la présence des tanins, Saponines, flavonoïdes, stéroïdes et terpenoides dans les 4 plantes. Le tableau I illustre les résultats du criblage phytochimique. Des études sur *Diospyros mespiliformis* ont révélé aussi la présence de quinones dont: Diospyrine, Isodiospyrine, Diosquinone, plumbagine. Cette plante possède également une teneur élevée en fluorure [12].

Des analyses des extraits de *P. reticulatum* ont montré une teneur importante de tanins et l'acide L tartrique [5]. Parmi les flavonoïdes isolés de cette plante, on trouve des flavonols comme le 6-C-méthylquercétine-3-méthyléther-5, 6,8-di-Cméthylkaempférol-3-méthyléther-6 et 6-C-méthylquercétine-3. Il a été rapporté la présence d'un oxychromonol (6-C-méthyl-2-p hydroxyphényloxychromonol) ou piliostigmol [13].

Des criblages phytochimiques des extraits aqueux et éthanoïque des racines de *S. longepedunculata* ont révélé en plus des flavonoïdes, saponines, tanins et terpenoides, la présence des alcaloïdes, des coumarines et des stéroïdes [14].

Des études phytochimiques ont révélé la présence, dans les écorces des racines *T. avicennioides*, des anthraquinones et des alcaloïdes [15]. La concentration d'un métabolite secondaire dans une plante dépend des facteurs environnementaux et génétiques. Plusieurs familles de métabolites secondaires des végétaux peuvent avoir une action inhibitrice des micro-organismes pathogènes.

Tableau 1. Screening chimique

Plante	Organe	Métabolites secondaires				
		Al	Fl	Ta	Sa	Ste/Te
<i>T avicennioides</i>	Feuilles	-	+	+	+	+
<i>P reticulatum</i>	Ecorce	-	+	+	+	+
<i>D mespiliformis</i>	Ecorce	-	-	+	+	+
<i>S longepedunculata</i>	Ecorce	+	+	+	+	+

Al: alcaloïdes, Fl: flavonoïdes, Ta: tanins, Sa: saponosides, Ste/Te: stéroïde et terpène

(-): Réaction négative; (+): Réaction positive

ACTIVITE ANTIFONGIQUE

Les extraits de *T avicennioides* et de *P reticulatum* ont montré une bonne activité antibiotique sur la souche *Candida albicans*. Les diamètres d'inhibition obtenus avec les extraits de *P reticulatum* sont plus faibles que ceux provoqués par les extraits de *T avicennioides*.

L'extrait méthanolique et aqueux ont fait des diamètres des zones d'inhibition de 17 et 15 mm respectivement chez *T avicennioides*; pour les extraits aqueux de cette plante, le diamètre d'inhibition est au tour de 15 mm. Avec le *P reticulatum* nous avons obtenus des diamètres plus faibles de 10 et 13 mm respectivement pour l'extrait aqueux et méthanolique. Les résultats sont consignés dans le tableau II. Les extraits méthanoliques bruts donnent des diamètres d'inhibition supérieurs à ceux des extraits aqueux. Parmi les fractions, la fraction acétate d'éthyle a produit les plus grandes inhibitions fongiques et les fractions hexaniques n'ont aucun effet antibiotique.

Tableau 2. Diamètre des zones d'inhibition des extraits des plantes sur *Candida albicans*

Plantes	NYS	EA	EM	MF1	MF2	MF3	MF4
<i>D mespiliformis</i>	20	7±0.6	8±0.5	00	6,3±0.7	9,0±0.4	7,2±0.2
<i>P reticulatum</i>	20	10.7±0.6	12.0±0.3	00	9.6±0.3	13.3±0.6	8.6±0.8
<i>S. longepedunculata</i>	20	7±0.5	8±0.3	00	7,2±0.6	10,4±0.1	6,3±0.6
<i>T avicennioides</i>	20	14±0.3	15.7±0.3	00	14.5±0.3	18.7±0.3	15.3±0.3

EA: Extrait Aqueux; EM: Extrait Méthanolique, Antibiotique de référence: NYS: Nystatine

Les extraits aqueux, éthanolique, acétate d'éthyle de l'écorce de *T avicennioides* ont montré une activité antifongique contre *A. niger*, *A. fumigatus*, *Penicillium species*, *M. audouinii*, *T. rubrum* et *C albicans*. Les substances antifongiques contenus dans ces extraits sont doses dépendantes [15, 16]. Babajide et al. [13] ont rapporté que le piliostigmol, flavonol extrait de *P reticulatum*, a une activité antifongique sur *Aspergillus niger*. Concernant l'activité antifongique, sur la souche *Candida albicans*, des extraits de *D. mespiliform* et de *S. longepedunculata*, on a enregistré des faibles diamètres d'inhibition (7 à 8 mm) par rapport à la référence nystatine (20 mm).

On peut citer les travaux de Dangoggo [17] qui montrent que les extraits des feuilles et des écorces de *D mespiliformis* ont une activité antifongique sur *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* et *Microsporum gypseum* avec des effets doses dépendante. Cette activité a été liée à la plumbagine, une naphtoquinone présente dans l'écorce du tronc, aucune activité sur *C albicans* n'a été mentionné. Comme l'indique nos résultats, la plante ne présente pas une activité antifongique importante sur *C albicans*.

L'extrait méthanolique des feuilles de *S longepedunculata* ont une activité anti fongique sur les souches *Mucor rouxi*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus nigricans*. L'huile essentielle extraite de l'écorce des racines montre des activités antifongiques sur *C albicans*. Les extraits acétone et hexane des racines inhibent les souches fongiques *Fusarium verticillioides*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium nygamai*, *Fusarium proliferatum* et *Fusarium graminearum* [14]. La faible activité antibiotique contre *Candida albicans* peut s'expliquer par la teneur de l'écorce en huile essentielle. Les racines de la plante sont plus riches en essence que les parties aériennes.

4 CONCLUSION

Parmi les métabolites secondaires mis en évidence par le screening chimique de ces plantes, les composés phénoliques sont les plus importants. On a retrouvé les polyphénols dans toutes les plantes étudiées. Ces composés présentent plusieurs propriétés pharmacologiques, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, analgésiques, hémostatiques et antioxydantes. Les tests biologiques ont montré que les extraits des plantes étudiées ont un pouvoir inhibiteur sur la souche fongique *C albicans*. Les extraits méthanoliques sont plus actifs que les extraits aqueux et l'activité de la plante dépend de sa teneur en tanin. Bien que le criblage basé sur l'inhibition de la croissance d'une souche de champignon soit insuffisant pour déterminer une activité antifongique, les résultats obtenus avec plantes

justifient l'utilisation en médecine traditionnelle des plantes à tanin dans le traitement des infections cutanées comme les dermatoses, l'eczéma et la teigne.

REFERENCES

- [1] Adjanohoun, E. J., Ahyi, A. M., Ake, L. A., Dicko, L. D., Daouda, H., Delmas, M., De Souza, S., Garba, M., Guinko, S., Kayonga, A., N'golo, D., Raynal, L., Saadou, M. (1981) Médecine traditionnelle et pharmacopée: Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Niger. ACCT, Paris, 250 p.
- [2] Adam, J. C., Echard, N., Lescot M. (1972) Plantes médicinales Hausa de l'Ader. *Agr. Trop. Appl.* N° 8-9, 259-399.
- [3] Ikhiri, K., Saadou, M., Garba, M. (1984). Recherche sur la Pharmacopée traditionnelle au Niger, O.U.A. C.E.L.H.T.O
- [4] Hassane, H. (2008). Répertoire des espèces végétales les plus couramment utilisées en pharmacopée traditionnelle et impact des techniques de prélèvement sur la diversité biologique dans la réserve de Biosphère du W du Niger. Mémoire de DEA Géographie. Université Abdou Moumouni de Niamey, 133 p.
- [5] Nacoulma, O.G., (1996) Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du plateau central. Thèse de Doctorat Ès Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou, tome II, p.285.
- [6] Ikhiri, K., Boureima, D., Dan-Kouloda, D-D (1992) Chemical Screening of Medicinal Plants used in the Traditional Pharmacopoeia of Niger. *Int. J. Pharmacog.*, 30 (4) 251-262.
- [7] Wong, S. P., Leong, L. P., Koh, J. H. (2006). Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *J Food Chem*, 99, 775-783.
- [8] Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *J Food Chem*, 64, 555 - 561.
- [9] Kim, D., Chun, O., Kim, Y., Moon, H., Lee, C. (2003). Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 650 -659.
- [10] Julkunen-Titto, R., (1985). Phenolic constituents in the leaves of northern willows methods for the analysis of certain phenolics. *J. Agric. Food Chem*, 33, 213.
- [11] CLSI (2009), Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard: M2-A7. National Committee for Clinical Laboratory Standards, NCCLS (2003), Wayne, PA, USA.
- [12] Ref Ahmed A.H, Mahmud A.F (2017). Pharmacological activities of *Diospyros mespiliformis*. *International Journal of Pharmacy and Biological Science*, 7 (4), 93-96.
- [13] Babajide, O.J., Babajide, O.O., Daramola, A.O., Mabusela, W.T., (2008). Flavonols and an oxychromonol from *Piliostigma reticulatum*. *Phytochemistry* 69 (11), 2245–2250.
- [14] Mongalo, N.I., McGaw, L.J., Finnie, J.F., Van Staden J. (2015). *Securidaca longipedunculata* Fresen (Polygalaceae): A review of its ethnomedicinal uses, phytochemistry, pharmacological properties and toxicology. *Journal of Ethnopharmacology* 165, 215–226.
- [15] Azeez, M. A., Yekeen, T. A., Animasaun, D. A., Durodola, F. A., Bello, O B. (2015). *Terminalia avicennioides* as a Potential Candidate for Pharmaceutical Industry: A Review. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6 (2) 748-754.
- [16] Mann, A., Bansa, A., Clifford L.C. (2008). An antifungal property of crude plant extracts from *Anogeissus leiocarpus* and *Terminalia avicennioides*. *Tanzania Journal of Health Research* 10, (1), 34-38.
- [17] Dangoggo, S.M., Hassan, L.G., Sadiq, I.S. Manga, S.B. (2013), Bioactive isolation and antifungal screening of leaf and bark of *Diospyros mespiliformis* and *Ziziphus spinida-christi*. *International journal of Traditional and Natural Medicines*, 2 (2): 104-117.

Management of purple blotch disease on onion (*Allium cepa* L.) using fungicides and plant-based pesticides in West Africa, Burkina Faso

Tounwendsida Abel Nana¹, Ouahabo Koanda¹, Adama Sirima¹, Kouka Hamidou Sogoba¹⁻², Marcel Bembamba¹, and Kadidia Koïta¹

¹Laboratoire Biosciences, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

²Laboratoire Sciences de la Vie et de la Terre, Université Norbert Zongo, Koudougou, BP 376, 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: Onion (*Allium cepa* L.) purple blotch caused by *Alternaria porri* (Ellis) Cif. is a disease of world-wide importance. The aim of this study is to evaluate the effectiveness of treatment combinations with fungicides and plant-based pesticides in the control of *A. porri*, onion growth and bulb production. To do so, the effect of aqueous extracts (5%, 10%, 15%) of *Lippia multiflora*, *Azadirachta indica* and the fungicides Mancozeb 80 WP (1g/L) and Azoxystrobin 250 SC (0.2%) on the radial growth of *A. porri* on Potato Dextrose Agar (PDA) medium was assessed. Furthermore, the onion variety «Prema» was used in field in a Fisher block design with four replicates. The treatments included the following: (i) the application of foliar sprays with distilled water (control), Mancozeb at 2 kg/ha and Azoxystrobin (1L/ha); (ii) the ground application of plant leaf powder (400 g/m²) at seven days before transplanting, which was then followed by the application of aqueous plant extracts and fungicides as foliar sprays. Sprays were carried out at 60, 80 and 100 days after transplanting. The results show that treatments inhibited the growth of *A. porri* from 25.35 to 100%. Furthermore, bulb yields in the plots treated with plant powders, ranging from 35 to 43.25 t/ha, exceeded that of the fungicide Mancozeb, which was 28.75 t/ha. From these findings, soil and leaf treatments with plant extracts may be used in the control of onion purple blotch disease. Nevertheless, it is essential to study the effects of plant extracts on soil fauna and microorganisms.

KEYWORDS: Onion, purple blotch, fungicide, plant extract, *Alternaria porri*.

1 INTRODUCTION

Onions (*Allium cepa* L.) are the most important vegetable crop in Burkina Faso, both in terms of area and yield [1]. Six regions account for 80% of Burkina Faso's bulb onion production [2]. These regions are the North (65,384 tonnes), Hauts-Bassins (29,968 tons), Boucle du Mouhoun (27,049 tons), Centre-West (26,725 tons), Central Plateau (22,538 tons), and North Center (21,696 tons). According to [3], the onion sector in Burkina Faso provides employment for about 400,000 people, including 100,000 women. The onion is a basic ingredient in a large number of culinary dishes [4]. It is appreciated for its unique aroma [4]. The medicinal properties of onions are numerous, and they have been used in medicine since ancient times [5]. Onion extract is known for its antibacterial, antifungal, anti-helminthic, anti-inflammatory, anti-septic, and anti-spasmodic properties [6]. According to [7], the colourful bulbs are a natural source of antioxidants.

Onion cultivation in Burkina Faso is affected by various abiotic factors, including inadequate water management and soil conditions that can adversely affect crop yields and bulb quality. In addition, onion production in Burkina Faso is impacted by various phytosanitary constraints. Inventory studies have identified the primary fungal diseases affecting onion crops as purple blotch disease, caused by *Alternaria porri*, and onion basal rot or *Fusarium* head blight, caused by *Fusarium oxysporum* or *Fusarium solani* [8]. In Burkina Faso, onion purple blotch disease is the most prevalent and widespread fungal disease [8]. Purple blotch disease results in significant yield losses in the field and leads to bulb rot during storage, according to research by [9]. For example, this disease was reported to cause over 60% yield losses from India [10], [11]. In addition to reducing

yields, *Alternaria porri* also produces mycotoxins in onion leaves that pose a health hazard for both humans and farm animals [8]. According to [12], the risk is particularly high in Burkina Faso, where onion leaves are consumed raw or processed by local populations.

To control this disease, several fungicides several fungicides found to be effective worldwide include chlorothalonil 75% WP, Mancozeb 75% WP, propineb 70% WP, difenconazole 25% EC, propiconazole 25% EC, hexaconazole 5% EC, Rovral 50 WP (0.2%), Dithane M-45 80 WP (0.2%) [13]. Biopesticides, including aqueous extracts of *Azadirachta indica*, *Bougainvillea sp.*, and *Cymbopogon citratus* have demonstrated effectiveness against *A. porri* in studies conducted by [14] and [15]. These fungicides and biopesticides are used as foliar sprays to treat onion purple spot. However, it is important to note that the primary inoculum of the disease may persist in the soil and crop debris [16], [17]. Thus, soil treatments could potentially reduce the primary inoculum of *A. porri*. The present study aims to assess the effectiveness of treatment combinations with plant-based and chemical fungicides in controlling *A. porri* and their impact on onion growth and yield.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 ASSESSING THE EFFECT OF AQUEOUS PLANT EXTRACTS AND FUNGICIDES ON THE RADIAL GROWTH OF *A. PORRI* IN VITRO

To assess the effect of *L. multiflora* and *A. indica* extracts on the radial growth of *A. porri*, three different concentrations of aqueous extract were prepared with the addition of 5g, 10g and 15g of leaf powder to 100ml of distilled water, respectively. The mixture was stirred at 250 rpm for 24 hours with a magnetic stirrer and then filtered through a fine mesh (5 µm) to achieve 5%, 10%, and 15% concentrations of aqueous extract. Then 3,15 Potato Dextrose Agar (PDA) was dissolved in 75 ml of the extract at the concentrations indicated above. The resultant solution underwent sterilization in an autoclave at a temperature of 121°C for 15 minutes. After cooling, 0.25 g of streptomycin was added to every solution, which was homogenized and then distributed into Petri dishes at a rate of 15 ml per dish. Fungicides were added to the PDA medium at 1g/L for Mancozeb and 0.2% for Azoxystrobin. In the control, *A. porri* was cultured on PDA medium alone. The experiment was repeated four times. The *A. porri* isolate used in this experiment was provided by the Phytopathology and Tropical Mycology Team at the Joseph KI-ZERBO University in Ouagadougou, Burkina Faso. In practice, a four-millimeter explant, taken from a seven-day-old *A. porri* isolate culture on PDA medium using a cookie cutter, is placed aseptically at the center of a Petri dish with the above-prepared culture media. The Petri dishes were sealed with parafilm paper and incubated for seven days at a temperature between 25 and 30°C under a 12: 12 light/dark photoperiod. Two perpendicular straight lines were drawn on the back of the Petri dish passing through the center, and the growth diameters were measured using a slat on each straight line at the 7th day after incubation (DAI) [8]. The mean growth diameter was the result of the measurement of two perpendicular lines. Finally, we calculated the rate of inhibition of mycelial growth by phytosanitary products using formula 1 from [18].

$$RI = \frac{Dc - Dt}{Dc} \times 100 \quad \text{(Formula 1)}$$

Where RI = rate of inhibition, Dc = Colony diameter in the water control, Dt = Colony diameter in a treatment.

2.2 EVALUATION OF THE EFFICACY OF TREATMENTS FOR THE CONTROL OF PURPLE SPOT ON ONIONS IN THE FIELD

2.2.1 DESCRIPTION OF THE STUDY SITE AND EXPERIMENTAL DESIGN

In order to assess the effectiveness of fungicides and botanical pesticides in controlling the onion purple blotch disease, we carried out a trial comprising nine distinct treatments (Table 1). Treatments were replicated four times in a Fisher block design. The treatments were replicated four times using a Fisher Block Design, resulting in a total of 36 plots. Each individual plot measured 2m × 0.5 m. The spacing between adjacent repetitions was 1.5 m, with 1 m between elementary plots. Mounding was done around each plot to retain the products applied to the plot. The trial was carried out in the market garden area of a locality named Tabtenga, after careful preparation of the soil. Tabtenga is a village in the Loumbila commune, located in the Oubritenga province of Burkina Faso (Figure 1). The site is situated 25 kilometres away from Ouagadougou, the capital city. The climate in this area is Sudano-Sahelian with an annual rainfall ranging between 600mm and 900mm. Moreover, the soil type in Tabtenga is ferrallitic, which is moderately fertile and rich in organic matter.

Table 1. Description of the treatments applied

Codes	Treatments applied
T0 (Control)	Spraying plants with water
T1	Applying <i>A. indica</i> powder to the soil, followed by the application of <i>A. indica</i> aqueous extract to the plants.
T2	Applying <i>A. indica</i> powder to the soil, followed by application of Azoxystrobin fungicide to the plants.
T3	Applying <i>A. indica</i> powder to the soil, followed by application of Mancozeb fungicide to the plants.
T4	Applying <i>L. multiflora</i> powder to the soil, followed by the application of <i>L. multiflora</i> aqueous extract to the plants.
T5	Applying <i>L. multiflora</i> powder to the soil, followed by application of Azoxystrobin fungicide to the plants.
T6	Applying <i>L. multiflora</i> powder to the soil, followed by application of Mancozeb fungicide to the plants.
T7	Spraying plants with Azoxystrobin fungicide
T8	Spraying plants with Mancozeb fungicide

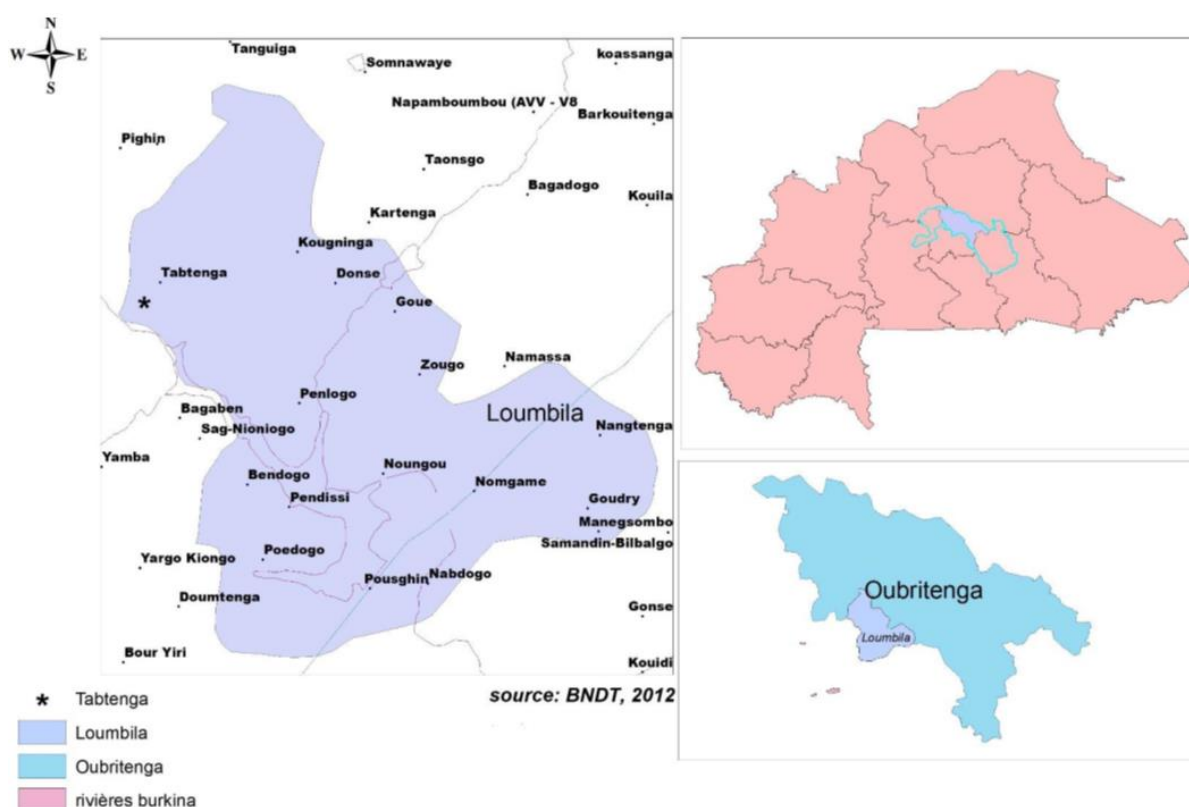


Fig. 1. Location Map of Tabtenga site

2.2.2 PLANT POWDER PREPARATION AND SOIL APPLICATION

In order to obtain leaf powders of *A. indica* and *L. multiflora*, we collected leaves from both species and dried them in the laboratory at 25°-30°C for four weeks. The dried leaves were then ground to a fine powder in a mill and preserved in the laboratory. Seven days before transplanting the onion seedlings, the leaf powders were manually spread on the relevant plots at a rate of 400g per m². The powder was mixed with the soil through ploughing with a daba. Finally, all plots were watered immediately after weeding, then every two days until the date of transplanting the seedlings.

2.2.3 TRANSPLANTATION OF SEEDLINGS AND CROP MAINTENANCE

In each elementary plot previously watered, 45-day-old seedlings from the nursery were manually transplanted into three rows of two meters each. The spacing between rows was 0.25 m and the spacing between seedlings in the same row was 0.10 m. The trial was irrigated every other day through a piping system after transplantation. All plots received NPK 15-15-15 fertilizer (400 kg/ha) and urea (200 kg/ha) at 14 days and 60 days after transplanting, respectively.

2.2.4 PREPARING AND SPRAYING PHYTOSANITARY PRODUCTS

Aqueous extracts of *A. indica* and *L. multiflora* were prepared by macerating the leaf powder in distilled water at 50 g per liter for 30 minutes [19]. The macerate obtained was then filtered through a fine mesh sieve with five micrometers pores. Plants were sprayed with aqueous extracts using a hand sprayer. The treatments were applied in the morning between 6 a.m. and 9 a.m. to avoid heat which could affect the stability of the extract [19]. Sprays were carried out at 60, 80 and 100 days after transplanting. The fungicides were applied at a rate of 2 kg/ha for Mancozeb and 1 L/ha for Azoxystrobin. Control plants were sprayed with water.

2.3 DATA COLLECTION AND STATISTICAL ANALYSIS

Data collected included seedling recovery after transplanting, number and length of leaves, severity of purple blotch and onion yield. Seedling recovery was assessed at 14 DAI by calculating the percentage ratio between the number of recovered seedlings and the total number of seedlings per elementary plot. Plant height and number of leaves were evaluated on a sample of 10 plants per elementary plot at 45 and 80 DAI. Plant height was measured using a ruler. For yield estimation, the weight of the onions harvested from each elementary plot was determined using a mechanical pan balance. The yield was then calculated in tons per hectare. Disease severity was assessed at 100 DAT using the 1-9 rating scale adapted from [20]. To do so, 10 plants were selected in each plot and the disease severity index was calculated using formula 2 according to [5].

All data were submitted to analysis of variance based on split plot design using XLSTAT 2016 software and the difference between means compared using Duncan's Multiple Range Test at 5%.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESULTS

3.1.1 EFFECT OF AQUEOUS PLANT EXTRACTS AND SYNTHETIC FUNGICIDES ON THE GROWTH OF *A. PORRI* IN VITRO

The mean diameter of *A. porri* colonies varied between treatments (Table 2). Statistical analysis showed that there was a significant difference ($p = 0.0005$) between treatments. All treatments had lower mean colony diameters than the control. Growth inhibition rates relative to the control ranged from 25.35% to 54.04% in the aqueous extract treatments and from 64.4% to 100% in the synthetic fungicide treatments. Only the Mancozeb fungicide resulted in complete inhibition of pathogen growth. For the two aqueous extracts used, the 15% dose was the most effective. This was followed by the 10% dose and then the 5% dose.

Table 2. Effect of aqueous plant extracts and synthetic fungicides on the growth of *A. porri* in vitro

Treatments	Mean colony diameter (cm)	Rate of radial growth inhibition (%)
Control	8.97±0.05 ^a	00.0±0.00 ⁱ
Azoxystrobin 250 SC	3.37±0.28 ^h	62.4±3.06 ^b
Mancozeb 80 WP	0.00±0.00 ⁱ	100±0.00 ^a
<i>L. multiflora</i> 5%	6.44±0.11 ^c	28.28±1.23 ^g
<i>L. multiflora</i> 10%	5.47±0.17 ^e	39.00±1.90 ^e
<i>L. multiflora</i> 15%	4.12±0.10 ^g	54.04±1.06 ^c
<i>A. indica</i> 5%	6.70±0.08 ^b	25.35±0.91 ^h
<i>A. indica</i> 10%	5.82±0.05 ^d	33.30±0.56 ^f
<i>A. indica</i> 15%	5.07±0.15 ^f	35.10±1.67 ^d
<i>p</i> value	< 0.0001	

Column means (±SD) followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test.

3.1.2 SEEDLING RECOVERY RATE

Figure 2 shows the recovery rate of seedlings at 14 DAT as a function of treatment. Statistical analysis showed no significant difference ($p > 0.05$) between the recovery rates in the plant powder treated plots and those in the control plots. The mean recovery rate ranged from 98.41 to 100%.

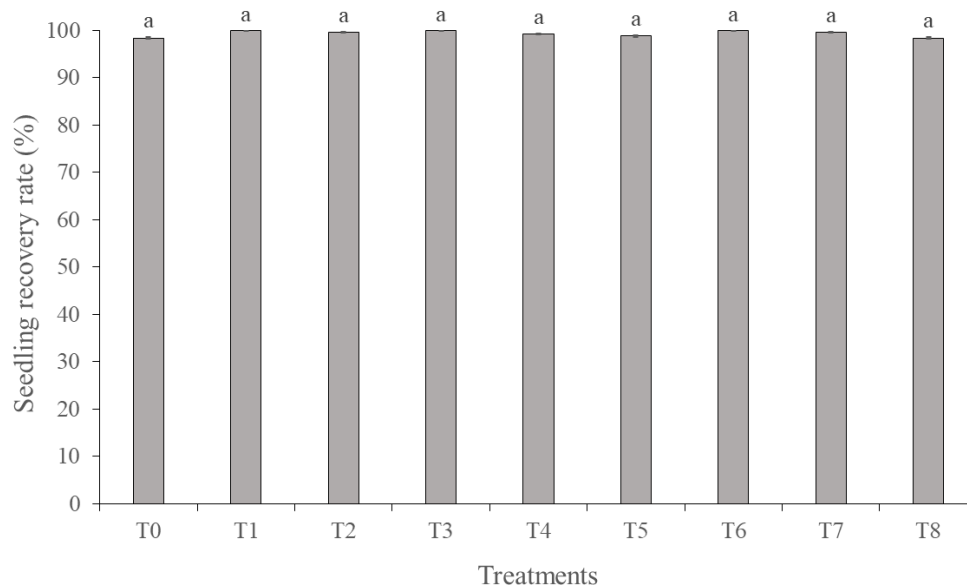


Fig. 2. Seedling recovery rate at 14 DAT depending on the treatments

Bars are means $\pm$ SD. Bars with the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test. T0: control, T1: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with aqueous extract of *A. indica*, T2: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T3: soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Mancozeb, T4: Soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with aqueous extract of *L. multiflora*, T5: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T6: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Mancozeb, T7: leaves treated with Azoxystrobin, T8: leaves treated with Mancozeb.

3.1.3 PLANT HEIGHT AND NUMBER OF LEAVES

The average plant height at 45 DAT and 80 DAT ranged from 36.7 to 44.15cm, and 48.70 to 56.12cm, respectively (Table 3). Statistical analysis showed that there was a significant difference ($p \leq 0.0004$) between treatments. The highest plant height was recorded in plots treated with *A. indica* powder and Azoxystrobin (T2) at 45 DAT and 80 DAT. Plant height in plots treated with *A. indica* powder and synthetic fungicides (T2 and T3) was higher than in plots treated with synthetic fungicides alone (T7 and T8).

For the number of leaves per plant, statistical analysis showed no significant difference ($p > 0.05$) between treatments. The average number of leaves per plant ranged from 6.08 to 6.75 at 45 DAT and from 8.55 to 9.62 at 80 DAT.

Table 3. Plant height and number of leaves according to treatments

Treatments	Plant height (cm)		Number of leaves per plant	
	45 DAT	80 DAT	45 DAT	80 DAT
T0	40.92 $\pm$ 1.91 ^{bc}	52.02 $\pm$ 2.45 ^{bc}	6.42 $\pm$ 0.35 ^a	9.53 $\pm$ 0.29 ^a
T1	38.85 $\pm$ 2.39 ^{cd}	52.25 $\pm$ 3.01 ^{bc}	6.18 $\pm$ 0.10 ^a	8.78 $\pm$ 0.74 ^a
T2	44.15 $\pm$ 2.85 ^a	56.12 $\pm$ 2.68 ^a	6.40 $\pm$ 0.67 ^a	8.90 $\pm$ 0.98 ^a
T3	42.62 $\pm$ 0.19 ^{ab}	54.95 $\pm$ 1.10 ^{ab}	6.75 $\pm$ 0.74 ^a	9.62 $\pm$ 1.02 ^a
T4	38.2 $\pm$ 0.14 ^{cd}	50.38 $\pm$ 1.89 ^{cd}	6.30 $\pm$ 0.45 ^a	8.62 $\pm$ 0.46 ^a
T5	36.65 $\pm$ 1.48 ^d	54.73 $\pm$ 3.70 ^{ab}	6.10 $\pm$ 0.44 ^a	8.55 $\pm$ 1.07 ^a
T6	40.75 $\pm$ 2.95 ^{bc}	49.38 $\pm$ 2.26 ^{cd}	6.08 $\pm$ 0.54 ^a	8.98 $\pm$ 0.59 ^a
T7	36.98 $\pm$ 1.54 ^d	50.60 $\pm$ 1.14 ^{cd}	6.18 $\pm$ 0.13 ^a	9.10 $\pm$ 0.36 ^a
T8	36.7 $\pm$ 2.98 ^d	48.70 $\pm$ 2.72 ^d	6.25 $\pm$ 0.33 ^a	8.80 $\pm$ 0.55 ^a
P. values	0.0004	< 0.0001	0.541	0.349

Bars are means $\pm$ SD. Bars with the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test. T0: control, T1: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with aqueous extract of *A. indica*, T2: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T3: soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Mancozeb, T4: Soil treated with *L. multiflora*

powder and leaves treated with aqueous extract of *L. multiflora*, T5: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T6: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Mancozeb, T7: leaves treated with Azoxystrobin, T8: leaves treated with Mancozeb.

3.1.4 SEVERITY OF ONION PURPLE BLOTCH DISEASE

Figure 3 illustrates the severity of the purple leaf blotch disease at 100 days after treatment (DAT). A statistical analysis revealed no significant difference ($p > 0.05$) between the treatments, and the disease severity ranged from 13.89% to 16.67%.

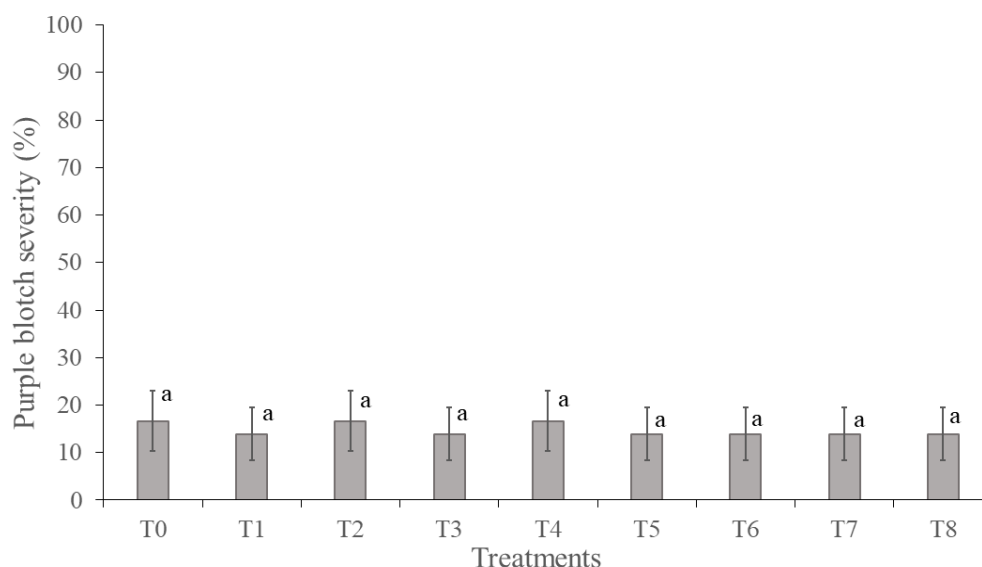


Fig. 3. Severity of onion purple spot disease at 100 days after transplanting

Bars are means $\pm$ SD. Bars with the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test. T0: control, T1: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with aqueous extract of *A. indica*, T2: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T3: soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Mancozeb, T4: Soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with aqueous extract of *L. multiflora*, T5: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T6: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Mancozeb, T7: leaves treated with Azoxystrobin, T8: leaves treated with Mancozeb.

3.1.5 BULB YIELD

Figure 4 shows the evolution of bulb yield depending on the treatments applied. Statistical analysis showed that there was a significant difference ($p = 0.0001$) between the treatments. The highest yields (41 to 43.25 t/ha) were recorded in the plots treated with *A. indica* powder (T1, T2, T3) and in those treated with powder powder and aqueous extract of *L. multiflora* (T4). The other treatments (T5, T6, T7) recorded yields similar to that of the control but higher than that of the Mancozeb treatment alone.

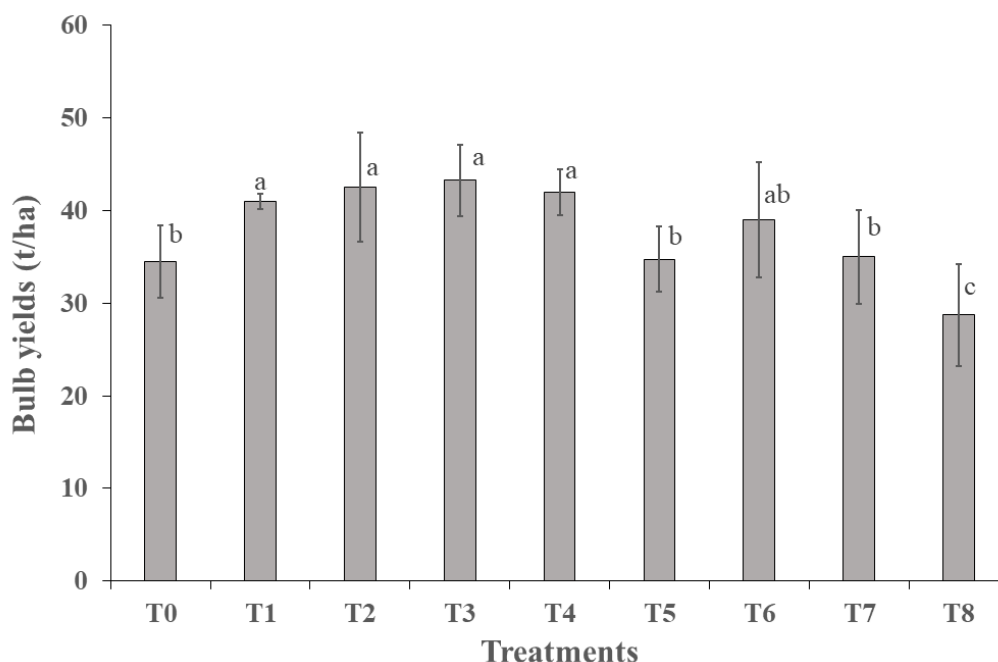


Fig. 4. Onion bulb yield according to treatments

Bars are means $\pm$ SD. Bars with the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test. T0: control, T1: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with aqueous extract of *A. indica*, T2: Soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T3: soil treated with *A. indica* powder and leaves treated with Mancozeb, T4: Soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with aqueous extract of *L. multiflora*, T5: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Azoxystrobin, T6: soil treated with *L. multiflora* powder and leaves treated with Mancozeb, T7: leaves treated with Azoxystrobin, T8: leaves treated with Mancozeb.

3.2 DISCUSSION

The *in vitro* experiment showed that aqueous extracts of *A. indica* and *L. multiflora* inhibited the growth of *A. porri*, as has already been reported by some authors against various phytopathogenic fungi. The efficacy of the aqueous extracts augmented proportionally to the doses, as confirmed by [21].

The antifungal properties of extracts of *Lippia* species have been demonstrated in previous studies. For example, [22] found that aqueous extract of *L. multiflora* inhibited germ tube growth of *Puccinia arachidis*, while [23] demonstrated that extracts of *Lippia javanica* and *Lippia rehmannii* significantly inhibited mycelial growth of *Penicillium digitatum*. The inhibition of fungal growth by the aqueous extract of *L. multiflora* can be explained by the fact that the leaves contain compounds with antifungal properties. In fact, phytochemical analyses performed by [24] and [19] showed that the leaves of *L. multiflora* contain a variety of phenolic compounds such as geniposide, nuomioside A, samioside, verbascoside, alyssonoside, isoverbascoside, isonuomioside and leucosceptoside. The antifungal properties of these phenolic compounds have been demonstrated by several authors [25], [19].

For *A. indica*, [26] showed that the aqueous leaf extract exhibited potent antibacterial and antifungal activity. [27] also reported that the aqueous seed extract inhibited the mycelial growth of *Sclerotium rolfsii* and leaf extracts inhibited the growth of *Alternaria solani*. The antibacterial and antifungal activity of the aqueous extract of *A. indica* leaves is thought to be due to the presence of high concentrations of azadirachtins, quercetin and β -sitosterol in the leaves, as shown by [28].

In the field, statistical analysis showed no significant differences between the severity of onion purple blotch disease in treated and control plots. This could be due to the low severity of the disease throughout the trial. Nevertheless, the treatments had a positive effect on onion growth and production. This could be explained by the fact that the decomposition of the powders in the soil can help to improve soil fertility. In this regard, [29] reported that *A. indica* derivatives improved soil fertility. Furthermore, according to [30], in addition to their nematocidal activity, *A. indica* triterpenoids inhibit nitrification, thereby increasing soil nitrogen availability.

4 CONCLUSION

This study aimed to evaluate the effectiveness of treatment combinations with fungicides and plant-based pesticides in the control of *A. porri*, onion growth and bulb production. The results of this study showed that the application of soil powders in combination with foliar treatments for the biocontrol of purple blotch disease improves onion growth and production and can provide an alternative to the overuse of synthetic fungicides.

ACKNOWLEDGMENTS

Our thanks go to the vegetable's producers of Tabtenga for their assistance during the implementation of the experimental trial.

REFERENCES

- [1] FAOSTAT «Food and Agriculture Organization of the United Nations», Database, Rome, Italy, Available from [athttps://www.fao.org/faostat/fr/#data/QV](https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QV), 2022.
- [2] R. Guissou, K. Cissé and T. Pouya, «Analysis of incentives and penalties for onion in Burkina Faso», *Technical note series*. SPAAA, FAO, Rome, p. 41, 2012.
- [3] G. Son, R. Kiogo and S. G. Yé, «Analysis of bulb onion production systems around the Goinré barrage in Yatenga province in northern Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 10, p. 1173-1183, 2016.
- [4] M. Konate, C. Parkouda, V. Tarpaga, F. Guira, A. Rouamba and H. Lingani, «Assessment of the nutritional potential and keeping quality of eleven varieties of onion (*Allium cepa* L.) bulbs introduced into Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 11, p. 2005-2015; 2017.
- [5] P. Nisha, A. Pragya and T. Puja, «Management of Purple Blotch Complex Of Onion (*Allium Cepa* Cv Red Creole) under field condition in Rukum-West, Nepal», *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 4, p. 71-74, 2020.
- [6] P. Jhala and B. L. Mali, «Effective Management of Purple Blotch of Onion Caused by *Alternaria porri* (Ellis) Through Host Resistance, Fungicides and Botanicals», *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 6, pp. 1737-1745, 2017.
- [7] R. A. Ouedraogo, M. Koala, C. Dabire, A. Hema, V. B. E. J. T. Bazié, L. P. Ouattara, C. Gnoula, E. Pale and R. H. C. Nebié, «Total phenol content and antioxidant activity of extracts from the three main varieties of onion (*Allium cepa* L.) grown in the Centre-North region of Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 9, p. 281-291, 2015.
- [8] T.G. Dabiré, K. Sondo, B. F. Neya, N. Dabiré, S. Bonzi and I. Somda, «Morphological variability within populations of *Alternaria porri* (ellis) cif., the causative agent of onion purple blotch disease in Burkina Faso», *International Journal of Advanced Research*, vol. 11, pp. 166-181, 2023.
- [9] B.S. Chethana, G. Ganeshan, A. S. Rao and K. Bellishree, «Morphological and Molecular characterization of *Alternaria* Isolates causing purple blotch disease of Onion», *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 7, pp. 3478-3493, 2018.
- [10] E. Shahanaz, V. K. Razdan and P. K. Raina, «Survival, dispersal and management of foliar blight pathogen of onion», *Journal of Mycology and Plant Pathology*, vol. 37, p. 213-214, 2007.
- [11] J. Vinny, D. S. Sobita, K. M. Amit and A. L. Abhilasha, «Survey of Purple Blotch Disease of Onion (*Alternaria porri*) of Allahabad District», *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 7, p. 74-78, 2018.
- [12] W.V. Tarpaga, «A contribution to the study of premature bolting in tropical onion varieties (*Allium cepa* L.): the case of Violet de Galmi grown in northern Burkina Faso», PhD thesis, University of Ouagadougou, Burkina Faso, p: 118, 2012.
- [13] S.M. Mohsin, M. D. R. Islam, A. F. N. Ahmmed, H. A. C. Nisha and M. Hasanuzzaman, «Cultural, morphological and pathogenic characterization of *Alternaria porri* causing purple blotch of onion», *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 44, p. 222-227, 2016.
- [14] T.M. Hien, «Study of the morphological variability of *Alternaria porri* (Ellis), pathogen of purple spot disease of onion (*Allium cepa* L.) and evaluation of the antifungal activity of aqueous extracts of Neem, Citronella and Purslane», Master's thesis, Polytechnic University of Bobo-Dioulasso, p. 63, 2016.
- [15] A.H. Abo-Zaid, K. G. Helmy, H. Abdel Wahab and M. G. El-Samman «Purple blotch as seed-borne disease of onion and its control», *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, vol. 2, pp. 1245-1255, 2020.
- [16] S.T. Koike, P. Gladders and A. O. Paulus, «Vegetable diseases: a color handbook», *Gulf Professional Publishing*, p. 448, 2007.

- [17] H.F. Schwartz and K. S. Mohan, «Basal rot of onion. Compendium of Onion and Garlic Diseases, 2è Edition, APS Press», *American Phytopathological Society*, Saint Paul, MN, 2008.
- [18] M. Doumbouya, K. Abo, A. N. Lepengue, B. Camara, K. Kanko, D. Aidara and D. Kone, «Comparative in vitro activity of two synthetic fungicides and two essential oils on telluric fungi in vegetable crops in Ivory Coast», *Journal of Applied Biosciences*, vol. 50, p. 3520–3532, 2012.
- [19] K. Koïta, Y. Baissac, E. Sanon, C. Campa and P. Sankara, «Phenolics from *Lippia multiflora* Moldenke as potential bioactive agents against peanut pathogens», *Agricultural Science Research Journal*, vol. 7, p. 267-276, 2017.
- [20] J. Moral and A. Trapero, «Assessing the susceptibility of olive cultivars to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum*», *Plant Disease*, vol. 93, p. 1028-1036, 2009.
- [21] A. Tiendrebeogo, I. Ouedraogo, S. Bonzi and A. I. Kassankogno, «Study of the antifungal activity of extracts of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stap, *Eclipta alba* L., *Lippia multiflora* L. and *Agave sisalana* P.»», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 11, p. 1202-1211, 2017.
- [22] K. Koita, B. F. Neya, T. A. Nana and P. Sankara, «Antifungal activity of local plant extracts from Burkina Faso against *Puccinia arachidis* Speg, a pathogen of groundnut rust (*Arachis hypogaea* L.)», *Journal of Applied Biosciences*, vol. 57, p. 4142–4150, 2012.
- [23] E. Shikanga, T. Regnier, S. Combrinck and B. Botha, «Polar *Lippia* extracts as alternatives for the postharvest control of Guazatine®-resistant strains of *Penicillium digitatum* in citrus», *Fruits*, vol. 64, p. 75-82, 2009.
- [24] A. Hanson, E. Joubert, D. De Beer, J. C. Malherbe and R. C. Witthuhn, «Phenylethanoid glycosides as major antioxidants in *Lippia multiflora* herbal infusion and their stability during steam pasteurization of plant material», *Food Chemistry*, vol. 127, pp. 581-588, 2011.
- [25] J.F. Yala, V. Ntsameso-Mve-Mba, Y. Azzizet Issembe, N. A. Lepengue and A. Souza, «In vitro assessment of the antimicrobial activity of the aqueous extract of *Eryngium foetidum* harvested in the town of Franceville», *Journal of Applied Biosciences*, vol. 103, p. 9886-9893, 2016.
- [26] Y. Raja Ratna Reddy, C. Krishna Kumari, O. Lokanatha, S. Mamatha and C. Damodar Reddy, «Antimicrobial activity of *Azadirachta Indica* (neem) leaf, bark and seed extracts», *International Journal of Research in Phytochemical and Pharmacological Sciences*, vol. 3, p. 1-4, 2013.
- [27] N. A. Nadio, E. M. Bokobana, K. P. Akantetou, P. Tozouu, W. Poutouli, K. Koba and K. Sanda, «Antifungal activity of aqueous extracts of the seeds of *Azadirachta indica* A. Juss. on the development of *Sclerotium rolfsii*, a pathogen of *Zingiber officinale* rhizomes», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 16, p. 609-617, 2022.
- [28] R. Subapriya and S. Nagini, «Medicinal properties of neem leaves: a review». *Current Medicinal Chemistry - Anti-Cancer Agents*, vol. 5, p. 149-6. 2005.
- [29] M. R. Khan, F. A. Mohiddin, M. N. Ejaz and M. M. Khan, «Management of root-knot disease in eggplant through the application of biocontrol fungi and dry neem leaves», *Turkish Journal of Biology*, vol. 36, pp. 161-169, 2012.
- [30] M. Akhtar and M. M. Alam, «Utilization of waste materials in nematode control: a review» *Bioresource Technology*, vol. 45, pp. 1-7, 1993.

Evolution of gold content along the orebody in the Torkera gold deposit, Gaoua district: Deformation and hydrothermal alteration

Barkwendé H. Fabrice Ouédraogo¹, Pascal Ouyi², and Boukaré Kiéma³

¹Université Joseph KI ZERBO (UJKZ), Ouagadougou, Burkina Faso

²Ecole Normale Supérieure (ENS), Ouagadougou, Burkina Faso

³Ampella Mining Gold Sarl, 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: Mineralization at the Torkera gold deposit is located at the contact between volcanic rocks (basalt-andesite) and volcanosedimentary rocks (pyroclastite, blackshale) in the relay zone within the large West Batié Shear Zone (WBZ). Along strike, these formations are not only strongly sheared, but are also affected by intense hydrothermal fluid circulation. The deposit has not yet been characterized in terms of deformation and hydrothermal alteration. The present study aims to constrain the factors controlling the variation in gold content. Direct field measurements show that the mineralized body contained within the shear zone is affected by two phases of deformation. The first is a shear-type deformation known as D1T, marked by S1T schistositities. This first phase of deformation is taken up by a second phase of deformation called D2T. This second phase is marked by S2T fracture or crenulation schistosity. Two hydrothermal alteration phases affect these formations. The first phase of hydrothermal alteration is a carbonate-chlorite-quartz $\pm$ pyrite $\pm$ iron oxide paragenesis, while the paragenesis of the second phase of alteration is quartz-pyrite-white mica $\pm$ carbonate. Gold mineralization is associated with pyrite crystals from the second phase of hydrothermal alteration, whatever the nature of the host rock. The variation in gold content along the ore body is controlled by the intensity of fluid circulation in relation to deformation. The more space freed up by deformation, the more the hydrothermal fluid interacts with the host rock, resulting in a strong silicification and pyritization phase capable of trapping gold.

KEYWORDS: Gold deposit, Torkera, mineralized body, Gold grade.

1 INTRODUCTION

In the West African craton (Fig. 1), especially in Burkina Faso (Fig. 2), most economically viable deposits are located in shear zones ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]). These shear zones are often the source of gold mineralization and are commonly referred to as orogenic gold ([10], [11]). Hydrothermal alteration is the transformation of a rock's minerals into neoformed minerals or the modification of its chemical composition by hot hydrothermal fluids. These fluids also change their chemical composition after interacting with the rocks they pass through, and this is reflected at the time of crystallization by mineralogical assemblages related to this composition ([12]). This mineralogical assemblage, also known as hydrothermal alteration, is responsible for the formation of numerous deposits, especially gold deposits in orogenic settings ([3], [13], [14], [15]). This is the origin of the concept of orogenic gold ([10], [11]). The various studies carried out on most of the different deposits ([16], [17], [18], [7], [19]) in the West African craton show that they can be grouped essentially into two types: i) disseminated sulfide-gold deposits with high tonnage and low grade, and ii) high-grade, low-tonnage quartz vein-concentrated gold deposits. The present work is carried out in the Torkéra gold deposit, which has not yet been characterized. Our aim is to follow the evolution of the gold content along the ore body in order to propose a model of emplacement. To this end, we have characterized the Torkéra orebody in terms of deformation and hydrothermal alteration. These data are then discussed and compared with other deposits in Burkina Faso and elsewhere in the world.

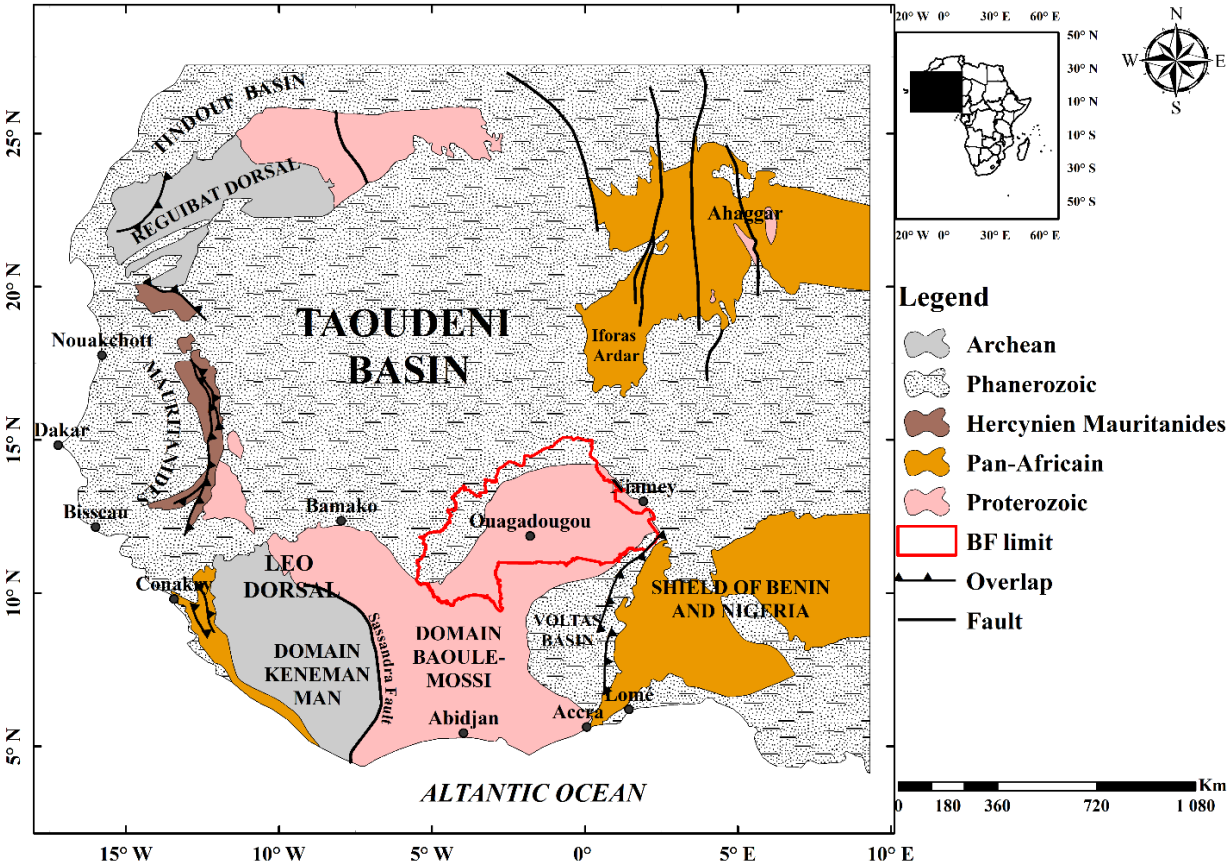


Fig. 1. West African craton ([17] modified)

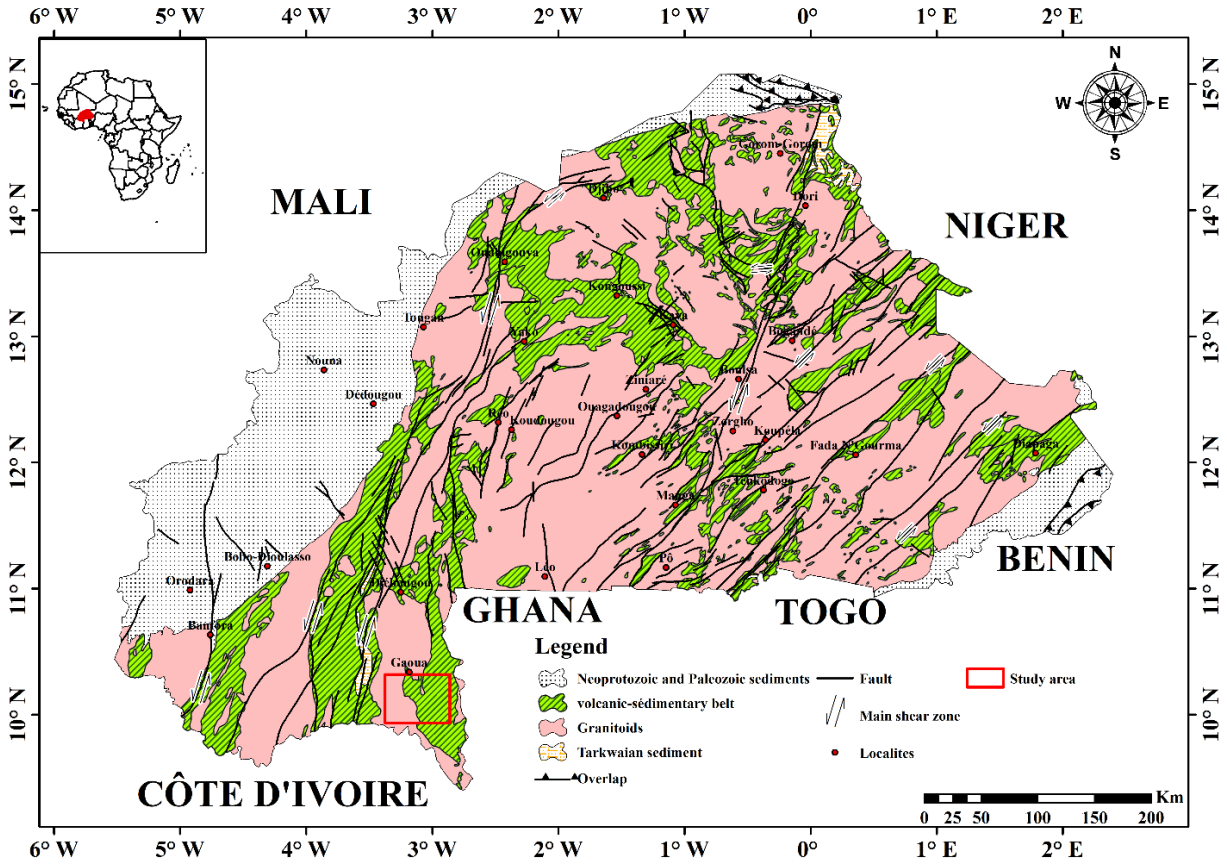


Fig. 2. Simplified geology of Burkina Faso ([20] modified)

2 GEOLOGICAL CONTEXT

The Man/Léo dorsal in the south of the West African craton (Fig.1) comprises a Kénéma-Man domain with Archean-age formations and a Baoulé/Mossi domain with Paleoproterozoic-age formations. Formations of Paleoproterozoic age are referred to as Birimian formations ([21]). These formations are organized in greenstone belts, bordered by vast batholiths of tonalite, trondjemite and granodiorite (TTG), which are syn-tectonic granitoids ([22], [23]). The Gaoua region to the south of Gaoua shares similarities with the Man/Léo ridge. Indeed, the Gaoua district is characterized by an association of volcanic and volcanosedimentary series, birimian sediments and granitoids ([24], [25], [26], [27], [28], [9]). The volcanic and volcanosedimentary series are composed of volcanic to subvolcanic rocks of a basic nature. These rocks include aphyric basalts, plagioclase phenocrystalline basalts, porphyritic andesitic basalts and andesites in the form of flows and projections (Fig. 3). In terms of deformation, ([29], [26]) have defined first-order, second-order and third-order structures. These are regional structures trending N-S to NE-SW and locally NW-SE. The study area (Tokera) is located on the same extension as the Nassara gold deposit, in a relay zone within the large western Batié shear zone (Fig. 3).

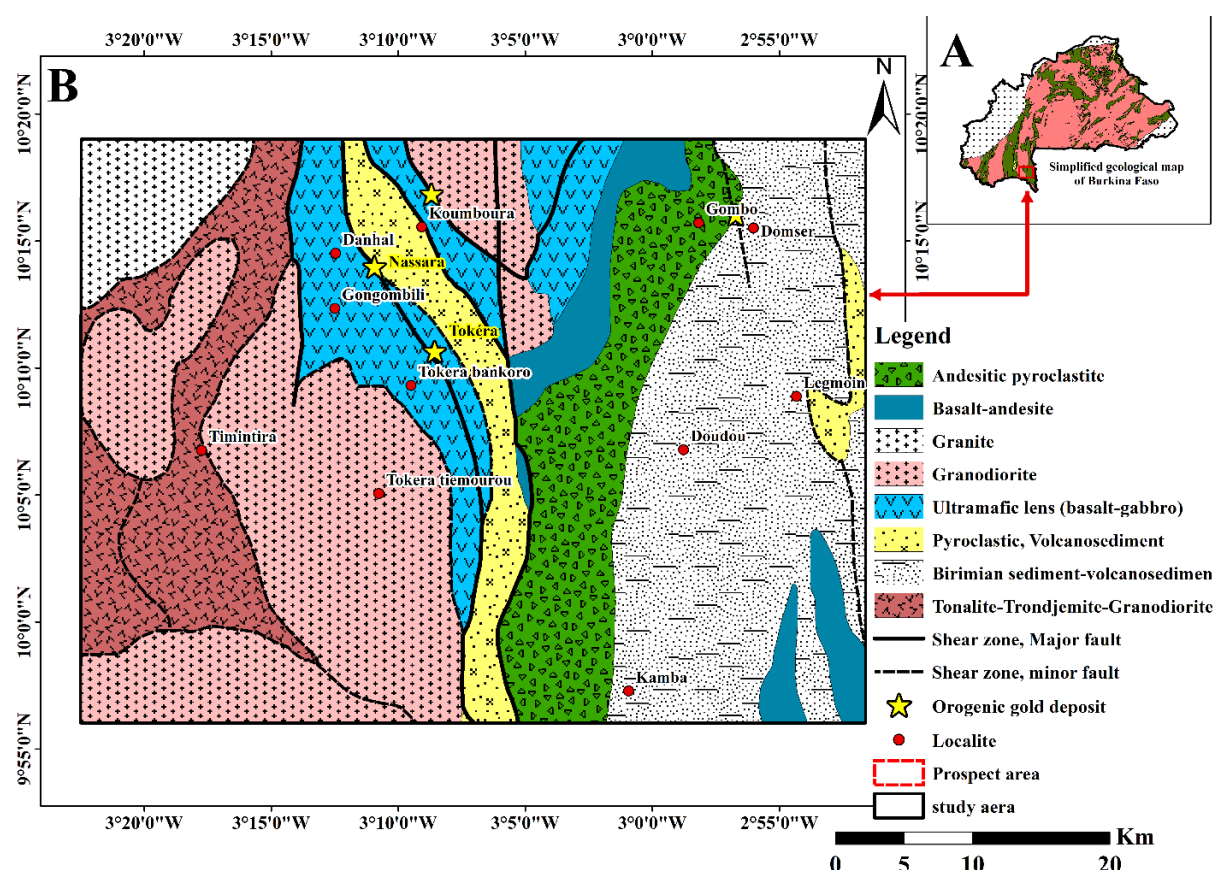


Fig. 3. Revised geological map of western Burkina Faso showing the different geological formations and structures in the study area (modified from [27])

3 SAMPLING AND ANALYSIS METHODS

Field work initially consisted in: i) making direct field measurements of obvious structures within the shear corridor, ii) taking rock samples from core drilling to monitor variations in gold content along the orebody. The equipment used included a GPS to locate the measured structures, a Brunton compass to measure the structures, and a clinometer to measure dip. We also described and collected core samples using a hammer. We took five (05) core samples and approximately twenty-six (26) samples were taken directly in the field. Laboratory work consisted in making polished thin sections (25) in the thin section workshop of the Geosciences and Environment Laboratory (LaGE) at Joseph KI ZERBO University. Observations and studies were carried out using a metallogenic microscope equipped with a camera for taking microphotographs. Reflected light observations enabled us to carry out a metallographic study to identify the position of the gold in the sulfides.

4 RESULTS

The results address the characteristics of the ore body, hydrothermal alteration and ore mineralogy.

4.1 MINERALIZED BODY CHARACTERISTICS

A more recent study [15], [9] showed that the mineralized body is affected by transpressive deformation. Magnetic lineation data ([28]) showed that mineralizing fluids in the Nassara zone flowed from NW to SE, i.e. towards the Torkera gold deposit (Fig.4). The Torkera gold deposit has the same petrographic and structural characteristics as the Nassara gold deposit ([15]).

A cross-section of a borehole section intersecting the Torkera mineralized zone shows that the main formations are volcanic rocks (basalt-andesite), pyroclastites and sedimentary formations (blackshale) (Fig.5). This ensemble is intersected by late dykes of microdiorite and microgabbro. Apart from these late dykes, all the formations are affected by several phases of deformation. Direct field measurements (over sixty) in the shear zone show shear deformation (S1T) with a main orientation N 320°E, dipping steeply to moderately to the southwest in the shear zone ([15]). This is taken up by crenulation or fracture schistosity (S2T) whose main direction is northeast, with values ranging from N50°E to N80°E.

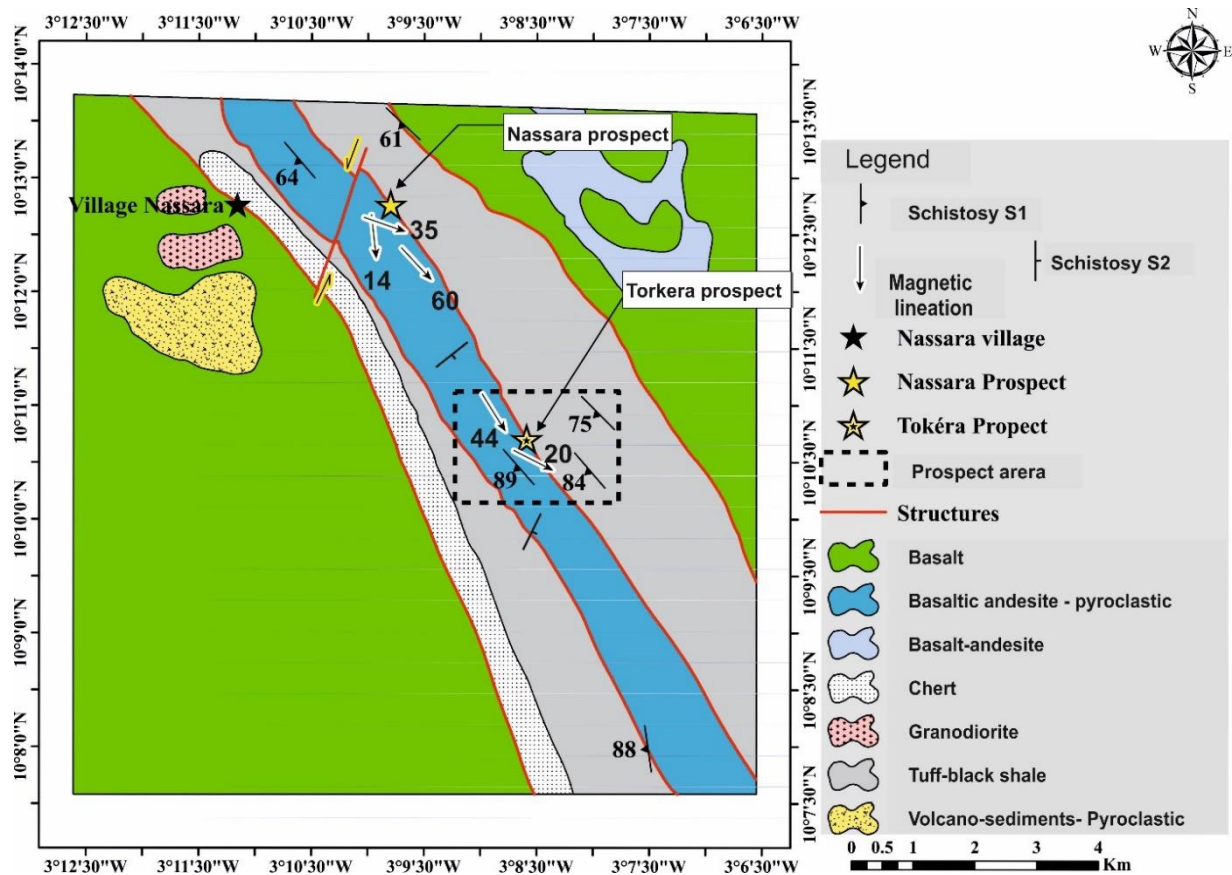


Fig. 4. Geological map of the Nassara-Torkera shear zone, showing material flowing SE from Nassara towards Torkera ([9])

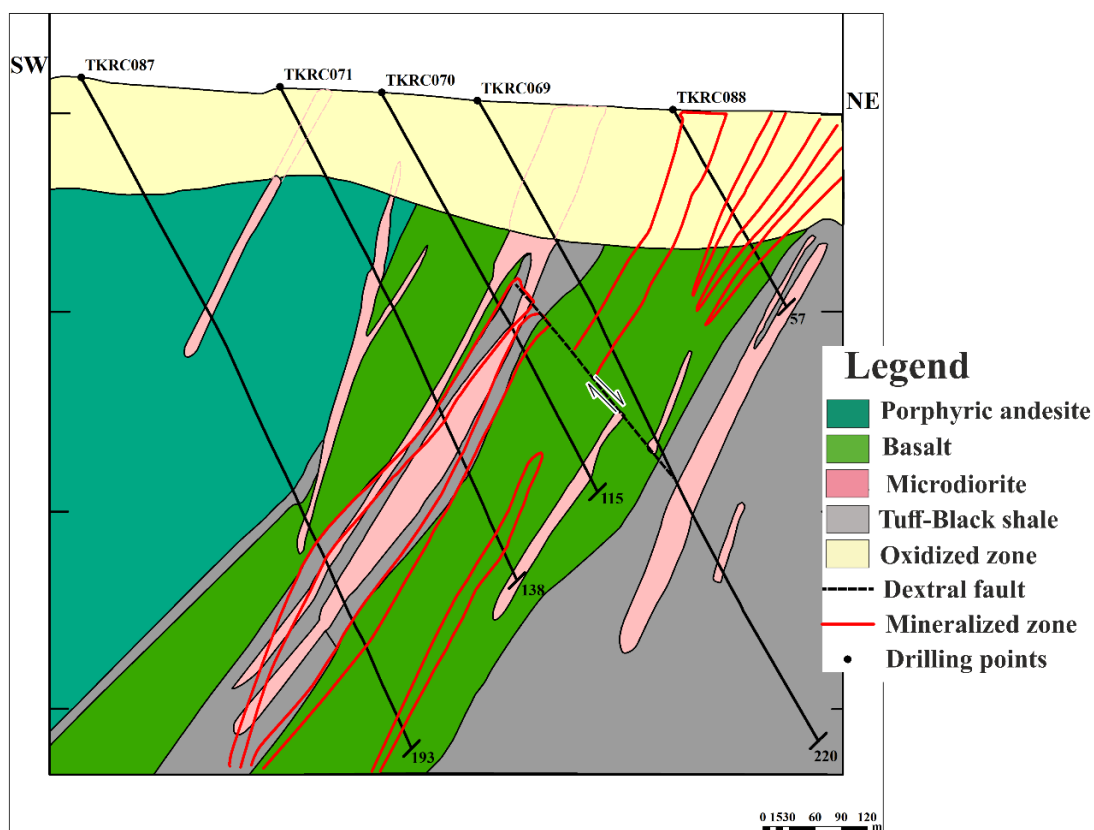


Fig. 5. Geological cross-section of a borehole section at Torkera

On a microscopic scale, the first phase of D1T deformation is characterized by a variable-intensity S1T penetrative flow schistosity with a mean orientation of N320°E (Fig.6A). Deformation D2T is manifested by a crenulation schistosity S2T that intersects S1T, with a main orientation of N45°E (Fig.6B). The first phase of deformation is highlighted by chlorite-iron oxides in areas where the intensity of deformation is low (Fig.6C and Fig.7A). Where deformation is intense, schistosity is highlighted by white-mica-rich bands around pyrite crystals (Fig.6D). Pressure shadow zones also develop at the interfaces of pyrite crystals filled with fibrous quartz, whose direction of growth is parallel to S1T (Fig.7B). This crenulation schistosity is highlighted by the axes of the microfolds (Fig.7C). During this deformation phase, pressure shadows also develop around pyrite crystals whose growth direction is perpendicular to S1 (Fig.7D).

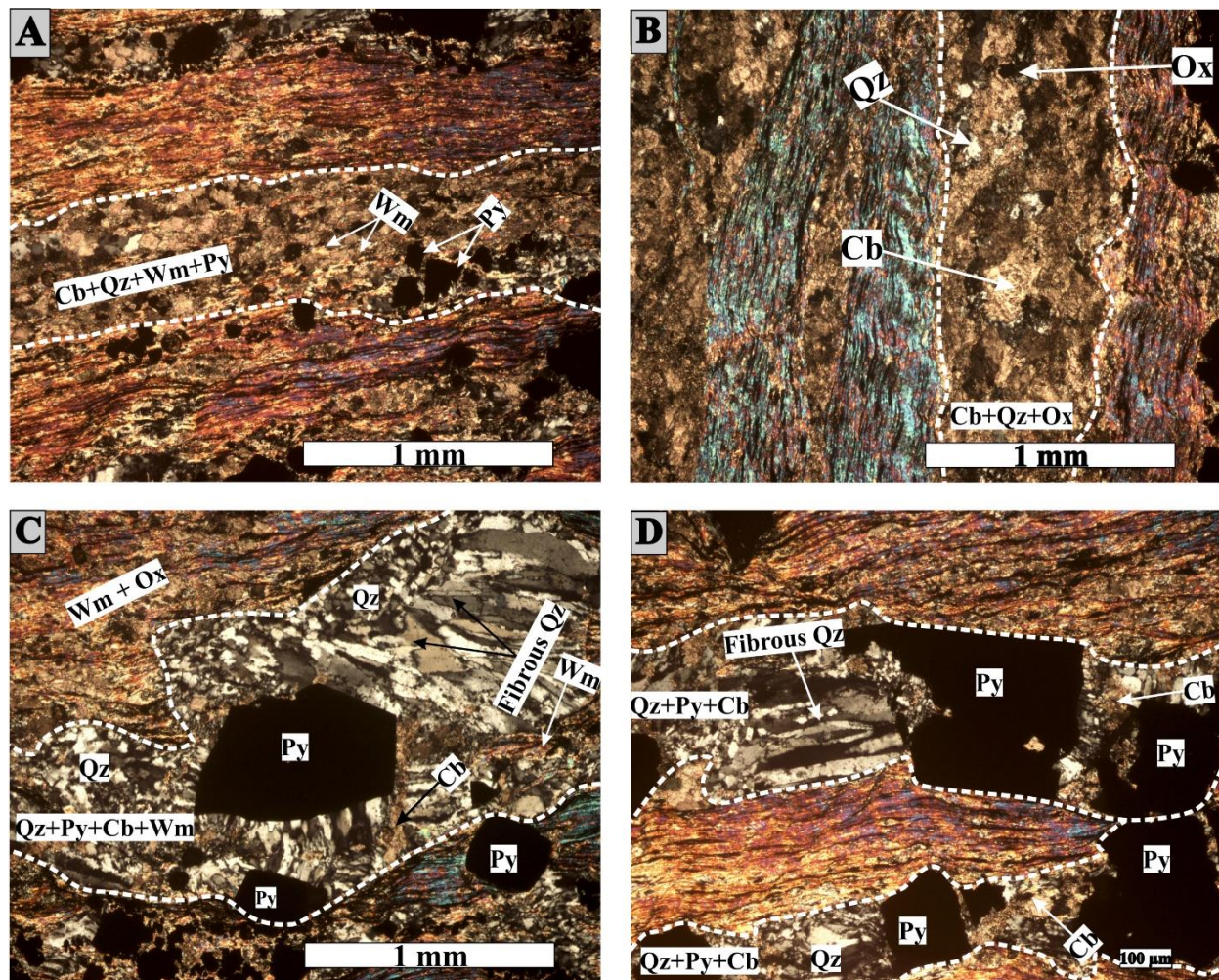


Fig. 6. Directional rosettes of schistosity and photograph showing structural relationships. A-B: showing the direction of S1T and S2T schistosity; C: a sugar section of weakly hydrothermalized metaandesite where the S1T is outlined by chlorites; D: a core section of a strongly hydrothermalized metaandesite showing the S1T outlined by white micas

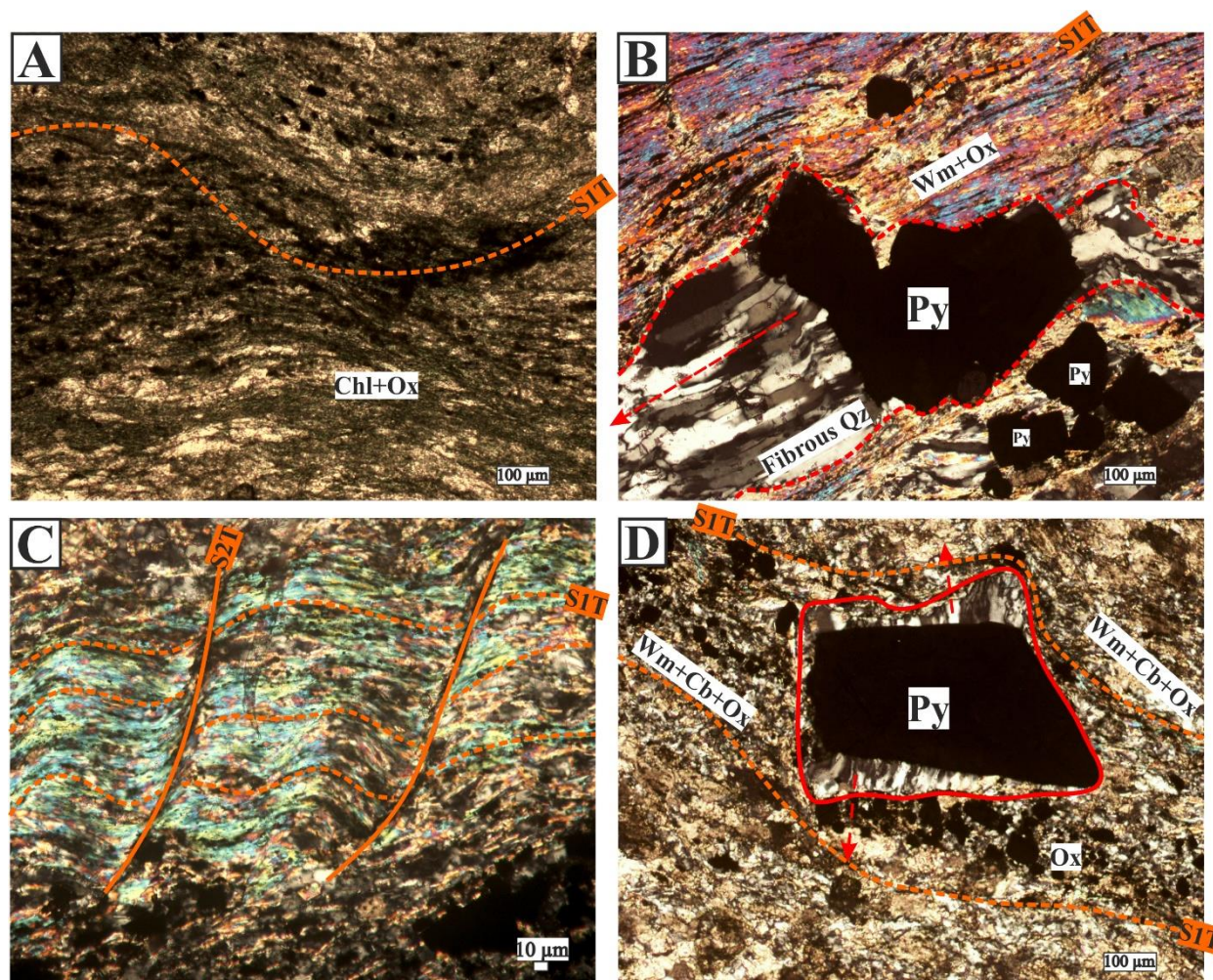


Fig. 7. Microphotographs of deformation-related microstructures. A: S1T shear schistosity (penetrative flow) highlighted by chlorites and iron oxides; B: quartz-filled pressure shadow around a pyrite whose growth direction is parallel to the shear structure (white mica); C: S1T shear schistosity marked by white micas and S2T crenulation; D: quartz pressure shadow with growth perpendicular to the shear structure

4.2 HYDROTHERMAL ALTERATIONS IN HOST ROCKS

The rocks hosting the mineralization in the Torkéra gold deposit have been subjected to hydrothermal fluid circulation of variable intensity, synchronous with shear deformation (Fig.8). They are generally affected by two phases of hydrothermal alteration. The first phase takes the form of fairly pervasive veins/veinlets filled with carbonate-quartz-white mica-pyrite $\pm$ iron oxide, consistent with the shear structure. Pyrite crystals are mainly found at the spandrels of the latter (Fig.8A, B). The second phase of alteration may take the form of white quartz-pyrite-mica $\pm$ carbonate $\pm$ albite veins/veinlets, or as pressure shadows around pyrite crystals with fibrous quartz infill secant to the shear structure (Fig.8C, D). Partial recrystallization of quartz crystals can also be observed. In some cases, pressure shadows develop parallel to the direction of the shear structure

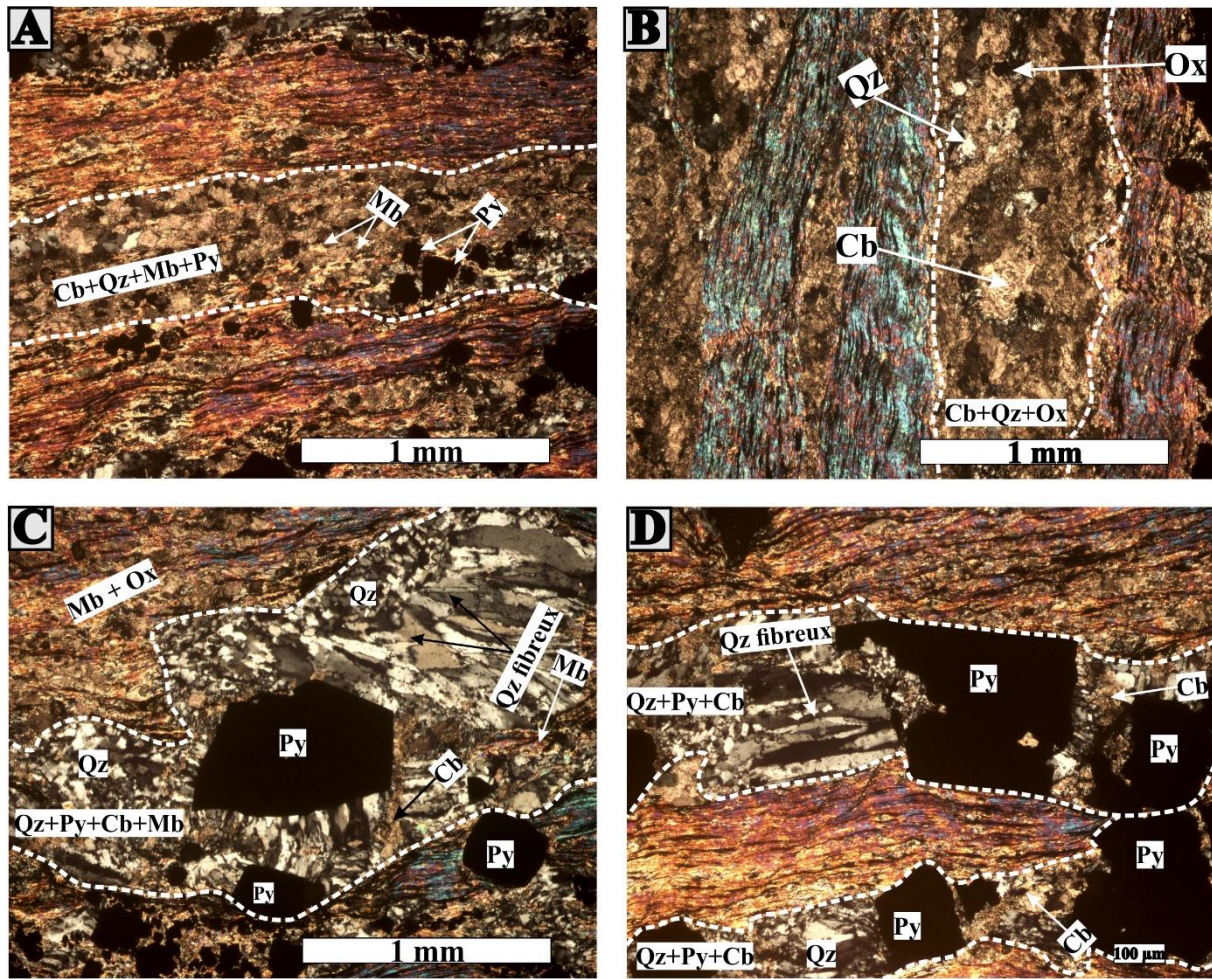


Fig. 8. Microphotograph of alteration paragenesis. A and B: The first weathering paragenesis with pyrite crystals in the spandrels; C and D: The second weathering paragenesis and fibrous quartz pressure shadows. Ab: Albite; Cb: Carbonate; Chl: Chlorite; Qz: Quartz; Wm: White mica; Ox: Iron oxide; Py: Pyrite

4.3 ORE MINERALOGY

In the deposit, sulfides are mainly pyrrhotite crystals and pyrite crystals. Gold mineralization is mainly associated with pyrite crystals, regardless of the nature of the host rock (fig. 9). The pyrite crystals with which gold is associated are arranged at the spandrels of the veins or are organized in white mica-rich bands along the shear structure (Fig. 9C, E). These gold pyrite crystals are related to the second phase of hydrothermal alteration with quartz-pyrite-white mica $\pm$ carbonate $\pm$ albite (Fig. 9ACE). The individual gold grains are xenomorphic in shape, with sizes not exceeding a few micrometers within the pyrite crystals. They either occupy the micro-fractures (Fig. 9B, D), or are included (Fig. 9F).

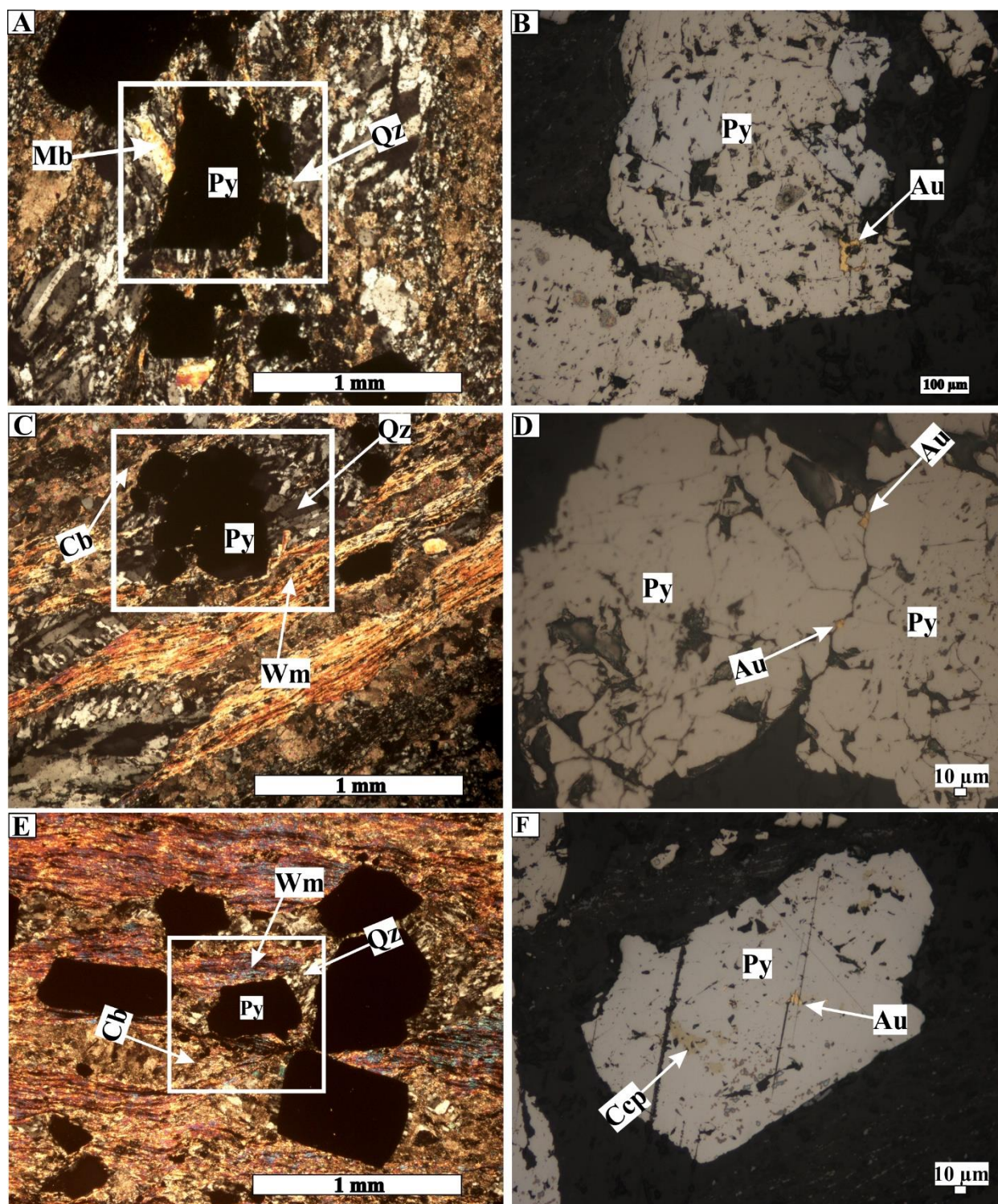


Fig. 9. Microphotograph of gold and associated paragenesis. A-C-E: Paragenesis (Qz-Py-Mb±Cb) associated with gold with fragmented pyrite crystals in AC. B-F: Xenomorphic gold grains in pyrite; D: Gold grains in a microfracture. Py: Pyrite; Cb: Carbonate; Qz: Quartz; Ccp: Chalcopyrite; Mb: White Mica; Au: Gold

5 DISCUSSION

Mineralization within the Torkera gold deposit is located at the contact between volcanic rocks (basalt-andesite, pyroclastites) and highly sheared sedimentary rocks (blackshale). The first phase of deformation, D1T, is shear deformation of variable intensity, with an average orientation of N320°E. It corresponds to the second phase of deformation at Nassara ([15], [9]) and the third phase of

deformation on the Gaoua scale (Baratoux et al., 2015). It corresponds to the third deformation phase at Nassara ([9]) and to the fourth deformation phase at the Gaoua scale ([29]).

Gold mineralization is linked to fluid circulation from the ductile to the ductile-breaking to brittle stages ([11], [31], [32]). As the fluid rises, the original minerals in the rock interact with the fluid, resulting in mineralogical assemblages related to this composition during crystallization ([12]). At Torkera, the first phase of hydrothermal circulation is a mixture of metamorphic and hydrothermal fluid, which globally materializes in the surrounding rocks as pervasive carbonate-chlorite-iron oxide $\pm$ quartz $\pm$ pyrite alteration. The second fluid phase is hydrothermal circulation itself, resulting in intense silicification. This silicification phase is accompanied by sericitization and pyritization.

The alteration paragenesis is organized in the form of veins/veinlets concordant with the S1T shear mill, with pyrite crystals at the spandrels of the latter. Multi-filled pressure shadows (quartz-albite) develop around the pyrite crystals. The work of certain players ([31], [32], [33]) has demonstrated that these pressure shadows are due to a subsequent reactivation of the shear zones, causing them to develop around the pyrite crystals. This reactivation caused a localized and repeated drop in pressure, inducing a reaction between the fluid and the host rock, followed by crystallization of the minerals in the spaces left behind.

The variation in gold content along the Torkéra orebody is often marked by low, medium and high-grade zones, due to the intensity of hydrothermal fluid circulation on the one hand, and the fluid's ability to interact with the host rocks on the other (Fig. 10). With regard to the intensity of fluid circulation, we note that the weakly hydrothermalized metaandesite-metabasalts are mainly affected by the first phase of hydrothermal circulation, which is a mixture of metamorphic and hydrothermal fluid. This fluid is poorly enriched in gold because it has only weakly interacted with the host rock, resulting in grades of 2.01g/t at 154.5m depth (Table I and Fig. 10). This increase in silica and pyrite content is thought to be the catalyst for the higher gold content in these moderately hydrothermalized host rocks (5.09 g/t at 132.5m) (Table I and Fig. 10). What's more, these moderately hydrothermalized enclosing formations are closer to the strongly hydrothermalized enclosing formations, where high levels of silica, sericite and pyrite generally control the high gold content (134.7m at 18.2 g/t) (Table I and Fig. 10). We can thus say that the more hydrothermal fluid circulates, the more material is available to form the quartz and pyrite crystals that catalyze the variation in gold content (Table I). These gold-bearing pyrite crystals are associated with the strong silicification, sericitization and pyritization reflected in the white quartz-pyrite-mica $\pm$ carbonate paragenesis (see Fig. 9CE). The link between pyrite crystals and gold on the one hand, and the high gold content associated with a strong pyritization phase in the host rocks on the other, are not new facts in the West African craton ([34], [35], [18], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [7], [15], [42], [43], [44]).

Table 1. Summary of relationships between alteration phases, sample depth, grade and alteration paragenesis.

Lithology	Moderately altered metaandesite	Highly altered metaandesite	Black shale	Microdiorite	Slightly altered metaandesite
Depth	132.5 m	134.7 m	136.6 m	147.7 m	154.5 m
Gold grade	5.09 ppm	18.2 ppm	1.74 ppm	-	2.01 ppm
Alteration minerals					
Carbonates					
Quartz					
White-mica					
Chlorites					
pyrites					
Iron oxide					
Albites					

	Abundant		Medium		Weak
	None				

The capacity of the fluid to interact with the surrounding rocks depends on the rheology of the rocks and the intensity of deformation. Indeed, the intensity of hydrothermal fluid circulation is related to the intensity of deformation, and this results in the reactivation of certain zones. In these reactivated zones, the deformation is extensible with fragmented pyrite crystals, with pressure shadows developing around the pyrite crystals (Fig. 8 B D and Fig. 9 A C). It is these openings that allow the fluid to enter and interact with the pyrite crystals already formed and the host rock, remobilizing the primary gold and then re-precipitating it within the latter ([45], [32], [33]). This is explained by the work of [46], which showed that primary gold is present in the Nassara basaltic rocks. We therefore propose

that the variation in gold content is related to the intensity of deformation and hydrothermal fluid circulation, since the more spaces there are due to deformation, the more fluid circulates.

However, in graphitic schists, the gold content is relatively low. This is due to the low capacity of the fluid to interact with graphite schists, which are more ductile than basalt-andesites, which are ductile-breaking to brittle. In these rocks, we find quartz veinlets with rare pyrite crystals, demonstrating that it is the high concentration of pyrite crystals in conjunction with the intensity of hydrothermal fluid circulation that controls the gold content.

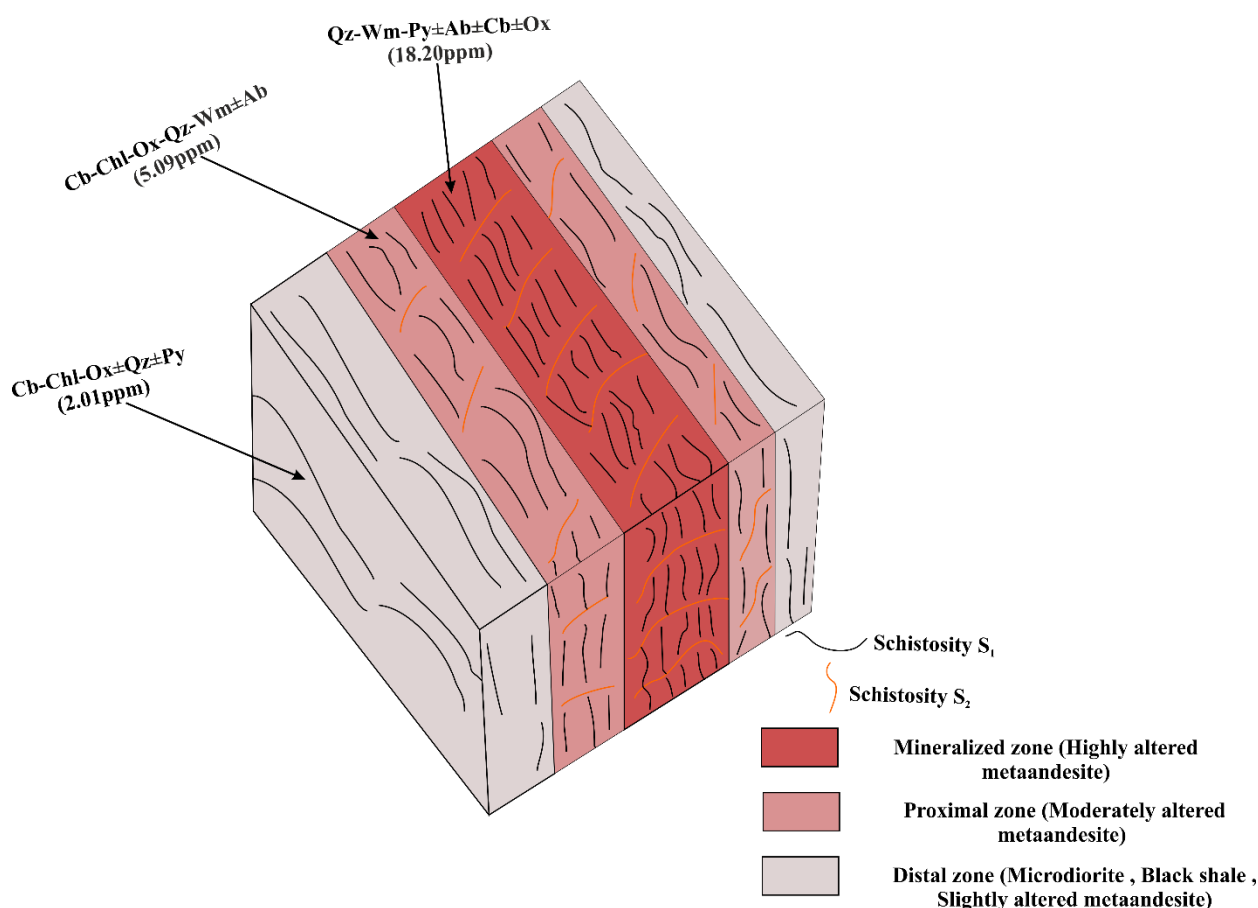


Fig. 10. Block diagram of alteration zones associated with schistosity, gold content and alteration paragenesis in the study area

6 CONCLUSION

Characterization of the Torkéra gold deposit shows that mineralization occurs at the contact between volcanic (basalt, basaltic andesite) and volcanosedimentary (pyroclastite, graphitic schist) rocks. These formations were affected by polyphase deformation along a shear corridor where, overall, two deformation phases can be identified. These are D1T, a shear-type deformation marked by S1 schistosity, and D2T, marked by S2 schistosity, which repeats the first. D2T is characterized by either crenulation schistosity or fracture schistosity.

Two phases of hydrothermal alteration have been identified in the Tokéra gold deposit. The first phase is characterized by a carbonate-chlorite-iron oxide $\pm$ quartz $\pm$ pyrite mineralogical association, while the second phase is characterized by a quartz-white-mica-pyrite $\pm$ carbonate paragenesis silicification. Intense fluid circulation, silicification, intensity of deformation and high concentration of pyrite crystals are the parameters controlling the variation in gold content. Gold mineralization is related to pyrite, regardless of the nature of the host rock, and occurs in or embedded in microfractures.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Société Minière Ampella Mining Gold Sarl for granting us access to the core for this study. This enabled the acquisition of field data. The Bureau des Mines et de Géologie du Burkina (BUMIGEB) for providing geological mapping data for Burkina Faso.

REFERENCES

- [1] Lompo, M., Etude géologique et structurale des séries birimiennes de la région de Kwademen, Burkina - Faso, Afrique de l'Ouest (Evolution et contrôle structurale des minéralisations sulfurées et aurifères pendant l'Eburnéen (Thèse). Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand II, Clermont - Ferrand (1991), 204 p.
- [2] Bourges, F., Debat, P., Tollon, F., Munoz, M., Ingles, J., The geology of the Taparko gold deposit, Birimian greenstone belt, Burkina Faso, West Africa. *Mineralium Deposita*, 33, (1998), 591– 605 p., <https://doi.org/10.1007/s001260050175>.
- [3] Milési, J.-P., Ledru, P., Feybesse, J.-L., Dommanget, A., Marcoux, E., Early proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa. *Precambrian Research*, 58, (1992) 305–344 p., [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(92\)90123-6](https://doi.org/10.1016/0301-9268(92)90123-6).
- [4] Allibone, A.H., McCuaig, T.C., Harris, D., Etheridge, M., Munroe, S., Byrne, D., Amanor, J., Gyapong, W., Structural Controls on Gold Mineralization at the Ashanti Deposit, Obuasi, Ghana, *Society of Economic Geologists*, (2002), 65-93 p. <https://doi.org/10.5382/SP.09.04>.
- [5] Feybesse, J.-L., Billa, M., Guerrot, C., Duguey, E., Lescuyer, J.-L., Milesi, J.-P., Bouchot, V., The paleoproterozoic Ghanaian province: Geodynamic model and ore controls, including regional stress modeling, *Precambrian Research*, 149, (2006) 149–196 p., <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2006.06.003>
- [6] Hammond, N.Q., Robb, L., Foya, S., Ishiyama, D., Mineralogical, fluid inclusion and stable isotope characteristics of Birimian orogenic gold mineralization at the Morila Mine, Mali, West Africa, *Ore Geology Reviews*, 39, (2011) 218–229 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.03.002>
- [7] Markwitz, V., Hein, K.A.A., Jessell, M.W., Miller, J., Metallogenic portfolio of the West Africa craton, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016) 558–563 p., <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.024>
- [8] Goldfarb, R.J., André-Mayer, A.-S., Jowitt, S.M., Mudd, G.M., West Africa: The World's Premier Paleoproterozoic Gold Province, *Economic Geology*, 112, (2017), 123–143 p., <https://doi.org/10.2113/econgeo.112.1.123>
- [9] Ouyi, P., Naba, S., Ilboudo, H., Sawadogo, S., Yameogo, O., Mise en évidence de structures principales et connexes contrôlant la minéralisation dans le district aurifère de Nassara au sud-ouest du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest), *Journal des sciences*, 20 (1), (2020) 01–21 p.
- [10] Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Robert, F., Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types, *Ore Geology Reviews* 13 (1-5), (1998), 7–27 p. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00012-7).
- [11] Goldfarb, R.J., Baker, T., Dubé, B., Groves, D.I., Hart, C.J.R., Gosselin, P., Distribution, Character, and Genesis of Gold Deposits in Metamorphic Terran, *Society of Economic Geologists*, 1905-2005, (2005), 100 p., <https://doi.org/10.5382/AV100.14>.
- [12] Jébrak, M., Marcoux, E., Géologie des ressources minérales, Ministère des ressources naturelles et de la faune, (2008) 685 p.
- [13] Castaing, C., Billa, M., Milési, J.P., Thieblemont, D., Le Metour, J., Egal, E., Donzeau, M., Guerrot, C., Zida, B., Ouédraogo, I., Kote, S., Ouédraogo, C., Ki, J.C., Zunino, C., Notice explicative de la Carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000, Burkina Faso, Ministère des Mines, des Carrières et de l'énergie Projet Sysmin (Cartographie Géologique Au Burkina Faso), (2003a), 148 p.
- [14] Cathelineau, M., Boiron, M.C., Tuduri, J., Fluides et genèse des concentrations minérales. *Géosciences, BRGM*, 13, (2011), 56–63 p.
- [15] Ouyi, P., Siebenaller, L., Salvi, S., Béziat, D., Naba, S., Baratoux, L., Naré, A., Franceschi, G., The Nassara gold prospect, Gaoua District, southwestern Burkina Faso, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016) 623–630 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.11.026>
- [16] Leube, A., Hirdes, W., Mauer, R., Kesse, G.O., The early Proterozoic Birimian Supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization, *Precambrian Research*, 46, (1990) 139–165 p. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(90\)90070-7](https://doi.org/10.1016/0301-9268(90)90070-7).
- [17] Béziat, D., Dubois, M., Debat, P., Nikiéma, S., Salvi, S., Tollon, F., Gold metallogeny in the Birimian craton of Burkina Faso (West Africa), *Journal of African Earth Sciences*, 50, (2008), 215–233 p., <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2007.09.017>
- [18] Augustin, J., Gaboury, D., Crevier, M., The world-class Wona-Kona gold deposit, Burkina Faso. *Ore Geology Reviews*, 78, (2016), 667–672 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.017>
- [19] Augustin, J., Gaboury, D., Crevier, M., Structural and gold mineralizing evolution of the world-class orogenic Mana district, Burkina Faso: Multiple mineralizing events over 150 million years, *Ore Geology Reviews*, 91, (2017) 981–1012 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.08.007>
- [20] Castaing, C., Le Metour, J., Billa, M., Donzeau, M., Chèvremont, P., Egal, E., Zida, B., Ouédraogo, I., Koté, S., Kaboré, B.E., Ouédraogo, C., Thiéblemont, D., Guerrot, C., Cocherie, A., Tegye, M., Milési, J.P., Itard, Y., Carte géologique et minière du Burkina- Faso à 1/1000000, Project sysmin 7 ACP BK 074, (2003b).
- [21] Bessoles, B. (1977) Géologie de l'Afrique. Le craton ouest-africain. Mémoires BRGM, Paris, 88.
- [22] Pons, J., Barbey, P., Dupuis, D. and Léger, J.M. (1995) Mechanisms of Pluton Emplacement and Structural Evolution of a 2.1 Ga Juvenile Continental Crust: The Birimian of Southwestern Niger. *Precambrian Research*, 70, 281-301. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(94\)00048-V](https://doi.org/10.1016/0301-9268(94)00048-V).
- [23] Gasquet, D., Barbey, P., Adou, M. and Paquette, J.L. (2003) Structure Sr-Nd Isotope Geochemistry and Zircon U-Pb Geochronology of the Granitoids of the Dabakala Area (Côte d'Ivoire): Evidence for a 2.3 Ga Crustal Growth Event in the Paleoproterozoic of West Africa? *Precambrian Research*, 127, 329-354. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(03\)00209-2](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(03)00209-2).

- [24] Ouédraogo, M., Prost, A., Mise en évidence des relations entre schistosités et plissements dans la ceinture volcanique birrimienne de Yako-Batie (Burkina Faso), *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série II. Mechanics. Physics. Chemistry. Space sciences. Earth sciences*, 303 (19), (1986) 1713–1718 p.
- [25] Wenmenga, U., Affaton, P., Les anomalies géochimiques (Pb-Zn-Cu) du district métallogénique de la Région de Gaoua, ceinture Birimienne de l'ouest, Burkina Faso, *Journal of Mining and Geology*, 39, (2003) 29–38 p., <https://doi.org/10.4314/jmg.v39i1.18788>.
- [26] Metelka, V., Baratoux, L., Naba, S., Jessell, M.W., A geophysically constrained litho- structural analysis of the Eburnean greenstone belts and associated granitoid domains, Burkina Faso, West Africa. *Precambrian Research*, 190, (2011) 48–69 p. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.002>
- [27] Ouyi, P., Zongo, G.H., Yaméogo, A.O., Naba, S., 2023: Direction of material creep during the deformation phase in shear zones, role in mining prospecting: A case of the Nassara Torkera gold deposits in the Gaoua region, Burkina Faso, West Africa. *Journal of Geology and Mining Research*, 15 (3) pp 39-49.
- [28] Baratoux, L., Metelka, V., Naba, S., Ouyi, P., Siebenaller, L., Jessell, M.W., Naré, A., Salvi, S., Béziat, D., Franceschi, G., Tectonic evolution of the Gaoua region, Burkina Faso: Implications for mineralization, *Journal of African Earth Sciences*, 112, (2015), 419–439 p. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.10.004>
- [29] Naba, S., Rapport final d'une étude pétro-structurale dans la zone exclue dans le permis de Gaoua Minerals à l'Est de Gaoua, Unpublished report prepared for Volta Ressources Gaoua Minerals SARL Burkina Faso, (2010) 1–64 p.
- [30] Bons, P.D., Elburg, M.A., Gomez-Rivas, E., A review of the formation of tectonic veins and their microstructures, *Journal of Structural Geology*, 43, (2012), 33–62 p., <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.07.005>
- [31] Velasquez, G., Béziat, D., Salvi, S., Siebenaller, L., Borisova, A.Y., Pokrovski, G.S., De Parseval, P., Formation and Deformation of Pyrite and Implications for Gold Mineralization in the El Callao District, Venezuela, *Economic Geology*, 109, (2014), 457–486 p., <https://doi.org/10.2113/econgeo.109.2.457>
- [32] Ouyi, P., Étude Métallogénique du gîte aurifère de Nassara (région de Gaoua, Sud-Ouest du Burkina Faso) : Déformation, altération hydrothermale et facteurs de précipitation de l'or, (Thèse), Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou. Burkina Faso, (2019), 271 p.
- [33] Fougereuse, D., Micklethwaite, S., Miller, J., Ulrich, S., McCuaig, T.C., WITHDRAWN: The Obuasi gold deposit, Ghana: A West African giant, *Ore Geology Reviews*, 50 (2), (2015) 665–675 p., <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.06.019>
- [34] Traoré, Y.D., Siebenaller, L., Salvi, S., Béziat, D., Bouaré, M.L., Progressive gold mineralization along the Syama corridor, southern Mali (West Africa), *Ore Geology Reviews*, 78, (2016), 586–598 p., <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.11.003>
- [35] Lawrence, D.M., Lambert-Smith, J.S., Treloar, P.J., A Review of Gold Mineralization in Mali, *Mineral Deposits of North Africa*, Springer International Publishing, Cham, (2016), 327–351 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31733-5_13.
- [36] McCuaig, T.C., Fougereuse, D., Salvi, S., Siebenaller, L., Parra-Avila, L.A., Seed, R., Béziat, D., André-Mayer, A.-S., The Inata deposit, Belahouro District, northern Burkina Faso, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016), 639–644 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.11.014>
- [37] Salvi, S., Sangaré, A., Driouch, Y., Siebenaller, L., Béziat, D., Debat, P., Femenias, O., The Kalana vein-hosted gold deposit, southern Mali, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016a), 599–605 p., <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.011>
- [38] Salvi, S., Velásquez, G., Miller, J.M., Béziat, D., Siebenaller, L., Bourassa, Y., The Pampe gold deposit (Ghana): Constraints on sulfide evolution during gold mineralization, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016b), 673–686p., <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.11.006>
- [39] Amponsah, P.O., Salvi, S., Béziat, D., Baratoux, L., Siebenaller, L., Nude, P.M., Nyarko, R.S., Jessell, M.W., The Bepkong gold deposit, Northwestern Ghana, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016), 718–723 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.06.022>
- [40] Perrouty, S., Jessell, M.W., Bourassa, Y., Miller, J., Apau, D., Parra-Avila, L.A., Le Mignot, É., Velásquez, G., Ganne, J., Siebenaller, L., Baratoux, L., Aillères, L., André- Mayer, A.-S., Béziat, D., Salvi, S., Geological setting of the Wassa gold deposit, SW Ghana, *Ore Geology Reviews*, 78, (2016) 687–691 p. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.09.024>
- [41] Ouattara, S.A., Yacouba, C., Fossou J-L. H., K., Les Altérations Hydrothermales Associées À La Minéralisation Aurifère Du Gisement de Dougbafla (District d'Oumé-Hiré, Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal (ESJ)*, 13 (30), (2017) 108–125 p., <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n30p108>.
- [42] Augustin, J., Gaboury, D., Paleoproterozoic plume-related basaltic rocks in the Mana gold district in western Burkina Faso, West Africa: Implications for exploration and the source of gold in orogenic deposits, *Journal of African Earth Sciences*, 129, (2017), 17–30 p. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.12.007>
- [43] Nanema, M., Contraintes géologiques et facteurs de contrôle des gîtes polymétalliques de la ceinture Birimienne de Kampti, Burkina Faso - Afrique de l'Ouest (Thèse), Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou. Burkina Faso (2021) 234 p.
- [44] Xia, F., Brugger, J., Chen, G., Ngothai, Y., O'Neill, B., Putnis, A., Pring, A., Mechanism and kinetics of pseudomorphic mineral replacement reactions: A case study of the replacement of pentlandite by violarite, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73 (7), (2009), 1945–1969 p. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2009.01.007>.
- [45] Ouyi, P., Yaméogo, A.O., Ilboudo, H., Naba, S., 2022. Implication of Paleoproterozoic Basalt Fertility Related to Mantle Plume Activity in Nassara Gold Mineralization (Burkina Faso, West Africa). *OJG* 12, 1013–1031. <https://doi.org/10.4236/ojg.2022.1211048>.

Analyse pétrosédimentaire des dépôts maastrichtiens et paléocène-yprésiens de la région de Kao et indices de minéralisations phosphatées (Région Tahoua, Niger Central)

[Petrosedimentary analysis of maastrichtian and paleocene-ypresian deposits in the Kao region and indices of phosphate mineralization (Tahoua Region, Central Niger)]

Aguede Komi, Aminou A. Maâzou, Hassane Bouba, Tourba Kamaye, and Ahmed Yacouba

Université Abdou Moumouni, 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: This study concerns the south-central part of the Iullemeden intracratonic basin. The main objectives of the study were sedimentological analysis of the various facies and preliminary description of the nodules bearing phosphate mineralization in the Agougaran sector (Kao area, northern Ader Doutchi). The phosphate-bearing rocks are phospharudites. These occur as nodules of variable size and morphology. The phosphate nodules are hidden in the marl limestones or in attapulgitic schists of the Barmou Member. Attapulgitic schists contain the highest concentrations of nodules bearing phosphate mineralization. In the mineralized levels, nodules are either scattered or organized in layers or beds. The faunal association of the Barmou Member, which encases in the mineralized nodules, is made up of nautilus, bivalves, sea urchins, gastropods, foraminifera and ostracods. This faunal association testifies to the emplacement of phosphate mineralization-bearing deposits in a confined marine environment.

KEYWORDS: Iullemeden basin, phosphate nodules, Dinosaurs, Garadagoua.

RESUME: Cette étude a été réalisée dans le centre sud du bassin intracratonique des Iullemeden. Les principaux objectifs de cette étude ont consisté à l'analyse sédimentologique des différents faciès et à la description des nodules porteurs des minéralisations phosphatées du secteur de Agougaran (région de Kao, Ader Doutchi nord). Les roches porteuses des minéralisations phosphatées sont des phospharudites. Ces derniers se présentent sous forme de nodules de taille et de morphologie variables. Les nodules phosphatés sont dissimulés dans les marno-calcaires ou dans les schistes à attapulgitiques du Membre de Barmou. Les schistes à attapulgitiques renferment les plus fortes concentrations de nodules porteurs de minéralisations phosphatées. Dans les niveaux minéralisés, les nodules sont soit épars, soit organisés en couches ou lits. L'association faunique du Membre de Barmou, encaissant les nodules minéralisés, est constituée de nautilus, de bivalves, d'oursins, de nautilus, de gastéropodes, de foraminifères et d'ostracodes. Cette association faunique témoigne d'une mise en place, des dépôts porteurs des minéralisations phosphatées, dans un environnement marin confiné.

MOTS-CLEFS: Bassin des Iullemeden, Nodules phosphatés, Dinosaures, Garadagoua.

1 INTRODUCTION

Les premiers indices de phosphates sont signalés dans le bassin des Iullemeden par Monod [1], dans la vallée du Tilemsi au Mali, dans les assises du Paléocène supérieur ou de l'Yprésien. Au Niger un horizon de coprolithes phosphatés de 10 à 15 cm de puissance a été décrit dans la coupe de l'Éocène à proximité de la localité de Barmou au Nord-Est de Tahoua [1], à la base d'une séquence d'argiles vertes papyracées surmontant les calcaires marneux, fossilifères.

Les épisodes de phosphatogenèse réalisés dans le centre du bassin des Iullemeden correspondent à deux événements bien localisés et limités dans le temps [1]: Le premier, de faible importance, prend place au tout début du Danien (aujourd'hui reconnu comme

base du Thanétien) et consiste en la formation de granules de phosphates associés à des tests de bivalves et à de la pyrite dans la partie basale des séquences marneuses de cet étage. Le deuxième épisode, d'une plus grande ampleur, consiste en niveaux ou nappes de nodules phosphatés inclus dans les argiles et sables de l'Yprésien, surmontant la dalle de calcaire à *Linthia Sudanensis* (site d'Innakeur, Gaoye, Nord immédiat de Tahoua). Ces deux épisodes coïncident chacun avec l'amorce d'une transgression marine [1]. Le support lithologique des concentrations phosphatées est constitué dans les deux cas des argiles à attapulgite [1].

Les dépôts affleurant dans la province géologique de l'Ader Doutchi, en raison de leur importance économique, ont fait l'objet de plusieurs études. Les premiers travaux ont été réalisés par [1], [2], [3], [4]. Par la suite, les recherches se sont poursuivies par les études réalisées par [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Des travaux plus récents ont été effectués dans la l'Ader Doutchi par [8], [15], [16], [17], [18]. La sédimentation du bassin des lullemeden est marquée par des alternances de dépôts marins et de sédiments continentaux dont les limites spatiales et temporelles ne sont pas toujours faciles à déterminer avec précision [10].

Les travaux antérieurs ont porté essentiellement sur le contexte géologique général sans mettre l'accent sur la typologie des nodules porteurs des minéralisations phosphatées. L'objectif de cette étude préliminaire est de réaliser des études sédimentologiques des différents faciès de la coupe de Agougaran (Fig. 1.) et la description pétrographique de quelques nodules phosphatés récoltés dans la région étudiée.

2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude correspond à la partie centrale du bassin des lullemeden (Fig. 2.), située dans la partie Nord Est de la région de Tahoua (Fig. 1.). Elle correspond au Département de Tchintabaraden. Ce dernier fait partie intégrante de la province géologique de l'Ader Doutchi, dans sa partie nord. La coupe sédimentologique levée est localisée au point de latitude 15° et 16° Nord et de longitude 5° et 7° Est (Fig. 1.).

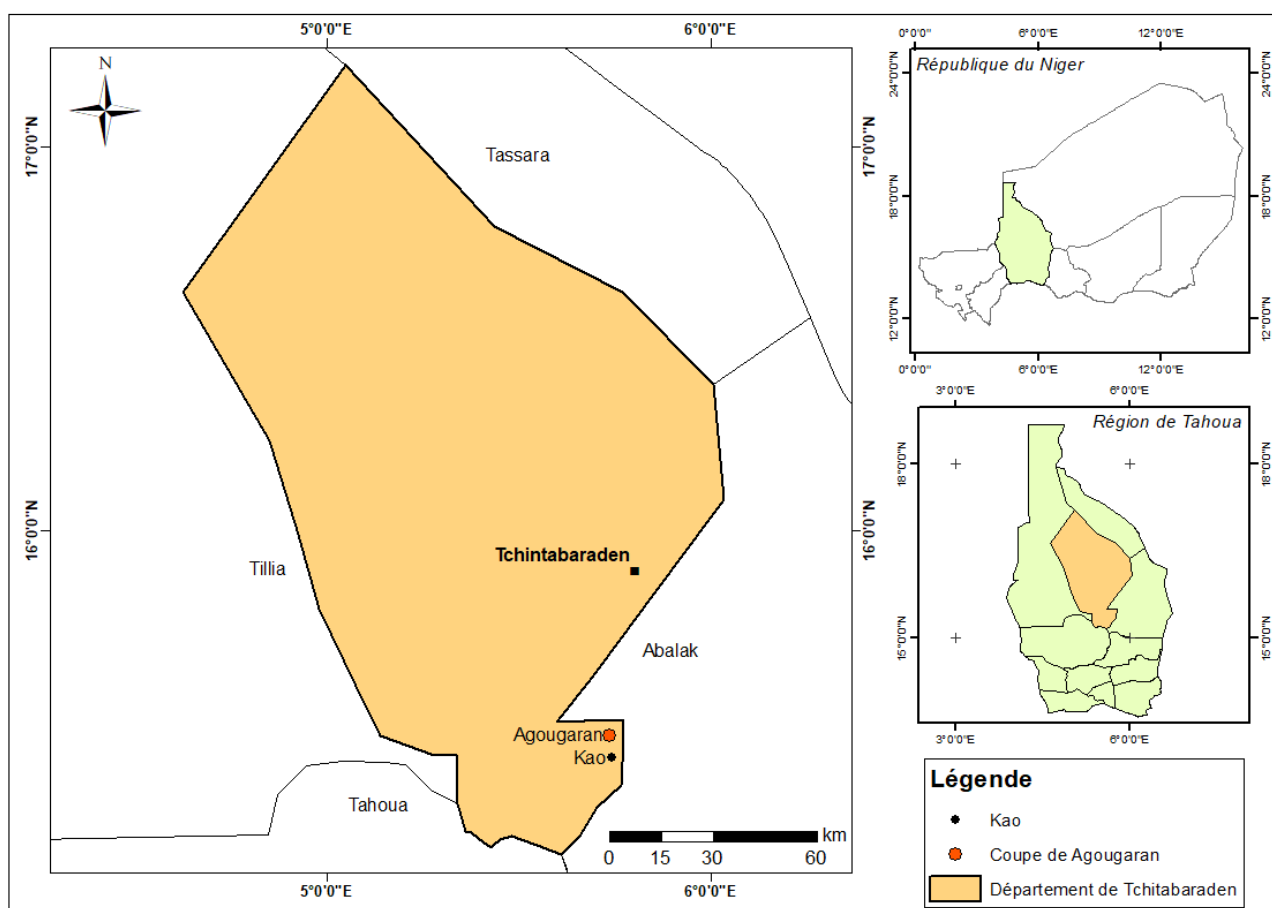


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude et de la coupe sédimentologique de Agougaran

3 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

3.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ET LOCALE

Le bassin des Iullemmeden est un vaste bassin intracratonique ouest-africain qui occupe la quasi-totalité du Niger occidental, une partie des territoires du Mali au Nord-Ouest, de l'Algérie au Nord, du Bénin et du Nigéria au Sud (Fig. 2.). La zone d'étude fait partie intégrante du bassin des Iullemmeden (Fig. 2.). Les premières études, au niveau local, ont été réalisées par [1], [3], [10], [12].

La colonne lithostratigraphique du bassin des Iullemmeden comporte des formations sédimentaires se reposant sur le socle précambrien allant du primaire au tertiaire. Il s'agit des: (i) Séries dévono-carbonifères du sous-bassin de Tim Mersoï; (ii) Séries continentales paléo-mésozoïques: Séries du Continental intercalaire (Permien au Cénomanién inférieur) et Séries du Continental hamadien (Crétacée supérieur) et (iii) Séries marines (Cénomanién supérieur à Éocène inférieur); et (iv) Série Éocène à Miocène du Continental terminal.

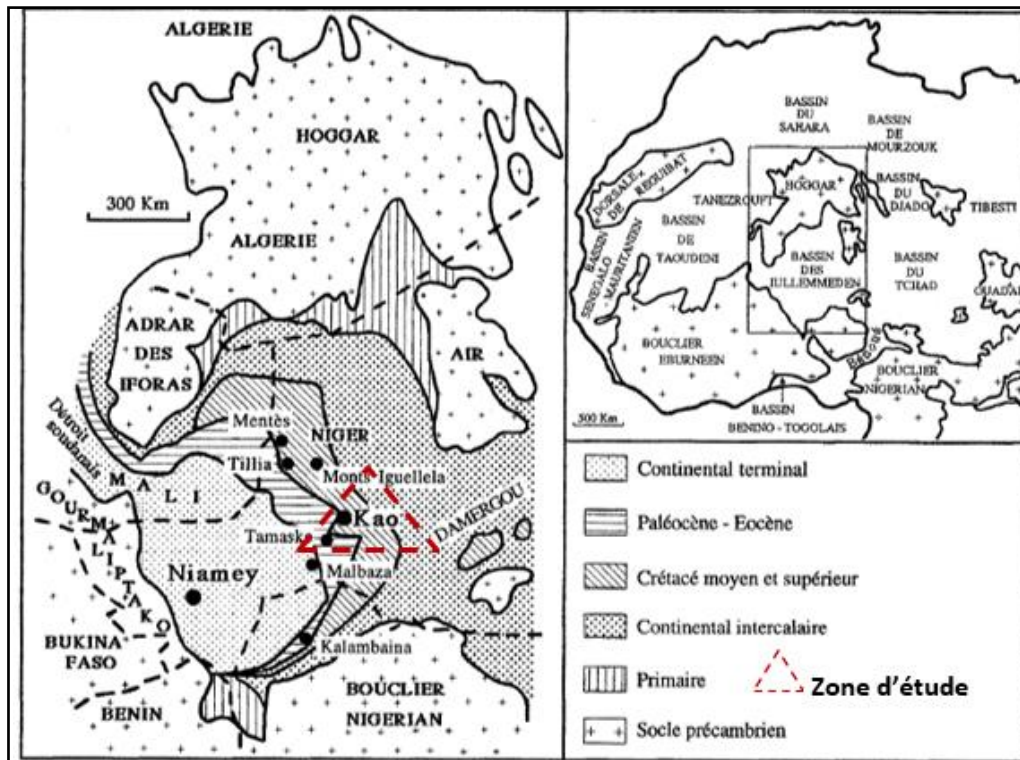


Fig. 2. Carte géologique simplifiée du bassin des Iullemmeden montrant la localisation de la région d'étude [5]

Dans le secteur de Kao, les formations sédimentaires affleurantes vont de la formation maastrichtienne de Farin Douchi à la formation Yprésienne à Miocène Continental terminal 1 (Ct¹). Deux formations attribuées au Crétacé supérieur marquent la base des levés de terrain. Il s'agit des formations de Farin Douchi et d'In Wagar. Elles sont constituées de sables, de silts et d'argiles. Des bancs d'oolithes ferrugineux apparaissent sous forme de lentilles interstratifiées. Il s'agit des dépôts marins côtiers à marins lagunaires [15]. La partie médiane de la colonne est représentée par la formation Paléocène-Yprésienne de Garadaoua. Cette formation dernière est constituée de calcaires plus ou moins marneux, encadrés par des schistes papyracés mis en place dans des milieux marins à marins confinés. Le sommet de la colonne correspond à la formation de l'Ader Douchi ou, d'âge Yprésien à Miocène, riche en matériaux ferrugineux (grès, argiles, silts, oolithes). Cette formation est désignée sous le terme Série sidérolitique ou le Continental terminal 1 (Ct¹) [1], [3], [10], [18].

3.2 PALÉOGÉOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Au Crétacé supérieur, le golfe mésogéen existant déjà à l'Est de l'Air pénètre dans le Niger occidental (Fig. 3.). Il est à l'origine de la mise en place des séries sédimentaires où s'alternent des dépôts marins (calcaires et marnes plus ou moins gréseux à faunes mésogéennes de mers chaudes épicontinentales) et des dépôts subcontinentaux (argillites et grès riches en végétaux et en restes de vertébrés) [5] (Tableau 1.).

Tableau 1. Comparaison des transgressions méso-cénozoïques dans le bassin des Iullemmeden

Systèmes	NIGER									
Etapes	Greigert (1966)			Greigert et Pognet (1967)			Dikouma <i>et al.</i> (1993)		Laouali-Idi 2020	
Pliocène Miocène	Continental terminal						Formation de Birni N'Konni		Grès ferrugineux Ct ¹⁾	
Eocène (Yprésien)			Continental terminal	Grès argileux du moyen Niger			Formation de l'Ader Douchi		Schistes papyracés Marnes Schistes papyracés	
				Argiles et sables à lignites						
Paléocène	Schistes papyracés		T5	Argiles et grès ferrugineux et latérites de l'Ader Douchi			Formation de Gardaoua		T6	
Paléocène	Calcaires et marnes		T5	Schistes papyracés à <i>Lockhartia</i>			Membre de Barmou		Schistes papyracés	
	Schistes papyracés			et calcaires et à <i>Operculonoides (Ranikothalia)</i>						
Sénonien supérieur	Calcaires à Libycoceras		T4	Grès fins de "Upper Sandstones"			Formation d'In Wagar		T5	
	Grès et argiles									
	Calcaires à Libycoceras		T3	Marnes et calcaires des "Mosasaurus shales"			Formation de Farin Douchi		T4	
	Grès et argiles									
Sénonien inférieur et moyen	Calcaires marins et continentaux (attapulgitite)			Calcaires et argiles vertes de Zakak			Séries sénoniennes			
Turonien supérieur	Série des calcaires blancs (attapulgitites)			Calcaires blancs			Formation des calcaires blancs			
Turonien inférieur	Série des Monts Iguelala	Calcaires à Nigericeras	T2	Grès et argiles glauconieux de Monts Iguelala		à Nigericeras	Formation des Monts Iguelala		T3	Calcaires à Nigericeras
Cénomanién supérieur		Calcaires à Neolobites	T1							à Neolobites
Cénomanién inférieur	Groupe de Tégama							T1		

Les transgressions (5 à 6) (Fig. 3.) marines depuis le Cénomano-turonien à l'Yprésien dans le bassin des Iullemmeden font encore l'objet de débats [3], [5], [12], [19] et [20]. Les formations levées dans le cadre de cette étude ont été déposées par les deux dernières transgressions. La minéralisation phosphatée est portée par la dernière transgression (transgression du Paléocène supérieur-Yprésien) dans le bassin des Iullemmeden (Fig. 4.).

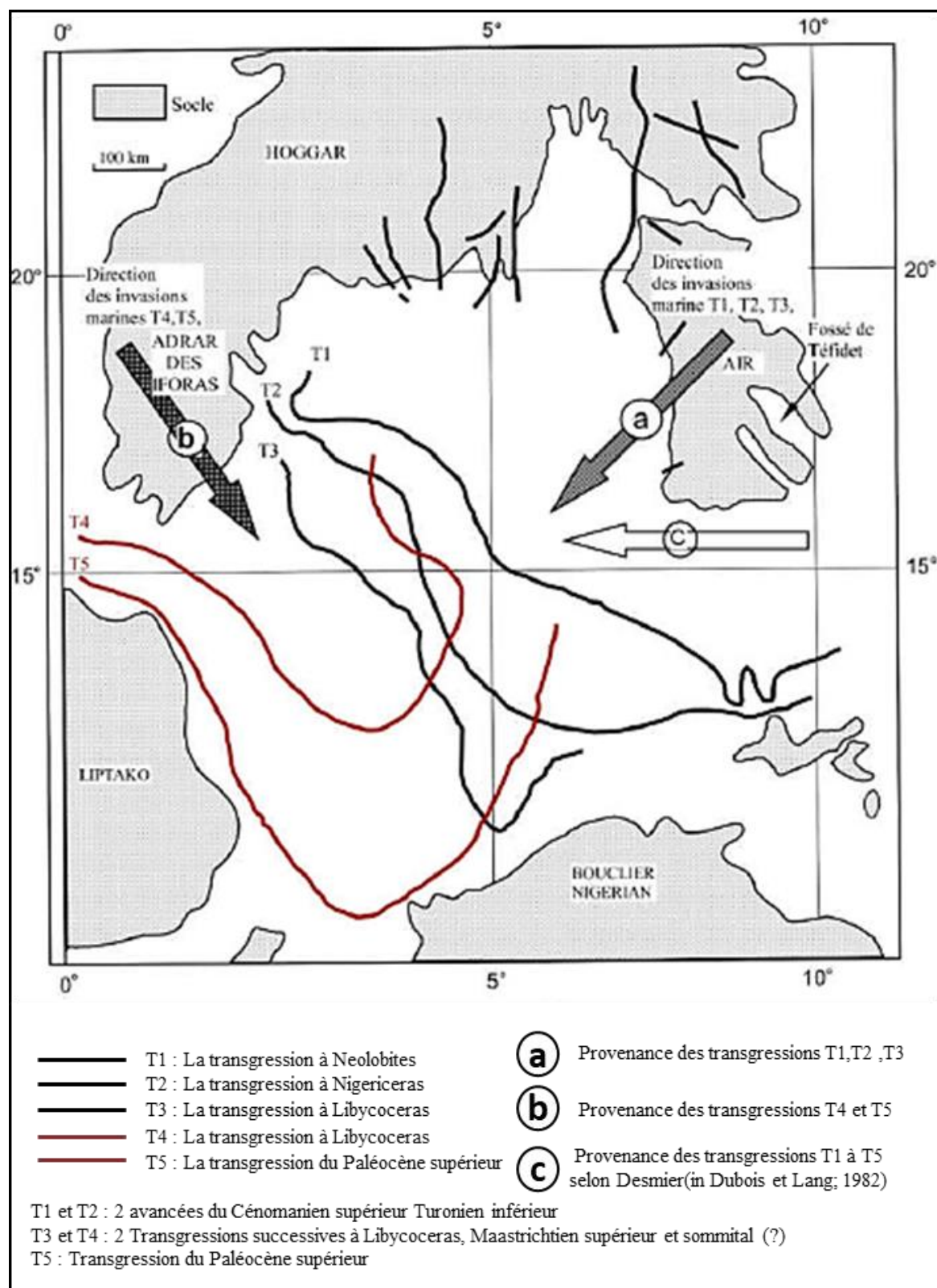


Fig. 3. Paléogéographie des transgressions marines depuis le Cénomanien Supérieur jusqu'à l'Yprésien [3], [18], [19]

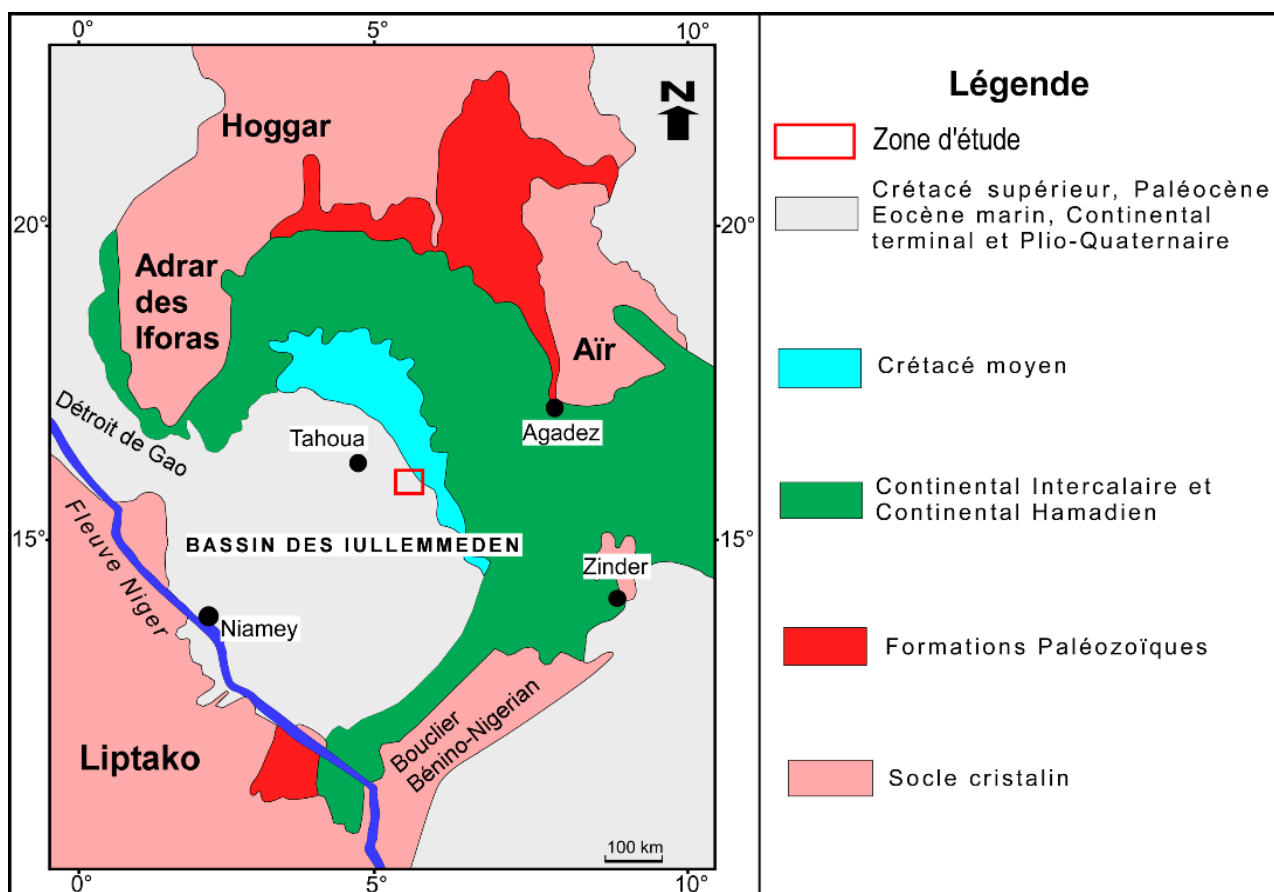


Fig. 4. Carte géologique simplifiée du bassin des Iullemmeden montrant la localisation de la zone d'étude (extraite de [1], Modifiée)

4 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

La méthodologie mise en œuvre, au cours de cette étude, est basée sur les travaux de terrain et de laboratoire:

- Les travaux de terrain: les travaux de terrain ont consisté à la description des différents affleurements et aux prélèvements des échantillons dans le secteur de Agougaran
- Les travaux de laboratoire: après l'analyse morphoscopique des différents échantillons à la loupe binoculaire, 25 lames minces de roches et de nodules phosphatés ont été confectionnées. Les analyses des lames ont été réalisées au microscope polarisant

5 RÉSULTATS

5.1 DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

La coupe sédimentologique de Agougaran (Fig. 11.) a été levée à proximité du village de Agougaran (Fig. 5.). Elle débute au point de latitude N 15°28'7,1" et de longitude E 05°44'7.5" (Fig. 5.). Son sommet se trouve au point de latitude N 15°28'32.7" et de longitude E 05°44'28.9" (Fig. 5.).



Fig. 5. Localisation de la coupe sédimentologique réalisée dans le secteur de Agougaran (Extrait de Google Earth 2023)

La compilation des levés des différents affleurements a permis de réaliser la coupe sédimentologique synthétique de la zone d'étude. La coupe de Agougaran ou Agougaran Agadé a une puissance d'environ 102 m. La coupe réalisée comprend 4 ensembles sédimentaires. Ces derniers sont formés d'un ou de plusieurs faciès. De la base au sommet, il s'agit de la:

5.1.1 FORMATION ARGILO-SABLEUSE DE FARIN DOUTCHI

L'observation des affleurements de la formation de Farin Doutchi a permis de dégager 3 faciès. De la base au sommet, il s'agit des faciès 1, faciès 2 et faciès 3 (Fig. 11.):

- Le **faciès 1**, d'une épaisseur d'environ 18 m (Fig. 6. a), il est constitué à sa base d'argiles silteuses de teinte bariolée (bleu, lie de vin, verte, jaunâtre), des argiles schisteuses bariolées dans la partie médiane et des argiles massives blanches, plus ou moins silteuses au sommet. Ce faciès renferme, dans les fractures, des filonnets discontinus de gypse en plaquettes pluricentimétriques. Le faciès 1 présente 3 niveaux. Le niveau de base est constitué en majorité d'argiles de couleur jaunâtre contenant des gypse dans les fractures. Ces dépôts présentent des tâches jaunâtres (Fig. 6. c) de natrojarosite ($\text{Na Fe}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4)_2$) ou de jarosite ($\text{K}^+ \text{Fe}^{3+}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4)^{2-}_2$). Le niveau médiant est constitué des argiles blanchâtres qui se débitent en plaquettes contenant du gypse dans les fractures et du gypse dendritique. Le sommet est constitué d'argiles feuilletées de couleur grise
- Le **faciès 2**, d'une épaisseur d'environ 16 m, est constitué d'argiles gréseuses ferrugineuses oolithiques (Fig. 6. d) présentant des alternances de niveaux grés-argileux, compacts
- Le **faciès 3** est constitué d'argilites compactes, plus ou moins schisteuses (Fig. 6. f). Les niveaux de base sont constitués de calcaires argileux de teinte bariolée (blanchâtre, rougeâtre, jaunâtre). Ces argiles sont riches en fossiles de lamellibranches, de foraminifères et d'oursins (Fig. 6.)

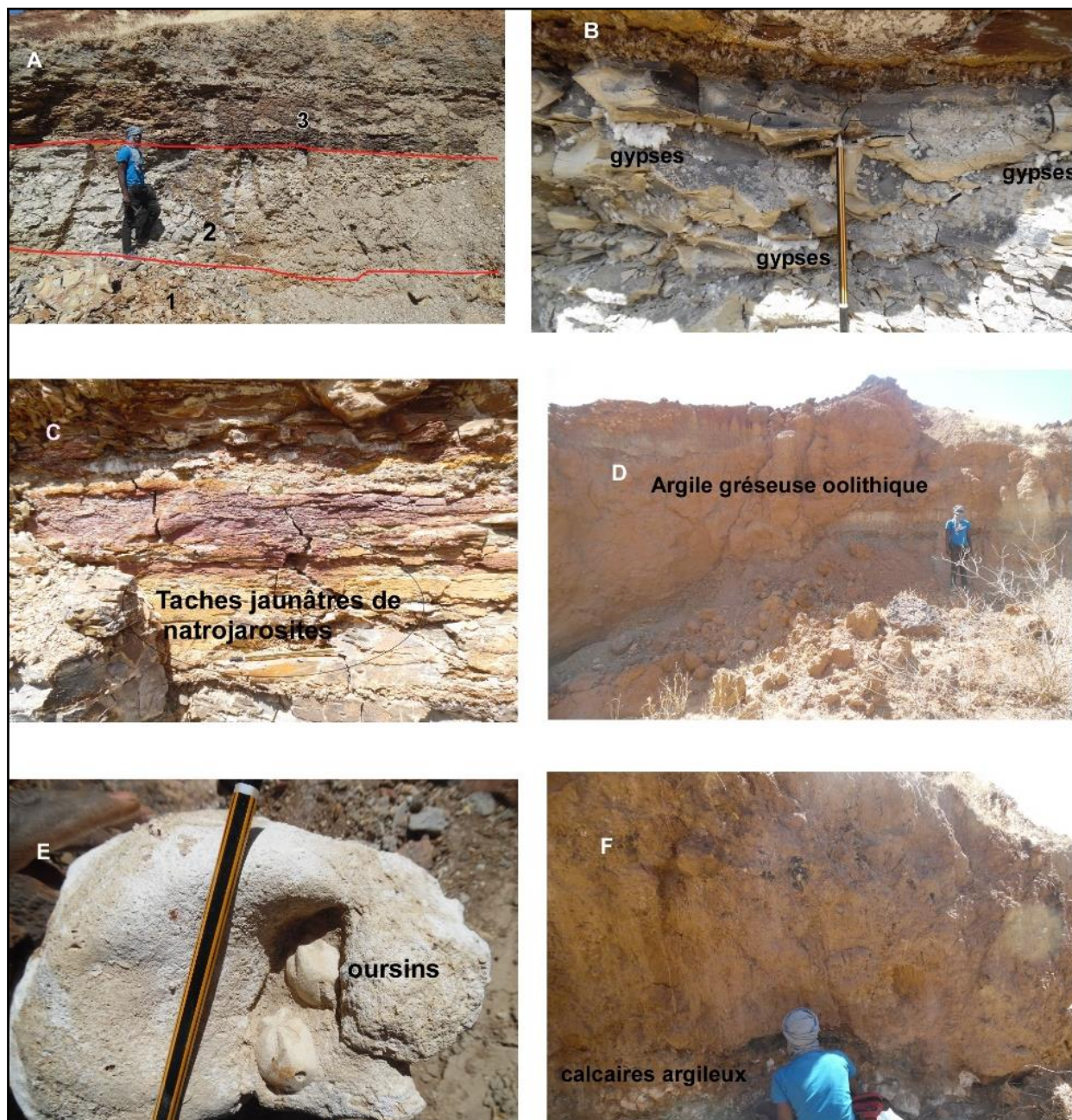


Fig. 6. Formation argilo-sableuses de Farin Douthi; E- fossiles d'oursins

5.1.2 FORMATION ARGILO-SABLEUSE D'IN WAGAR

Cet ensemble d'une épaisseur d'environ 17 m comprend 3 faciès (Fig. 11.):

- Le **faciès 4**, d'environ 11 m est constitué de sables argileux très consolidés (Fig. 7. a.1). Au niveau de certains affleurements, des argilo-siltites friables, de couleur grisâtre à jaunâtre et blanchâtre ont été observés. Ces dépôts sont limités, au sommet, par une surface durcie, constituée d'argilites sableuses, de couleur lie-de-vin
- Le **faciès 5**, d'une puissance d'environ 3 m. Il est constitué, à sa base par des grès argileux (Fig. 7. b) très fins (Fig. 7. a. 2), La partie médiane est représentée par une alternance de siltites argileuses et de sables à litages obliques plans. La partie supérieure, du faciès 5 est constituée d'argilites sableuses. Ces dépôts présentent des traces de terriers et de moulages de fossiles (Fig. 7. d). Localement, des ossements et des dents de vertébrés ont été observés
- Le **faciès 6**, d'une épaisseur qui varie entre 1 à 3 m, marque la limite supérieure de la deuxième falaise. Il est constitué d'une alternance de latérites (Fig. 7. e), sableuses et de grès ferrugineux argileux compacts (Fig. 7. a. 3). Ces dépôts, de couleur bariolée, sont localement très riches en nodules phosphatés ou ferrugineux



Fig. 7. Différents affleurements de la formation argilo-sableuse d'In Wagar dans le secteur de Agougaran

5.1.3 FORMATION ARGILO-CALCAIRE DE GARADAOUA

La formation argilo-calcaire de Garadaoua comprend 3 faciès (Fig. 11.):

- Le **faciès 7**, d'une épaisseur d'environ 3 m, est constitué de 2 niveaux. Un premier niveau d'environ 2 m est constitué d'argilites silteuses, plus ou moins, schisteuses ou compactes. Ces argilites de couleur bariolée sont recoupées par des fractures renfermant du gypse dendritique et de filonnets de gypse. Les fractures renfermant également de la poudre jaunâtre de natrojarosites ou de jarosites. Le second niveau d'environ 1 m de puissance est constitué d'argilites et de sables fossilifères. Le sommet, plus ou moins marneux, présente des poches de décalcification (Fig. 8. a)
- Le **faciès 8**, d'une puissance de 20 m (Fig. 8. c), est constitué de 2 niveaux. Le niveau de base d'environ 15 m est constitué de calcaires crayeux, noduleux et argileux. Ce faciès renferme des fossiles de foraminifères, gastropodes, d'oursins, de bivalves, de nautilus et d'huîtres. Au-dessus des calcaires noduleux, 8 bancs de calcaires francs séparés par des inter-bancs de calcaires argileux ont été identifiés

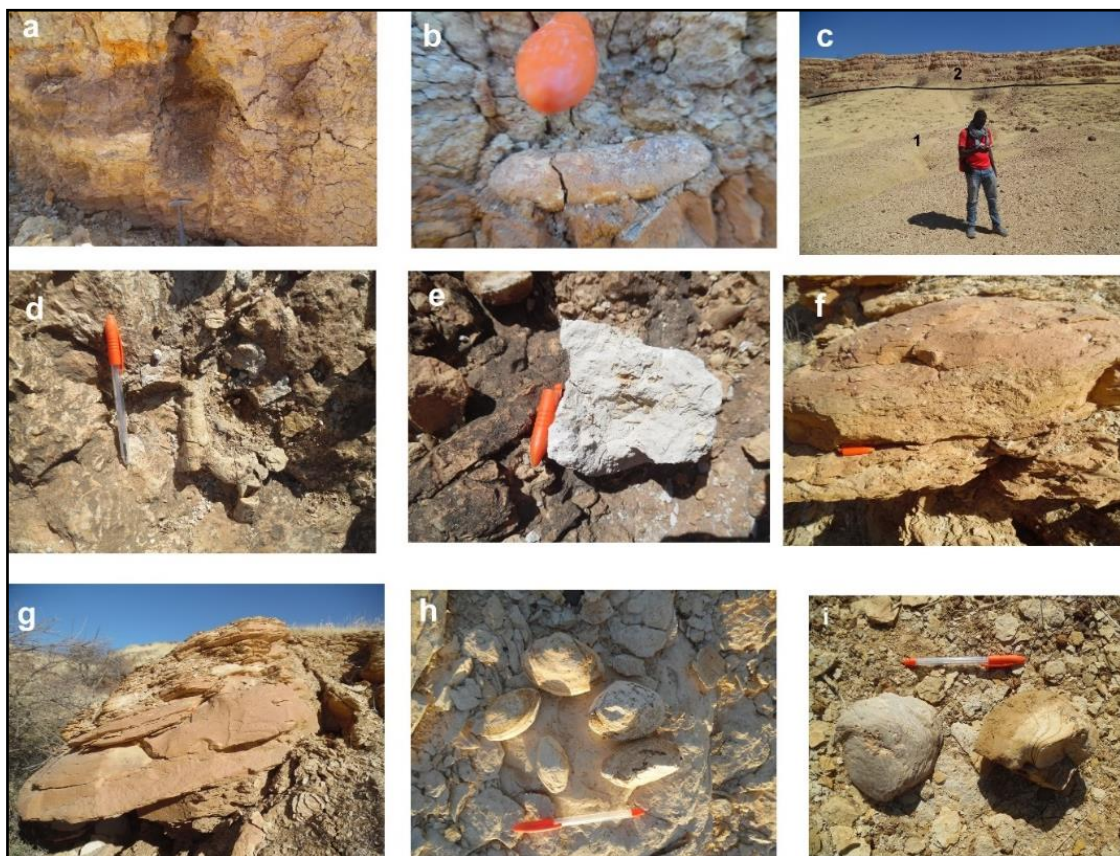


Fig. 8. Différents affleurements de la formation argilo-calcaire de Garadaoua dans le secteur de Agougaran; a- Membre de Kao, b- et d- moulage de fossiles; c- calcaires du Membre de Tamaské (1. Calcaires noduleux de base, 2. Alternance de bancs calcaires); e- calcaires crayeux dans le Membre de Tamaské; f- et g- niveau marno-calcaire du Membre de Barmou; h- fossiles de bivalves; i- restes de nautilus

- Le **faciès 9** est constitué de 5 m de marnes gréseuses ferrugineuses à tendance conglomératique (Fig. 8. f et g) et d'argiles schisteuses. Les nodules phosphatés se localisent dans cette séquence argileuse (Fig. 9.). Les argiles qui emballent les nodules sont des attapulgités de teinte grise à brun-verdâtre. Ces nodules de taille et de morphologie variable, emballés dans les argiles, se libèrent facilement. Les nodules sont des phospharudites. Les niveaux marneux sont riches en fossiles de bivalves (Fig. 9. h), de foraminifères de gastéropodes, de nautilus et d'huîtres

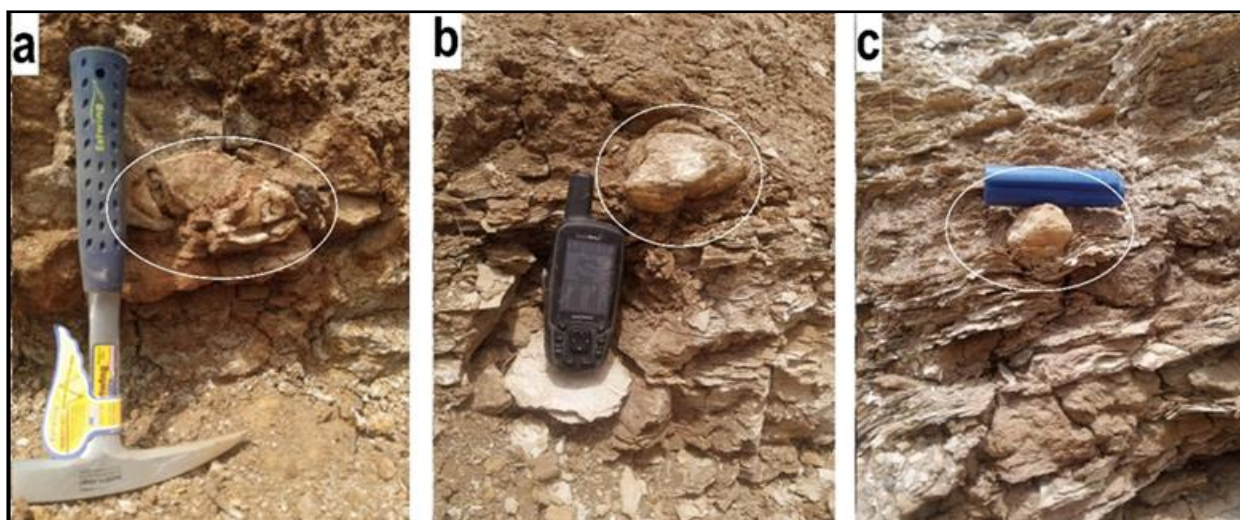


Fig. 9. Nodules phosphatés dans la séquence argileuse de la formation de Garadaoua

5.2 GRES FERRUGINEUX À OOLITHES FERRUGINEUSES ET LATERITES DE LA FORMATION DE L'ADER DOUTCHI

- Le faciès 10, d'une puissance d'environ 10 m, ce faciès représente la formation de l'Ader Doutchi dans le secteur d'étude (Fig. 11.). Il est constitué à la base des argiles silteuses, latéritiques à oolithes ferrugineuses (Fig. 10. a). La partie supérieure est composée d'une alternance de bancs irréguliers constitués d'argiles kaoliniques ou latéritiques et de grès oolithiques ferrugineux (Fig. 10. b)



Fig. 10. Différents affleurements des grès ferrugineux de la formation de l'Ader Doutchi

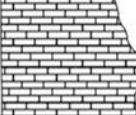
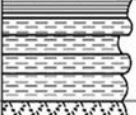
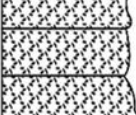
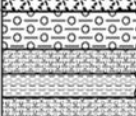
Oligocène	Formation de l'Ader-Doutchi			- Grès oolithique ferrugineux
PALEOCENE	Formation de Garadoua	Membre de Barmou		- Sable très argileux à nodule phosphaté - Marne schisteuse fossilifère - Marne gréseuse fossilifère (ammonite, nautilus), compact à gravier phosphaté - Marne schisteuse fossilifère, jaunes à attapulgit
		Membre de Tamaské		- Calcaire massif riche en fossile séparé par des interbancs - Niveau calcaire argileux riche en fossile de lamellibranches, gastéropodes nautilus et ostracodes
		Membre de Kao		- Argile schisteuse fossilifère - Argile très sableuse friable - Argile sableuse contenant des traces de terriers - Argile grisâtre très dur présentant des gypses
MAASTRICHTIEN	Formation d'in Wagar	Membre 2		- Argile Sableuse de couleur grisâtre contenant des gypses - Grès argileux blanchâtre à lit de vin présentant des niveaux décimétriques - Sable argileux blanchâtre avec des laminations
		Membre 1		- Grès argileux à oolithe ferrugineux de couleur beige à blanchâtre - Argile Sableuse à couleur bariolé - Niveau argileux à coprolithe - Argile gréseuse à oolithe ferrugineuse présentant des blocs pluridécimétrique
	Formation du Farin- Doutchi			- Alternance d'argile et de sable à bone-bed phosphaté - Argile feuillétée à gypse se détachant en plaquette (grise) - Argile feuillétée bariolé - Argile feuillétée se débitant en plaquette - Argile feuillétée contenant des gypses dans les fractures de couleur grisâtre

Fig. 11. Coupe sédimentologique synthétique du secteur d'Agougaran

5.3 ANALYSES DES NODULES PHOSPHATÉS

5.3.1 DESCRIPTION MORPHOSCOPIQUE DES NODULES PHOSPHATÉS

La morphologie des nodules est pluridimensionnelle (Fig. 9. e et Fig. 12.): les plus petits ont environ quelques millimètres à plusieurs centimètres de diamètre (Fig. 12. a). Ils se présentent sous forme moulée dans les fossiles (Fig. 12. b et c) et sous forme de grains ou de baguettes (Fig. 12. a, c, d, et e). Les plus grands nodules sont sous forme de baguettes de plusieurs centimètres de longueur (Fig. 12. a et e).

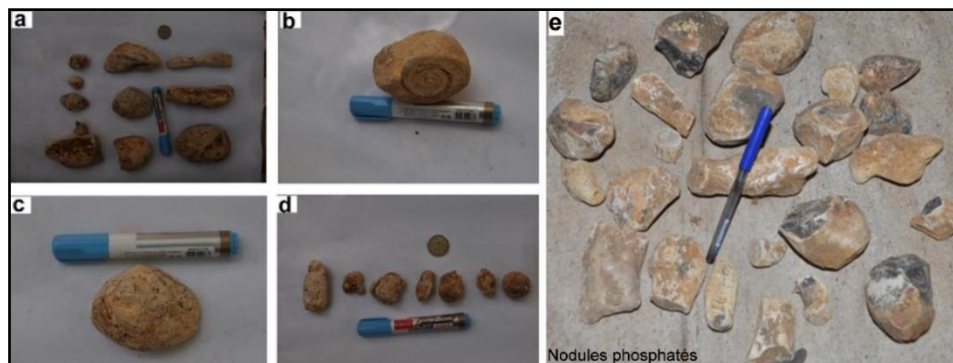


Fig. 12. Différents nodules phosphatés récoltés dans le Membre de Barmou (a, c, d, e et f), b fossile de nautilus

5.3.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES NODULES PHOSPHATÉS

Les microfossiles sont des indicateurs paléocéologiques des anciens milieux de vie. Les associations et la taphonomie permettent de caractériser les sédiments continentaux ou marins et de décrypter les conditions de dépôt. Sensibles aux variations des conditions physico-chimiques environnementales, ils présentent un grand intérêt en paléocéologie et pour les reconstitutions paléogéographiques. Les empreintes de bivalves, de gastéropodes, de brachiopodes et d'huîtres observées sur le terrain sont indicateurs d'un milieu marin. Les observations des lames mince (Fig. 13.) de nodules phosphatés ont montrées des microfossiles de foraminifères et d'ostracodes. Les marnes de la formation de Garadaoua renferment des foraminifères benthiques de l'espèce *Ranikothalia bermudezi*. Après le maximum transgressif qui correspond à la mise en place du Membre de Tamaské, un épisode régressif a entraîné le recul momentané de la mer associé à la mise en place du Membre de Barmou.

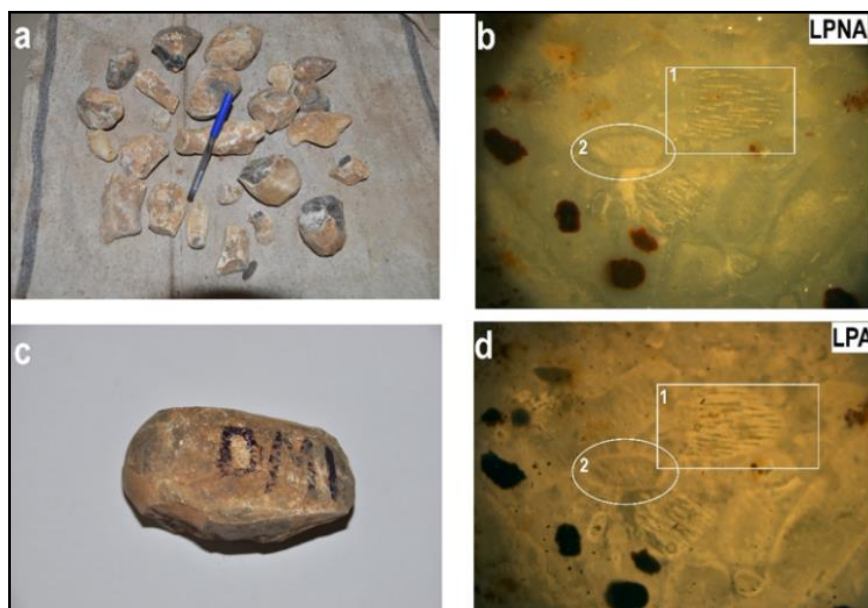


Fig. 13. Morphologie des nodules phosphatés de la région de Tahoua; a- et c prise de vue des nodules phosphatés; b- et d- microphotographies des nodules phosphatés montrant les microfossiles; a- et c nodules phosphatés récoltés dans les schistes papyracés et les marno-calcaires du Membre de Barmou b- et d- 1- restes de foraminifères, 2- ostracodes

6 DISCUSSION

Les observations de terrain ont concerné le secteur d'Agougaran. Les levés effectués sont similaires aux descriptions réalisées par les anciens auteurs [14], [18], des formations d'Alanbanya, de Farin Douthi, d'In Wagar, de Garadaoua et du Continental terminal 1 (Ct¹). La minéralisation phosphatée est essentiellement concentrée dans les argiles marneuses supérieures de la formation argilo-calcaire de Garadaoua, plus précisément dans le Membre de Barmou. Ces informations sont similaires aux descriptions réalisées par les anciens auteurs [3], [16]. La macrofaune (bivalves, gastéropodes, brachiopodes et huîtres) associée à la microfaune (foraminifères de l'espèce *Ranikothalia bermudezi* et ostracodes) observées dans les dépôts argilo-calcaires de la formation de Garadaoua dans le secteur de Agougaran confirment la nature marine des différents milieux de dépôts. Ceci est en accord avec les travaux de [3], [4], [5], [8], [14], [15], [16], [17] réalisés dans le bassin des lullemeden. L'espèce *Ranikothalia bermudezi* indique un âge paléocène supérieur. Le milieu de dépôt des nodules phosphatés (Membre de Barmou) est constitué de schistes papyracés. Ces dépôts sont associés à un épisode régressif yprésien. Le niveau marneux renferme des bivalves, des foraminifères, des gastropodes, des nautilus, des huîtres et des ostracodes. Cette association faunique est identique à celle identifiée au cours des travaux de [16] dans la région de Malbaza. Des études récemment réalisées par [17] indiquent une association faunique similaire dans la formation de Garadaoua dans les secteurs de Garadaoua et de Garadoumé (Ader Douthi sud).

7 CONCLUSION

L'analyse sédimentologique des différents faciès du secteur de Agougaran a permis de réaliser une coupe lithologique synthétique des dépôts d'âge Crétacé-tertiaires. L'association faunique observée sur le terrain est constituée de bivalves, de gastéropodes, de nautilus, d'huîtres et de brachiopodes. Les microfossiles identifiés sont en majorité des foraminifères associés à l'ostracofaune. L'analyse des macrofossiles et des microfossiles indique que les dépôts de la formation argilo-calcaire de Garadaoua ont été mis en place dans un milieu marin. Les fortes concentrations de nodules porteurs des minéralisations phosphatées ont été observées dans les niveaux marneux et dans schistes à attapulgite du Membre de Barmou. Les niveaux à minéralisations phosphatées ont été mis en place dans un environnement de type marin confiné.

REFERENCES

- [1] J. Greigert and R. Pougnet, «Essai de description des Formations géologiques de la république du Niger, » B.R.G.M., n°46, 238p., 1967.
- [2] C. Monciardini, «Etude micropaléontologique de la série marine crétacé-tertiaire du bassin des lullemeden, principalement dans la subdivision de Ménaka (Soudan occidental), » Rap. BRGM, inédit, 14 p., 1959.
- [3] J. Greigert, «Description des Formations crétacées et tertiaires du bassin des lullemeden (Afrique occidentale), » –. Pub. Direct. Mines et Géol. Niger, 2 et Mem. BRGM, 32, 234 p., 1966.
- [4] J. Greigert, and R. Pougnet, «Carte géologique de la république du Niger au 1/2.000, » BRGM Ed. Paris, France, 1965.
- [5] M. Dikouma, J. Lang, and A. Pascal, «Transgression Maastrichtiennes et paléogènes dans le bassin des lullemeden (Niger), » Newsl. Stratigr, 29 (2). Berlin. Stuttgart, pp. 105-124, 1993.
- [6] H. Dubois, «Etude géologique des Formations Oolithiques ferrugineuses du bassin des lullemeden (République du Niger), » Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université de Niamey et d'Orléans, 123p., 1979.
- [7] K. Alzouma, «Etude pétrologique de la série sédimentaire tertiaire du bassin de Malbaza (Niger), » Thèse spécialité, Univ. Orléans-Niamey, 159 p, 1982.
- [8] K. Alzouma, «Fluctuations du niveau marin au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin intracratonique des lullemeden (Niger, Afrique Occidentale), » Africa Geoscience Review, Vol. 1, No. 2. Univ. Dijon-Niamey, pp. 131-281, 1994.
- [9] D. Dubois and J. Lang, «Étude lithostratigraphique et géomorphologique du Continental terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des lullemeden (Niger), » Bulletin de l'I.F.A.N., t 43, série A, n° 1-2,42p., 1981.
- [10] L. Boudouresque, «Contribution de la paléopalynologie à la reconstitution floristique, stratigraphique et paléogéographique de la bordure occidentale du bassin des lullemeden au Crétacé supérieur et au Paléocène (Niger et Mali, Afrique de l'Ouest), » Thèse spécialité, Univ. Orléans-Niamey, 285p., 1980.
- [11] L. Boudouresque, D. Dubois, J. Lang, and J. Trichet, «Contribution à la stratigraphie et à la paléogéographie de la bordure occidentale du bassin des lullemeden au Crétacé supérieur et au Cénozoïque (Niger et Mali, Afrique de l'Ouest), » Bull. Géol. Fr (7) 24, n°4, 685-695p., 1982.
- [12] M. Hanon, «Cartes géologiques au 1/100.000 de l'Ader Douthi (16 feuilles), » DRGM Niger. AGCD Belgique, 1984.
- [13] Y. J. C. Bellion, «Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, lullemeden, Tchad), » Thèse Univ. Avignon, 296 p., 1987.
- [14] M. Dikouma, «Fluctuations du niveau marin au Maastrichtien et au paléocène dans le bassin intracratonique des lullemeden (Ader-Douthi, Niger), » Thèse Doctorat. Univ. Dijon-Niamey, 272 p., 1990.

- [15] K. Laouali Idi, A. Sani, and M. Konaté, «Analyse Du Remplissage Sédimentaire De La Partie Centrale Du Bassin Des Iullemmeden (Niger Central) Pendant La Période Allant Du Crétacé Supérieur Au Paléocène-Yprésien Et Transgressions Associées, » *European Scientific Journal, ESJ*, 17 (29), 16, 2021.
- [16] K. Laouali Idi, «Etudes sédimentologique, paléontologique, paléogéographique et structurale des dépôts d'âge maastrichtien à yprésien du bassin des Iullemmeden (Niger central), » Thèse de doctorat Unique, Université de Niamey, 131p., 2020.
- [17] A. A. Maâzou, T. Kamayé, M. Konaté, K. Laouali Idi, H. Ibrahim Maharou, N. S. Mahaman Manzo, H. Ousmane, and D. Alzouma Amadou, Environnements de dépôts des formations maastrichtiennes et paléogènes des secteurs de Garadaoua et de Garadoumé du bassin des Iullemmeden (région de Tahoua, Centre-sud Niger), *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol. 37 No., pp. 702-715, 3 Oct. 2022.
- [18] I. Miko, Dynamique sédimentaire des formations détritiques et ligniteuses du Continental terminal dans le bassin des Iullemmeden (Niger). Thèse de Doctorat, université de Niamey / Université de Dijon, 324p., 1999.
- [19] C. A. Kogbe & J. Lang., Bassin intracratonique des Iullemmeden. *Afrique de l'Ouest. Africa géoscience Review*, vol. 1, n° 2/3, 6 p., 1994.
- [20] G. Favreau, Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel: dynamique et géochimie de la dépression piézométrique naturelle du Kori de Dantiandou (Sud-ouest du Niger). Thèse de Doctorat, Univ. Paris Sud-Orsay, 271 p., 2000.

Hearing Aid Dispensation in the Cameroon Baptist Convention Health Services: An analysis of the Model, Client Satisfaction and impact on quality of life

Awa Jacques Chirac¹, Louis Mbibeh², Evaristus Tikum Acha¹, and Tih Pius Muffih¹

¹Cameroon Baptist Convention Health Services, Cameroon

²The University of Bamenda, Cameroon

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: Informed by the paucity of literature regarding ear and hearing care technology in Cameroon and the growing prevalence of ear and hearing pathologies justified by an increase in the number of clients that show up for ear and hearing care at facility level, the Cameroon Baptist Convention Health Services (CBCHS) in partnership with Sound World Solutions (SWS) and Christophel Blind Mission (CBM) commissioned this study to conduct a field testing of SWS Hearing Aids with the aim of investigating user satisfaction vis a vis the quality and model of delivery of SWS Hearing Aids (HD75 and HD100) and to measure improvements in the quality of life of persons with hearing impairment using SWS hearing aids. Within 6 months, 30 participants selected through a combination of self-reported inquiry and a Pure Tone Audiometry Test (PTA) took part in the study that was nested in the Ear Nose and Throat (ENT) departments of the Mbingo Baptist Hospital (MBH). Three tools including the Hearing Aid Satisfaction Survey (HASS), Hearing Handicap Inventory for Adults (HHIA) and the Washington Group set of Questions (WGQ) were used for Data collection at facility level at onset (upon consultation) and three to six months after using the Hearing Aids. The data collected was analyzed using a mixed method design. The findings show reported improvements in quality of life that were drastically adverse at onset of hearing impairment. There was an overall 80% satisfaction with the technical quality of the hearing aids, the accompanying services provided, affordability and ease of use. The Study recommends a review of current protocols related to hearing aid dispensation in the region.

KEYWORDS: Hearing Loss, Hearing Aids, Ear and Hearing Care, ENT.

INTRODUCTION AND BACKGROUND

Disability is an evolving concept resulting from the interaction between persons with impairments including those with hearing impairments and attitudinal and environmental barriers that hinder their full and effective participation in society on equal basis with others Invalid source specified. In developing countries, meeting the needs of Persons with Disabilities has been a welfare issue and has not been given significant priority in planning Invalid source specified. Persons with Disabilities still face more socioeconomic challenges and poverty because of the several barriers to healthcare, rehabilitation, education, employment opportunities and because of exclusion from everyday life activities Invalid source specified.

The UN statistics on hearing impairment show that there are 466 million people estimated to be living with disabling hearing impairments, many of them living in sub-Saharan Africa (WHO, 2019). This number is expected to double by 2050 due to ageing populations and new cases of hearing loss caused by untreated ear infections, ototoxicity, and noise exposure. The impact of hearing impairment is enormous and can negatively impact oral communication, may lead to discrimination (Cioba et al 2012) as well as stigma. For children of school going age and above, hearing impairment will very likely lead to dropout from school and potentially retard progress unlike their peers without impairment (Mbibeh et al 2020) while adults are more likely to be unemployed or working in a low-grade occupation, especially in low- and middle-income countries (Ferrite et al 2017). The prevalence of hearing impairment (HI) in Cameroon ranges from 0.9% to 3.6% in population-based studies and increases with

age. Environmental factors contribute to 52.6% to 62.2% of HI cases. Infectious diseases that are preventable by vaccination (meningitis, measles, rubella and mumps) represent 41.3% of cases (Wonkam et al., 2014)

Hearing loss is preventable and can be managed, and people with hearing loss can be supported to have good quality lives when health and hearing care services are provided. (Mbibe et al 2020). According to Wonkam et al (2014) thousands of people in Cameroon live with hearing loss, which is not well documented or supported. The WHO defines ear and hearing care as “comprehensive, evidence-based interventions to prevent, identify, and treat ear diseases and hearing loss, and to rehabilitate and support persons with hearing loss” (WHO, 2015: 6). The provision of such services takes commitment from governments, non-governmental organizations, and related stakeholders. This includes providing technology like hearing Aids to improve the quality of life of persons with hearing impairment. According to Ferrite et al (2017), public health measures can effectively reduce hearing loss or minimize its impact through prevention (e.g. rubella vaccination), treatment (e.g. medical intervention for otitis media) or early diagnosis followed by appropriate interventions such as the use of Hearing Aids.

PREVALENCE OF DISABILITY AND HEARING LOSS

As mentioned earlier, 360 million people are estimated to be living with hearing impairment worldwide, with an average hearing level greater than 40 dB in adults or 30 dB in children in the better ear, of whom the majority live in low and middle-income countries (WHO 2019). In 2014, Mactaggart et al reported a disability prevalence of 10.5% for the Northwest region with prevalence for visual impairment at 2.3%, hearing impairment at 3.6%, and physical impairment at 3.4% in the wider population. According to WHO, the sub-Saharan region constitutes the region with the highest prevalence of avoidable hearing loss. However, these estimates are based on few data but a recent review found only three population-based studies that measured hearing and 14 school screening surveys for the region (Ferrite et al 2017). In their study, Ferrite et al (Ibid) recognized the paucity of studies on the prevalence of hearing impairment in the country and focused their study on one district. According to this study, the overall prevalence of hearing impairment was 3.6%. The prevalence was low in people aged 0–17 and then rose sharply in people aged 50+ with a total of 74% of cases of hearing impairment in people aged 50+.

This picture that dates as far back as 2014 to 2017 has implications on planning for ear and hearing care services. From 2017 onwards, there has been an escalation of armed conflict and violence in the Northwest and Southwest regions (International Crisis Group, 2017; CHRDA and Wallenberg Centre, 2019), with obvious implications for health care in general and hearing impairment in particular. It is obvious and as has been proven by statistics from the ENT service of the CBCHS, many more people have continued to present themselves with hearing loss and will need more medicalised interventions. The incidence of war on health especially hearing impairment cannot be overemphasized implying the need for more reliable health care interventions. At facility level, that has been a geometric rise in clients that present with ear pathologies in the CBCHS facilities from 500 clients in 2010 to 232,000 clients in 2023.

STATEMENT OF THE PROBLEM

The Cameroon Baptist Convention Health Services (CBCHS) through its Ear Nose and Throat (ENT) Department has been providing ear and hearing care services to over 232,000 clients since 2010¹ when the department was created in the Mbingo Baptist Hospital. The key services provided include; health promotion and prevention campaigns, screenings, hospital and community-based diagnosis, consultations, and treatment of a wide range of ear, nose and throat conditions, head and neck surgery cancer treatment, and audiology.

Informed by the growing prevalence of hearing impairment, in 2014, the CBCHS introduced an audiology service in Mbingo Baptist Hospital through which over 3000 refurbished hearing aids have been provided to clients at a subsidized rate in partnership with Sound Seekers International and Christopher Blind Mission (CBM) Australia, (SEEPD Program, 2020). This process is however constrained by clinical procedures such as the heavy reliance on an audiology technician to test for hearing loss, set and fit the hearing aid, and replacement of the battery can only be done at the ENT Clinic. Hence, the need for a system that counteracts this huge challenge with inherent cumbersome clinical procedural challenges.

It is based on the difficulty to access ear and hearing care technology by clients that the CBCHS in partnership with CBM and Sound seekers conducted a field-testing of Sound World Solution's (SWS) Hearing Aids. Within the framework of this

¹ Statistics from the ENT Department as of September 2023

partnership, CBCHS engaged in a research project to assess client satisfaction and impact on quality of life of self-fitting SWS Hearing Aids (HD75 and HD100) dispensed in the CBCHS ENT department in the Mbingo Baptist Hospital. The findings from this study will inform decisions with regards to the provision of SWS Hearing Aids in CBCHS facilities and beyond.

As discussed in the background, the challenges of having access to ear and hearing care technology are enormous in low- and middle-income countries such as Cameroon. This is due specially to challenges related to accessing and managing hearing aids. Added to this, there is very limited research related to ear and hearing care in Cameroon and in the Northwest Region in particular. In effect, no research as of now has paid special attention to ear and hearing care technology and the dispensing process. This has resulted in the paucity of literature regarding ear and hearing care in general (Mbibeh et al 2020) and hearing care technology in the region.

The growing incidence of hearing impairment due to neglected treatment of ear conditions and poor access to services (Mactaggard et al 2014) and to technology has compounded the situation for persons with disability in general and those living with hearing impairment in particular. This research project therefore set out to evaluate the satisfaction of clients involved in the field testing of brand new self-fitting hearing aids (HD75 and HD100) and the impact it has on their quality of life. Findings thereof will inform key decisions related to hearing care and hearing care technology. Finally, the international community strongly recommends the collection of relevant information for supporting research on disability in general and hearing impairment in particular (WHO Global Disability Action Plan, 2014). Through this research, results related to the new process of dispensing hearing aid will contribute to filling up the information gap and the clinical practice gap on ear and hearing care in the region and in the country.

RESEARCH QUESTIONS

The following research questions served as a guide to this research:

1. To what extent are clients involved in the field testing of self-fitting hearing aid satisfied with the quality of the hearing aid (HD75 and HD100) and model of delivery?
2. What is the impact of the quality of the hearing aid and model of delivery on the quality.

AREA OF STUDY

This research project was carried out in the Northwest Region, one of Cameroon's English-speaking regions with a population of over 2 million inhabitants according to the 2010 government census. This area was chosen because it plays host to the major health facilities of the CBCHS with the main ENT services. It was easier to get access to the clients who were purposively selected to constitute the population of study.

At the time of writing, the NWR was experiencing and continues to experience significant crisis and conflict compounding hearing care services and data collection processes. That is why the study was a hospital based and data was collected from clients who presented themselves for hearing care in the hospitals and who consented to take part in the study.

STUDY DESIGN

This study used a descriptive survey research method. Both qualitative and quantitative processes were engaged. The quantitative design was used for self-reported hearing loss and clinical assessments to determine the level of hearing of the client before, during and after the use of hearing aid. This was done using a combination of the Washington Group Question for hearing and the pure tone audiometry test on a scale of 1 to 5 with 1 being a normal hearing level; 2, mild hearing loss; 3, moderate hearing loss; 4, severe hearing loss; and 5, profound hearing loss. This permitted the research team to ascertain the degree of hearing loss between mild to moderate for a hearing aid to be very effective in restoring sounds for daily life. In addition, through a survey some qualitative and quantitative information was collected related to the perceptions of clients and professionals about the SWS hearing aids.

This study took a period of 6months during which the participants took part in the following;

1. Respond to a questionnaire (WGQ) for self-declaration of hearing impairment or not
2. A routine clinical exam to ascertain the degree of hearing impairment (audiometry)
3. Consent to participate in the study
4. Respond to HHIA and HIA questionnaires
5. Training on the use of the Hearing Aids (HD75 and HD100)

6. Three to six months period to use the hearing aid
7. Respond to HAFF and HASS questionnaire after three to six months
8. End of Investigation

STUDY POPULATION AND SAMPLING STRATEGY

The study involved three groups of 30 respondents selected through purposive sampling. These included clients who presented themselves with different ear and hearing care related pathologies. Those who were clinically tested to fall within the study population and who consented to participate were selected and further disaggregated according to age and sex. In which case, we had 10 youths aged 3 to 17, 10 adults aged 18 to 59 years and 10 old people from 60 and above with a gender disaggregated representation of 16 females making 53.3% of the population and 14 males representing 46.7 %. All these respondents were clients of the CBCHS health facilities and were available for the study period.

Table 1. Summary of Population

Group	Description	Number	Percentage
Group I	Clients aged 3 to 17 years	10	33.3
Group II	Clients aged 18 to 59years	10	33.3
Group III	Clients aged 60 and above	10	33.3
Totals		30	100

DATA COLLECTION

Data collection involved a survey using a questionnaire and a clinical test. The preliminary survey assessed the clients' general quality of life and level of difficulty in hearing. After this, the clinical assessment of the level of hearing loss was done prior to hearing aid dispensation. The results of these 2 tests determined the dispensation of the hearing aid to clients prior to their training by the research assistants (RAs) on how to use the hearing aid. After three months, clients went through the same exercise and this time around the focus was to evaluate the levels of improvement in health-related quality of life as well as general improvement in wellbeing.

Both the survey and the clinical tests were run by specialist Ear Nose and Throat (ENT) nurses who doubled as Research Assistants. These RAs had prior training on the research protocol. They were carefully selected because they were familiar with ear and hearing care protocols. All results collected were inputted into a database system for further analysis.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Miles and Huberman (1984) maintain that the ethics of research involving the participation of humans is built around the principle of causing no harm. The study was guided by the Declaration of Helsinki, which spells out the ethical considerations when conducting research involving human subjects (World Medical Association, 2013). Thus, informed consent was sought both verbally and in writing and in the case of minors, assent to conduct interviews with them was obtained, as well as consent from their legal guardians. Concerning the safety of minors, all RAs were staff of CBCHS and are legally bound by the CBC's Child Safeguarding Policy which sets out, inter alia, guidelines for adult-child interactions intended to safeguard the welfare of children.

The research received ethical approval from the Institutional Review Board (IRB) of the Cameroon Baptist Convention Health Board (CBCHB).

DATA ANALYSIS

Data was analyzed following procedures related to quantitative and qualitative analysis with inferences derived from the data collected about access and improvement in the quality of life of clients who are the study participants.

The data was analyzed with reference to the research questions as well as the research tools within the key areas of study.

FINDINGS AND DISCUSSIONS

The results are presented with consideration given to the exam conducted at onset or when clients showed up for hearing assessment and 3 to six months after using the hearing Aids.

LEVELS OF HEARING CHALLENGES IDENTIFIED IN THE STUDY

To do a preliminary selection of participants, the Washington Group set of questions with focus on hearing impairment on a four-point scale: 'no difficulty', 'some difficulty', 'a lot of difficulty' and 'cannot do at all' was used. The focus was to identify participants with self-reported hearing impairment that could qualify them for further clinical audiometry examination. The analysis begins with the self-reported hearing loss prior to using the hearing Aid and the self-reported hearing levels after using the hearing Aid for 3 to 6 months.

HEARING LOSS WITHOUT HEARING AIDS

At this stage, all respondents self-reported hearing loss at various degrees ranging from some difficulty (6.6%) to a lot of difficulty (66.6%) and cannot do at all (13.4%) even when using hearing aids. These statistics were significant and corroborated by the inquiry on hearing loss when using hearing aids both in a noisier room, with a cumulative percentage of 83.3% of the respondents having some difficulty and a lot of difficulty hearing as seen in the table 3 below.

Table 2. Hearing loss in both quiet and noisy environment

1. [Do/does] [you/he/she] have difficulty hearing what is said in a conversation with one other person in a quiet room [If HEAR_1 = 1: even when using [your/his/her] hearing aid(s)]?		
	Frequency	Percent
2 = Yes – some difficulty	15	50
3 = Yes – a lot of difficulty	10	33.3
4= Cannot do at all	3	10
6 = Don't Know	2	6.6
Total	30	100.0
2. [Do/does] [you/he/she] have difficulty hearing what is said in a conversation with one other person in a noisier room [If HEAR_1 = 1: even when using [your/his/her] hearing aid(s)]?		
2 = Yes – some difficulty	10	33.3
3 = Yes – a lot of difficulty	15	50
4= Cannot do at all	3	10
6 = Don't Know	2	6.6
Total	30	100.0

On the frequency of use of hearing aids, they attested that for those using hearing aids, they used it mostly when going out of home, to church, market, school, in meetings. A minimal number of participants just 4 (13.4%) out of 30 had not used hearing aids and this constituted those who showed up at the health facility for the first time, while 20 (66.6%) and 4 (13.4%) respectively used hearing aids most of the time or had not used it at all. It should be recalled that these were the refurbished hearing aids provided by the CBCHS prior to the field testing of SWS hearing aids.

After using the hearing aids for 3 to 6 months, there was a high improvement in terms of self-reported hearing as 50% of the respondents reported no difficulty and even though up to 40% reported a lot of difficulty it is important to note the improvement from I don't know and cannot do at all as no respondent reported they could not hear at all after using the hearing aids or don't know as was the case prior to the use of the hearing aids as indicated in the statistics on the table below.

Table 3. Level of difficulty after while using hearing Aid

3. [Do/Does] [you/he/she] have difficulty hearing, [If HEAR_1 = 1: even when using a hearing aid(s)]?				
	Frequency			Percent improv-
	before	After	diff	
1 = No difficulty	0	15	15	50
2= some difficulty	2	5	1	6.6
3 = A lot of difficulty	20	8	12	40
4 = Cannot do at all	4	2	2	3.3
6 = Don't Know	4	0	0	00
Total	30	30	30	100.0

LEVEL OF HEARING LOSS AFTER CLINICAL EXAM

For the clinical exam, A pure tone audiometry test was conducted to measure the softest, or least audible, sound that the client could hear in a scale of 1 to 5 with 1 being a normal hearing level; 2, mild hearing loss; 3, moderate hearing loss; 4, severe hearing loss; and 5, profound hearing loss. This permitted the research team to ascertain the degree of hearing loss between mild to severe for a hearing aid to be very effective in restoring sounds for daily life. The level was determined and described as follows;

Table

1. Normal = less than 25 db HL
2. Mild = 25-40 db HL
3. Moderate = 41-65 dB HL
4. Severe = 66-90 db HL
5. Profound = more than 90 db HL

Based on this clinical test, clients that were found eligible for the study included those who had moderate (41-65 dB HL) to severe (66-90 db HL) hearing loss. Those with Normal (less than 25db HL) and with profound (90db HL) were eliminated from the study. So, the 30 participants included the two groups with moderate and sever hearing loss. These constituted clients eligible to access hearing aids. Results from this test are presented in the table below.

Table 4. Audiometric Test Score

1. Audiogram test score		
	Frequency	Percent
Mild= 26-40 dB	10	33.3
Moderate:41-70 dB	15	50
Severe: 71-90 dB	5	16.7
Total	30	100.0

HEARING LOSS AND QUALITY OF LIFE

It is important to note that the centrality of hearing to quality of life and the key role it plays in communication, speech, attentional abilities and overall wellness and stability cannot be overemphasized. Studies have shown different levels at which hearing loss can affect quality of life. While discussing quality of life, this study recognized the versatility of the terminology. In effect, WHO defines quality of life as "An individual's perception of their position on life in the context of the culture and value systems in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns." This is a broad-ranging concept related to a person's physical health, psychological state, level of independence, social relationships, personal beliefs and their relationship to salient features of their own environment. There is a distinction between health-related quality of life and general quality of life as defined by the persons daily activities.

Even a mild degree of hearing loss can affect general life qualities like academic achievement and can have negative effects on social interactions and can lead to sleep disturbance and stress. For this section of the analysis, we will do a comparative

analysis of data collected at onset or when study participants showed up for first interview and the data collected after 3 to 6 months duration which the hearing Aids were used.

QUALITY OF LIFE PRIOR TO USING HEARING AIDS

subjects reported adverse effects on quality of life due to hearing impairment, including frustrations due to inability to use different modern information and communication gadgets, psychosocial issues including depression, limitations in daily human interactions.

INABILITY TO USE COMMUNICATION GADGETS

Respondents reported acute inability to use communication gadgets like phones for audio calls, television programs as well as radio programs. It is important to note that these gadgets constitute part and parcel of daily life in modern days. It becomes challenging or almost impossible to get abreast with daily realities without using them. This has had very negative effect on daily life for people who live in a conflict affected area and much information is audio recorded and sent online. Those old parents who equally have eye problems or are illiterate cannot even read the text messages and depend mostly on audio messages, that are now very difficult or impossible for them to listen to. This is significantly affecting the standard and quality of life they have been living prior to the onset of hearing impairment. The table below shows the level of dissatisfaction clients expressed when using communication gadgets and interacting with their entourage with an overwhelming average frequency of over 94% level of difficulty.

Table 5. Level of difficulty when using communication gadgets

Level of difficulty when using gadgets		
Answer Choices	Frequency	Percentage
Watching TV	27	90%
Listening to Radio	28	93%
When in theatre/in the movies	30	100

PSYCHOSOCIAL REALITIES OF HEARING IMPAIRMENT

The study revealed reported cases of psychosocial disorders due to the onset of hearing impairment. 80% of the respondents got embarrassed by the situation and found themselves plunging into depression because they secluded themselves from friends and from attending social gatherings like parties, restaurants and leisure gatherings. This seclusion and isolation have led to the onset of depression in all (100%) of the respondents. Some are becoming very nervous and cannot withstand the shame of entertaining an intermittent conversation with friends; something that was not the case before. The chart below shows the level of embarrassment faced by users of hearing aids who are people with hearing impairment.

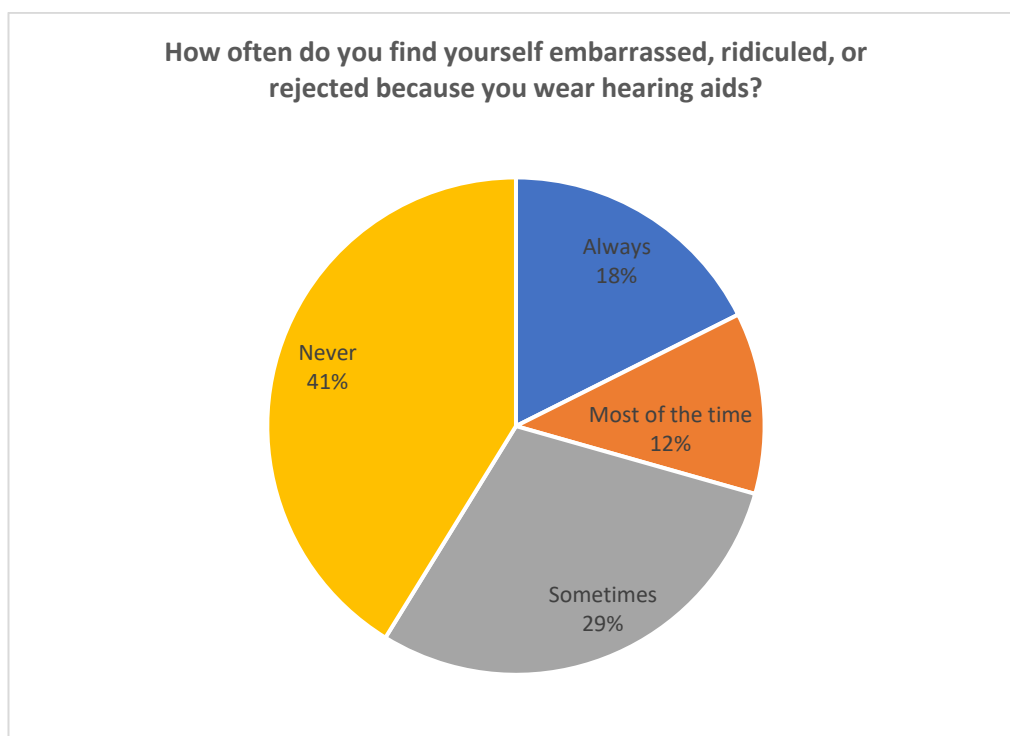


Fig. 1. Embarrassed, ridiculed, or rejected because you wear hearing aids

From this chart, we further see that 18% of the respondents were always embarrassed, most of the time and sometimes for a cumulative percentage of 59% meaning that a majority of the respondents find themselves in difficult psychological situations just for putting on a hearing aid which is tantamount to presenting with hearing impairment. Society contributes in aggravating the situation when they fail to understand and instead attribute hearing impairment to witchcraft or old age or other derogatory comments. Even the feeling of pity towards those with hearing impairment is reported to have rather aggravated the situation.

REDUCTION IN HUMAN INTERACTIONS

As social beings, human interaction is very essential for daily life. The study reported low levels of interaction for respondents suffering from hearing impairment. It is for example very difficult interacting with colleagues (for those who are able to still continue work), friends, family, classmates and so on. The mainstream does not consider making an extra effort to speak aloud, produce accessible material to enable those with hearing loss to grasp. Such a situation has led to low self-esteem and exclusion of self from society as mentioned earlier. According to the respondents, who clamored for the hearing aid, it is important to restore their hearing to enable them feel human once more. Such frustrations have drastically reduced the quality of life rendering them more vulnerable. The table below shows that the different levels of difficulty for clients with at the level of human interactions with very high frequency rates of between 73% to 100% at the beginning of the inquiry

Table 6. Feelings developed with hearing loss

Does a hearing problem cause you to feel		
Answer Choices	Frequency	Percentage
left out when you are with a group of people	26	88.24%
frustrated	25	83%
Nervous	22	73%
Hampers social life	30	100%
Talking with Friends	30	100%
Feel left out	26	88%

LIVELIHOOD

Hearing has an inextricable link to livelihood and survival. Most clients (65%) reported to have either lost their jobs or failed in exams or are not able to successfully carry out their businesses because of the onset of hearing impairment. Those attending school are not able to listen to the lectures and to take part in study group discussions leading to consequent failure in examinations. Those operating businesses find it difficult carrying out business transactions while those working have found the exercise of their duties very challenging and others have been relieved of their duties. This has led to a drastic reduction in welfare and livelihood which has negatively impacted the quality of life of those with hearing loss. The table below shows levels of frustrations with challenges related to livelihood issues.

Table 7. Livelihood related challenges

Challenges with livelihood related issues		
Answer Choices	Frequency	Percentage
left out when you are with a group of people	26	88.24%
Talking with co workers/clients	26	88.2%
Feeling left out	26	88.2%
Talking with Friends/colleagues	30	100%
Feel left out	26	88%

QUALITY OF LIFE AFTER USING HEARING AIDS FOR TO 6 MONTHS

The quality of life examined above was done when we received the client and the same tool was used three to six months after using the hearing aid to determine if there is any improvement or change as a result of the use of the hearing aid. Overall, results from the study show that while using hearing aids, the challenges noted above greatly improved with a cumulative improvement rate of 95% from the initial situation which was generally very low with none of the situations recording a 50% level of ease. Respondents reported improvements in the previously recorded aspects such as frustrations due to inability to use different modern information and communication gadgets, psychosocial issues including depression, limitations in daily human interactions.

COMMUNICATION

Respondents reported high level ability to use communication gadgets like phones for audio calls, television programs as well as radio programs which they were not able to use before. Given the almost imperative nature of these gadgets' respondents felt pleased that they were able to return to almost complete use of their phones, could not watch their programs over television and could effectively listen to radio programs with very minimal challenges when using hearing aids. This has significantly improved the standard and quality of life they have been living with the onset of hearing impairment. The level of difficulty which was attested by 94% of respondents at onset as seen on table 6 above, reduced to 30% while using the hearing Aids. In effect, according to the respondents, the Hearing Aid has become part and parcel of their daily lives.

PSYCHOSOCIAL REALITIES

As reported earlier 80% of the respondents got embarrassed by the situation and found themselves plunging into depression (100%) because they secluded themselves from friends and from attending social gatherings like parties, restaurants and leisure gatherings. The situation turned around as the use of Hearing Aids removed them from seclusion and shame. Even though they felt the stigma of wearing hearing Aids, the SWS type was more user friendly than the previous. With the Hearing Aids, they are now able to engage in conversations with friends; something that was not very possible before and had made 83% of the respondents frustrated as seen in table 7 and 88% feeling totally left out as seen on table 8. Most of the societal stigma due to their inability to sustain fluent conversations has disappeared with little or no feeling of pity expressed towards them as before.

HUMAN INTERACTIONS

As indicated earlier, social and human interactions are indispensable for human beings and this is facilitated by communication which in the mainstream needs the sense of hearing. For respondents who had been used to verbal communication, the onset of hearing impairment was almost a disaster. As expected, the highest joys of using Hearing Aids by the respondents after 6 months was the fact that they were now able to consistently engage in daily communication needs with much ease. The study reported low levels of interaction for respondents suffering from hearing impairment with an cumulative level of difficulty rated at 90% as seen on table 7 drastically reduced to very minimal or 00% levels. With the Hearing Aids, it was now for example very easy interacting with colleagues at work, friends, family, classmates, and so on with little to no difficulty. This has improved self-esteem and erased the feeling of exclusion from society as mentioned earlier. According to the respondents, who used the Hearing Aids within this period, restoring their hearing has once more made them feel the sense of belonging to the human race, erasing their frustrations and drastically improved their quality of life as we shall further see in the next section.

LIVELIHOOD

As mentioned earlier, hearing has an inextricable link to livelihood and survival. Study participants who reported to have either lost their jobs or failed in exams or were not able to successfully carry out their businesses because of the onset of hearing impairment as reported on table 8 above saw great change using hearing aids. Those attending school were now able to listen to their lectures and to take part in study group discussions with resultant improvement in academic performance. Those operating businesses could now carry out business transactions easily unlike before while those working have found the exercise of their duties no longer challenging as was the case without Hearing Aids. This has led to a drastic improvement in welfare and livelihood positively impacting the quality of life for users of hearing aids as the proceeding discussion will elucidate.

HEARING AID LEVELS OF SATISFACTION

This section of the analysis focuses on an evaluation of client satisfaction after using the Hearing Aids. The results of client satisfaction are presented in 3 key levels including a sub section on satisfaction with services provided, one on client satisfaction with the Hearing Aids itself, and the third level on factors that motivated acquisition of the Hearing Aids.

SATISFACTION WITH SERVICES PROVIDED

The services provided to the client included reception information and orientation on the research and consent, information on fitting of the Hearing Aids and practically fitting the Hearing Aids. On the reception and information consent, all the clients (100%) were satisfied with the service they received with the initial service they received. The quality of service provided during fitting and after purchase of the Hearing Aids was regarded as excellent by 80% of the participants. Given that this was both a study and a clinical process, there was a lot of practical demonstration on how to fit the Hearing Aids. Overall, 80.6% very satisfied with the services. This gives credit to the RA's who were ENT nurses and at the center of service provision as seen on the bar chart below.

Even though this Hearing Aids does not need a lot of technical expertise to acquire, it is important that those in the domain should be in charge because it gives the clients more confidence in the product. Even if it is sold over the counter not necessarily in the hospital, there is need for preliminary hearing care examination to determine if the client needs the Hering Aids or it is a different pathology that needs a different intervention.

SATISFACTION WITH THE SELF-FITTING SWS HEARING AIDS (HD75 AND HD100)

One key objective of this study was to determine the participants' level of satisfaction with the product. Given that it is a new product in the area of study, the researchers needed to determine whether clients were able to derive satisfaction from using the product after a period of 3 to 6 months and if satisfied could they actually purchase it and also recommend it to another client? This level of analysis can be subdivided into 3 categories; satisfaction with the quality of the product, price, overall satisfaction.

SATISFACTION WITH QUALITY OF THE PRODUCT

By quality of the product, we mean the client's overall appreciation of the internal quality, the external quality and the quality of the service the product renders. It is understood that clients do not have technical expertise to ascertain quality assurance but we also recognise that as users of the product they are able in their own way to evaluate the technical quality related to their use of the product and how the product responds to their needs.

In terms of the internal quality, participants were generally satisfied with the size, battery lifespan, ease of charging and ease of volume adjustment and packaging. In general, a cumulative 80% of the clients were satisfied with the above qualities of the Hearing Aids and thought that the product was reliable for use. However, the fact that 20% were either neutral (10%) and dissatisfied (10%) with the product shows there is still need either for further adjustments in areas like the volume adjustment, whistling, feedback buzzing noise, frequency cleaning and general reliability that scored a lower percentage (30percent not satisfied).

Evaluating the quality of services the Hearing Aids rendered to the client, we evaluated the clearness of tone, sound emission, and ability of the Hearing Aids to assist the client sustain conversations in different locations such as in a car, cinema and noisy places just to name these few. Overall, clients found that the level of comfortability using the Hearing Aids in diverse locations to sustain different conversations was comparatively very high (80 to 90%). That is why they could easily use the Hearing Aids in telephone conversations, in a car, to listen to music and watch films and other diverse leisure activities. They were equally satisfied with the sound of their voice as well as situations of loud sound. The areas that scored lower percentages (70%) included the ability to tell the location of the sound, neutral sounds and frequency cleaning. Such areas need further adjustments to meet the satisfaction needs of the clients or further examination to ascertain the level or reason for dissatisfaction. Some could be related to the client's inability to adjust the frequency for example or an actual technical fault at the level of the Hearing Aids.

Lastly, the overall satisfaction of clients with the quality of the HA was evaluated with reference to their overall satisfaction with the product, value of performance versus cost and if they could recommend the product to someone else. With reference to the value of performance to cost, 25/30 of the clients felt that the cost and performance of the product were satisfactory and that they could easily recommend the product to other clients who need it with an 80% assurance. That is why the average number of hours for use of the product a day stood at 8hours – which represents the working or active hours of the day as the table below shows.

On the contrary, results from the item that checked if clients were comfortable with ongoing expenses proved abortive as many clients (40%) were not very sure and could not attest to the ease of related costs when using the Hearing Aids. While we agree that this was explained to them by the RA, the team found that clients live in abject poverty and in an ongoing war zone and everything is just so unpredictable especially cost. It is natural for them to fear the impending cost with a new product. Hopefully when they must have used the product for a year or more, they will be able to ascertain the cost of the product related to ongoing expenses. That is why, 30% of the clients did not see the need or were not sure they could recommend the product to someone else or will purchase it once the current one malfunctions as seen on the table below.

Table 8. Recommending Hearing Aids

Would you recommend a hearing aid to a friend or family member with a hearing problem?		
	Frequency	Percent
Yes	26	87
Not sure	4	13
Total	30	100
Would you recommend the person/office who fit your most current hearing aid(s) to a friend or relative with a hearing problem?		
Yes	25	83.3
No	2	6.7
Note sure	3	10
Total	30	100

Summarily, in terms of client's satisfaction with the quality of the product, the study found out that 80.8% of the clients were generally satisfied with the internal quality, the external quality and the services the Hearing Aids offered them and could

recommend it for use by others by more than 70% of respondents as seen on the table below. The challenges presented by 20.2% of the users, related to inability to predict ongoing expense and value of performance vs cost that need to be taken into consideration by the production company. The clients were either, slightly or very dissatisfied including 11% who were undecided.

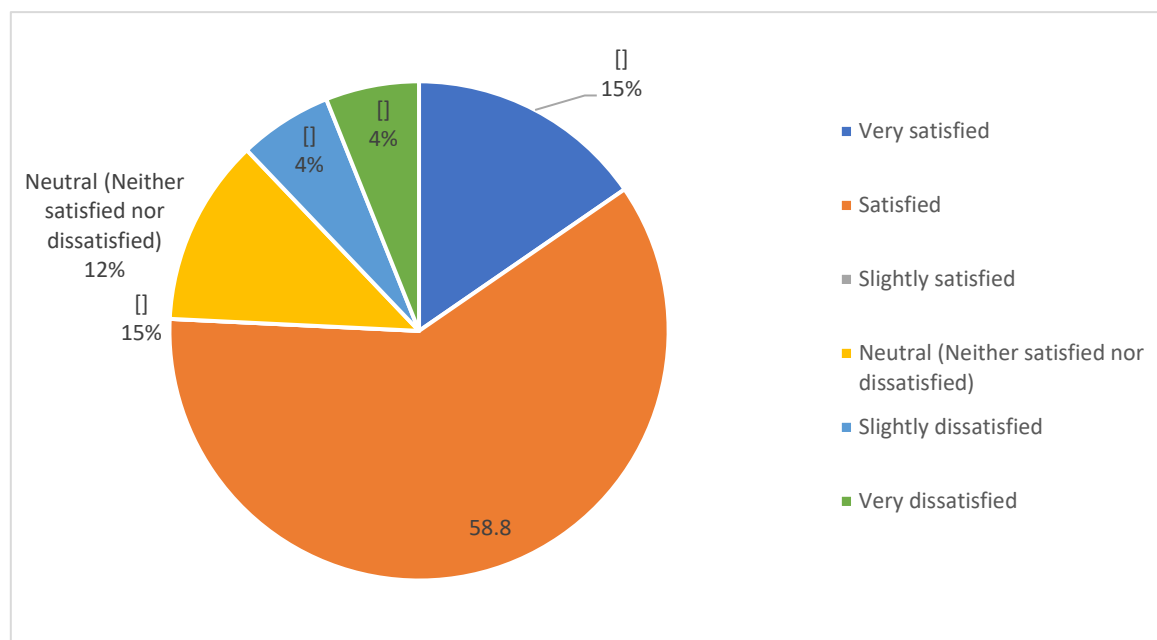


Fig. 2. Figure 3 Overall satisfaction with the quality of the product

It is important to note that some factors influenced the choice of this product ranging from physician recommendation at 100% to reputation and recommendation at 60%. Therefore, the need to associate physicians in the process of product delivery even more than just simple delivery at any counter is important.

CHALLENGES WITH THE HEARING AIDS

From the discussion of findings above and inquiry from clinicians who administered the hearing aid, some challenges that clients faced using the Hearing Aids were identified around the following areas.

1. Battery lifespan: Given the electricity challenges in the context, there is need to increase the lifespan of the battery
2. Challenge with ease with charger and charging
3. Volume adjustment,
4. whistling, feedback buzzing noise,
5. Neutral Sounds
6. Future cost of the product and affordability

CONCLUSION

Informed by the growing prevalence of ear and hearing care challenges and the enormity of clients that show up for hearing care within the CBCHS with limited rapidity to respond especially to clients who need Hearing Aids due to lengthy procedures, this study set out to investigate the dispensation and conduct a field testing of SWS Hearing Aids with the aim of investigating user satisfaction vis a vis the quality and model of delivery of SWS Hearing Aids (HD75 and HD100). The study also measured improvements in the quality of life of persons with hearing impairment who use SWS Hearing Aids. After the collection and analysis of data, following the key research questions that findings revealed that;

All 30 clients that constituted the population of study self-reported hearing loss having a lot of difficulty and some difficulty hearing and were further clinically screened using the pure tone audiometry test with clients tested positive for hearing loss

including those who had moderate (41-65 dB HL) to severe (66-90 dB HL) hearing loss. Those with Normal (less than 25dB HL) and with profound (90dB HL) were eliminated from the study.

With regards to the use of hearing Aid and quality of life, the study found out that after using Hearing Aids for 3 to 6 months, clients reported improvements in quality of life that was drastically adverse at onset of hearing impairment with frustrations due to inability to use different modern information and communication gadgets, psychosocial issues including depression, limitations in daily human interactions. The study reported low levels of interaction for respondents suffering from hearing impairment drastically reduced to very minimal or 00% levels. With the hearing aids, it was now for example very easy interacting with colleagues at work, friends, family, classmates and so on with little to no difficulty. This has improved self-esteem and erased the feeling of exclusion from society as mentioned earlier.

In terms of satisfaction with the Hearing Aids, the study reported an overall 80% satisfaction with the Hearing Aids itself including its technical quality, the services provided and the motivation to recommend the Hearing Aids to another client. Through this research, results related to the new process of dispensing Hearing Aids will contribute to filling up the information gap and the clinical practice gap on ear and hearing care in the region and in the country. The Study recommends a review of current protocols related to hearing aid dispensation in the region.

REFERENCES

- [1] Ciorba A, Bianchini C, Pelucchi S, Pastore A. (2012) The impact of hearing loss on the quality of life of elderly adults. *Clin Intervention Aging* 7: 159–163.
- [2] Eiserman WD, Hartel DM, Shisler L, Buhrmann J, White KR, Foust T. (2008) Using otoacoustic emissions to screen for hearing loss in early childhood care settings. *International Journal Pediatric Otorhinolaryngology* 72: 475–482.
- [3] Fagan JJ, Jacobs (2009) Survey of ENT services in Africa: need for a comprehensive intervention. *Glob Health Action*.
- [4] Mulwafu W, Kuper H, Ensink RJH. (2016) Prevalence and causes of hearing impairment in Africa. *Trop Med Int Health* 21: 158–165.
- [5] Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1984). *Qualitative data analysis: a sourcebook of new methods*. Beverly Hills: Sage Publications.
- [6] Ferrite S, Mactaggart I, Kuper K, Oye J and Polack S (2017) Prevalence and causes of hearing impairment in Fundong Health District, North-West Cameroon. *Tropical Medicine and International Health* doi: 10.1111/tmi.12840 volume 22 no 4 pp 485–492.
- [7] Tandi TE, Cho Y, Akam AJ-C (2015). Cameroon public health sector: shortage and inequalities in geographic distribution of health personnel. *Int Journal Equity Health* 14: 43.
- [8] United Nations, (2006) *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*, New York: s.n.
- [9] Washington Group on Disability Statistics/UNICEF. (2014) *Module on Child Functioning and Disability*. XIVth Meeting of the Washington Group on Disability Statistics. Buenos Aires, Argentina.
- [10] Westerberg BD, Lee PK, Lukwago L, Zaramba S, Bubikere S, Stewart I. (2008) Cross-sectional survey of hearing impairment and ear disease in Uganda. *J Otolaryngol Head Neck Surg*: 37: 753–758.
- [11] WHO CBR guidelines, (2010) *Community-based rehabilitation*, s.l.: World Health Organization.
- [12] WHO Global Disability Action Plan, 2014. *Global Disability Action Plan 2014-2021*. [Online] Available at: <http://www.who.int/disabilities/actionplan/en/> [Accessed 3 July 2017].
- [13] WHO, 2011. *World Health Report*, s.l.: s.n.
- [14] Wonkam A, Noubiap JJN, Djomou F, Fieggen K, Njock R, Toure GB (2014) Aetiology of childhood hearing loss in Cameroon (sub-Saharan Africa). *Eur J Med Genet*: 56: 20–25.
- [15] World Health Organization (2016) Deafness and hearing loss. Factsheet N 300. Updated March 2015. (Available from: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/) [06 Jul 2016].
- [16] World Health Organization. (2013) *Multi-country Assessment of National Capacity to Provide Hearing Care*. WHO: Geneva.
- [17] World Health Organization. WHO (1999) ear and hearing disorders survey protocol for a population-based survey of prevalence and causes of deafness and hearing impairment and other ear disorders. WHO/PBD/PDH/99.8 (1). WHO: Geneva.
- [18] World Health Organization. (2012) *WHO global estimates on prevalence of hearing loss: Mortality and burden of diseases and prevention of blindness and deafness*. WHO: Geneva.
- [19] WHO. Estimates. (2022) Available online: <http://www.who.int/deafness/estimates/en/> (accessed on 29 December 2022).

Design of Biomass Cookstoves Reliability Demonstration Test Plans

Tsapi T. Kevin¹, Samuel M. Bisong^{2,3}, and Bertin D. Soh Fotsin⁴

¹Department of Mechanical and Industrial Engineering, National Higher Polytechnic Institute, University of Bamenda, P.O. Box 39
Bambili, Cameroon

²Department of Mechanical Engineering, College of Technology, University of Buea, P.O. Box: 63, Buea, Cameroon

³Department of Mechanical Engineering, ENSET Douala, University of Douala, P.O. Box: 1872, Douala, Cameroon

⁴Department of Mechanical Engineering, Bandjoun University Institute of Technology, University of Dschang, P.O. Box 134 Bandjoun,
Cameroon

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: An open fireside is estimated to produce smoke equivalent to that of burning 400 cigarettes per hour. To reduce indoor air pollution from improved cookstoves, manufacturers should demonstrate the reliability of various aspects of their product, including thermal efficiency, cooking power, emissions, safety, and durability. This study investigated the optimal design of a reliability demonstration test (RDT) plan for accepting or rejecting a batch of cookstoves based on a target of no more than 5% failures at the end of the warranty period. The planning parameters for the RDT plan included the number of units to be tested (3, 5, 7), the reliability target of 95%, the confidence level of 95%, the maximum number of allowed failures (0, 1, 2, 3), the statistical power of the reliability test, and the values of the Weibull shape parameter ($\beta_1 = 2.5$; $\beta_2 = 3.0$; and $\beta_3 = 3.5$). The required number of samples and testing time for a successful reliability demonstration were determined using Minitab statistical software. The study results show that larger sample sizes or Weibull shape parameters lead to shorter required test times. The statistical power results for eleven scenarios demonstrate that the probability of passing the demonstration test increases as the improvement ratio or shape parameter increases. When the improvement ratio was 1.5 and the shape parameter was 2.5, the probability of passing the test increased from 34% to 54% for a fixed number of maximum allowable failures. Moreover, if the stove's actual performance exceeds the standard that the test was designed to measure, the demonstration test's power for one maximum allowable failure would be equivalent to that for three maximum allowable failures.

KEYWORDS: Demonstration testing, Weibull distribution, Probability of test success, Cookstove.

1 INTRODUCTION

Globally, approximately one-third of the world's population, still use solid fuels, such as wood, crop residues, charcoal, coal, and dung, in open fires and inefficient stoves. This practice generates harmful household air pollution that adversely affects both health and climate [1, 2]. Poorly designed stoves cause incomplete combustion, resulting in elevated levels of carbon monoxide (CO) and harmful particles that can damage the respiratory system. In 2020, household air pollution caused an estimated 3.2 million deaths, including over 237,000 deaths of children under the age of 5 [1]. Recent studies suggest that household fine particulate air pollution may contribute to more than 19% of ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) in Africa and South Asia, and up to approximately 50% in India [3, 4].

Many attempts have been made to improve cookstove technology in sub-Saharan Africa in order to reduce indoor air pollution, improve women's livelihoods, and reduce biomass (fuel) consumption, thereby reducing deforestation and global warming. Additionally, it aims to alleviate the financial burden of energy costs on low-income people, and improve the health of users [5]. Research into cookstove technology has increased in recent years, resulting in different biomass cookstove designs, operational features and performance levels. Examples include the Top Lit Up Draft stove, the Charcoal Stove (ARC), the Side fed fan and the Sunken Pot Rockets [6, 7]. Standards that define an improved biomass cookstove have also evolved to establish better quality and comparability of data on cookstove air pollutant emissions, efficiency, safety, and durability [8, 9].

The success of a cookstove design is strongly influenced by customer behavior, the sustainability of the energy source, and its performance in standardized tests. In today's highly competitive environment with demanding cookstove standards, manufacturers of improved cookstoves need to assess and control the reliability of different areas of cookstove performance. These areas include thermal efficiency, cooking power, fuel burning rate, carbon monoxide (CO) and fine particulate matter (PM_{2.5}) emissions, safety and durability [10,11,12]. It is essential to produce cookstoves at an optimum reliability level to achieve the lowest possible lifecycle costs for the user and minimize costs for the manufacturer, without compromising the reliability and quality of the cookstove.

Improved cookstove reliability refers to the consistent performance of a cookstove in terms of efficiency, CO emissions, PM_{2.5} emissions, and other intended functions over time. This is a crucial requirement for cooks, distributors, retailers, and all stakeholders in the stove industry. Product reliability helps businesses build customer loyalty, brand recognition, and cost control. The RDT is used to determine whether a product meets pre-specified reliability requirements and to decide whether a batch of products should be accepted or rejected. This is crucial because customer dissatisfaction with product reliability can have disastrous financial consequences for the manufacturer [13, 14].

This research was initiated by a company involved in the manufacture of micro-gasifier cookstoves in Cameroon which was faced with the problem of unreliable products being sold to customers. Due to feasibility, time requirements and cost constraints, the manufacturer was unwilling to allow a large sample of products to be tested. Within these constraints, reliability tests were conducted on representative sample of improved stoves from the batch. The purpose of this research was to determine the optimal test sample size to demonstrate the reliability of the cookstoves and to decide whether to accept or reject a batch of cookstoves.

A company involved in the manufacture of micro-gasifier cookstoves in Cameroon initiated this research due to the problem of unreliable products being sold to customers. Due to time requirements and cost constraints, the company was unwilling to allow a large sample of products to be tested. Within these constraints, reliability tests were needed for a representative sample of improved stoves from various batches produced, within these constraints. The aim of this research was to determine the optimal sample size for testing the reliability of cookstoves and deciding whether to accept or reject a batch of cookstoves.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 GAZIFIER COOKSTOVES

The gasification process is a highly effective method of recovering energy from biomass. It involves producing syngas, which is primarily composed of H₂, CO, and CH₄ [15]. Micro-gasification stoves are designed to facilitate pyrolysis of the top surface of the biomass fuel, allowing the gas generated from the biomass to move upward. Combustion happens in two zones (see Fig. 1): the pyrolysis zone, where the fuel is heated to produce combustible gases, and the combustion zone, where the pyrolysis gases mix with air and combust to produce heat. The Top-Lit-Up-Draft (TLUD) gasifier is one of the most commonly used gasifiers. Figure 2 shows the principle of the gasifier stove.

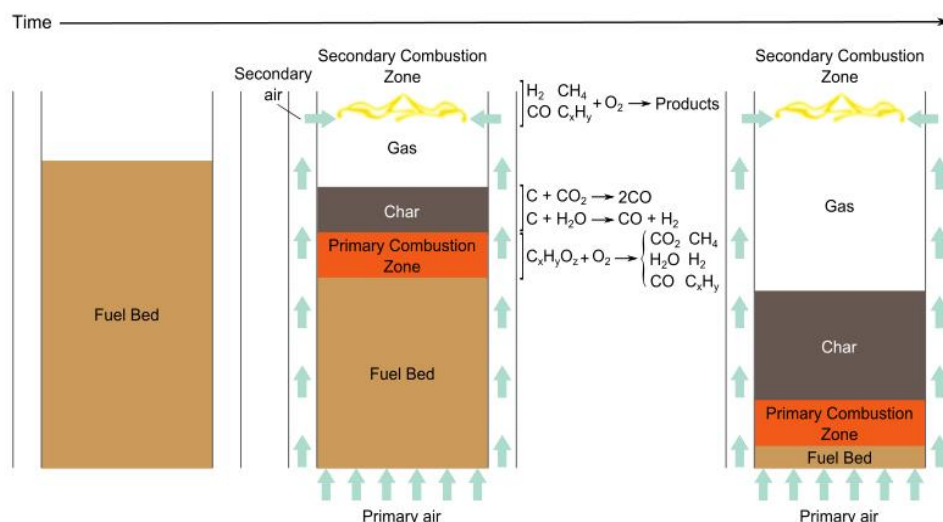


Fig. 1. Schematic of top-lit up draft gasifier cookstove operation [16]

The gasifier stove has several advantages over a conventional ICS. It can burn a wider variety of biomass fuels, such as husks and shells, and has higher efficiency. Additionally, it produces charcoal during the process. Figure 3 displays some of the gasifier stove models that have been developed worldwide in recent years [17].

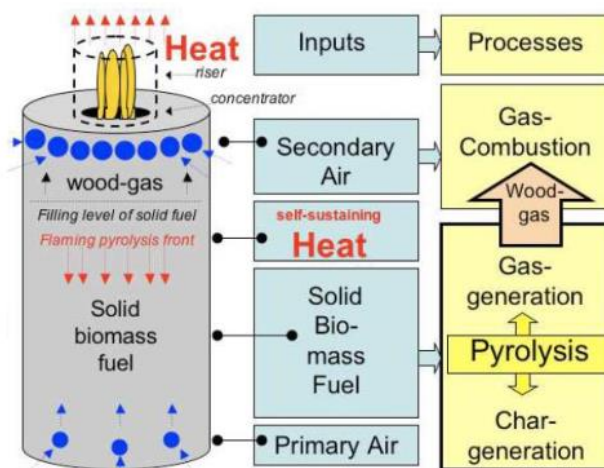


Fig. 2. Basic design of Top-Lit Updraft gasifier stove [18]



Fig. 3. Models of gasifier stoves

2.2 RELIABILITY DEMONSTRATION TEST METHODS

Reliability demonstration test methods can be categorized into non-repairable and repairable system methods based on the failure criterion in product validation testing [19, 20]. Both types of systems have test design methods available that are based on the number of failures and failure time. RDT design methods have been developed mainly for Homogeneous Poisson Processes in repairable systems [20].

Restrictions imposed by limited resources in terms of test sample and/or test equipment commonly limit the quantity of items that can undergo testing. To overcome these limitations, several strategies can be implemented to support the use of small sample sizes for non-repairable systems. These strategies include the test-to-failure method, the test-to-bogey method, the extended life test-bogey method, and the step-stress accelerated life test method [21, 22, 23, and 24].

2.2.1 THE ATTRIBUTE TEST METHOD

The attribute test method, often referred to as the success-failure test or test-to-bogey method is a binomial test method typically used to verify minimum reliability levels for new products prior to production release. In this method, a product is subjected to a minimum durability test or performance criterion or bogey. If a test sample makes it to the bogey, it is a success; if it does not, it is a failure. The Success Run Theorem is a good way to determine sample size when there are no failures. The well-known formula for determining success-testing sample-size is [20]:

$$n = \frac{\ln(1-CL)}{\ln R_L} \quad (1)$$

Equation (1) is useful for describing tradeoffs between level of confidence and reliability or for determining sample-size requirements under minimum reliability R_L at specified confidence level CL . Under an exponential distribution assumption, the underlying failure process is typical of constant failure-rate phenomena. If the underlying failure process is Weibull-distributed with shape parameter known, Weibayes Success–Failure Testing Sample Requirement is [22]

$$n = -\frac{\chi_{2r+2,1-CL}^2}{2\ln R_L} \quad (2)$$

Where n is the sample size, R_L is the reliability, CL is the confidence level and r is the number of failures, $\chi_{2r+2,1-CL}^2$ is a percentile of a Chi-Square distribution.

The binomial method is a simple test method for demonstrating reliability, but it can be costly because it requires numerous test samples; no test failures are allowed. Most importantly, it does not reveal the product lifetime distribution and failure modes [19].

2.2.2 THE EXTENDED LIFE TEST METHOD

The extended life test method is derived from the Weibull distribution and the success run theorem from the binomial distribution. It assumes that there are no failures in the sample set during testing and that an estimate of the Weibull slope is known [19]. Under extended testing, testing continues for a period, $t_{test} = mt_{target}$; It is not uncommon to have test- to-field ratios (m) or “Bogey Ratio” in the range of 1.25 to 2.0. Our modified extended Success Testing sample-size formula under extended bogey testing, wherein the assumed value for the Weibull shape parameter, β , is [21]:

$$n = -\frac{\chi_{2r+2,1-CL}^2}{2m^\beta \ln R_L} \quad (3)$$

Where m is the ratio of the test duration to the required service life. The extended life test method involves a trade-off between sample size and test time, but like the attribute test method, the extended life test method does not reveal the failure mode and life distribution.

2.2.3 WEIBULL ANALYSIS OF RELIABILITY DATA WITH FEW OR NO FAILURES

The Nelson model [23] is very useful for demonstrating reliability by making trade-offs between sample size, reliability, statistical confidence limits and total test time. The Weibull slope should be known prior to testing and can be estimated from historical data or engineering knowledge; all products to be tested must complete the planned test time without failure in order to successfully demonstrate the reliability/confidence target [19].

2.2.4 MINITAB BASED RELIABILITY TEST PLAN WITH FEW OR NO FAILURES

Methods have been developed in Minitab to design reliability demonstration tests based on both constrained test time and number of failures or constrained sample size and number of failures. Minitab software can be used to calculate the testing time or sample size required to assess the reliability of a new product at a given confidence level, historical reliability standard and with the additional assumption that the shape parameter, β , is known.

3 RESEARCH METHODOLOGY

Minitab statistical software was utilized to develop test plans for the cookstove with the objective of achieving a maximum 5% failure rate within the one-year warranty period. The company has conducted previous studies on similar non-repairable cookstoves, and believes that the underlying failure process is Weibull distributed with a shape parameter close to 3. The planning parameters of the RDT plan were as follows: Number of units to be tested, Reliability target = 95%, Confidence Level = 95%, Maximum number of failures allowed, Statistical power of reliability test = 80%. Figure 4 shows the flowchart of the reliability test plan.

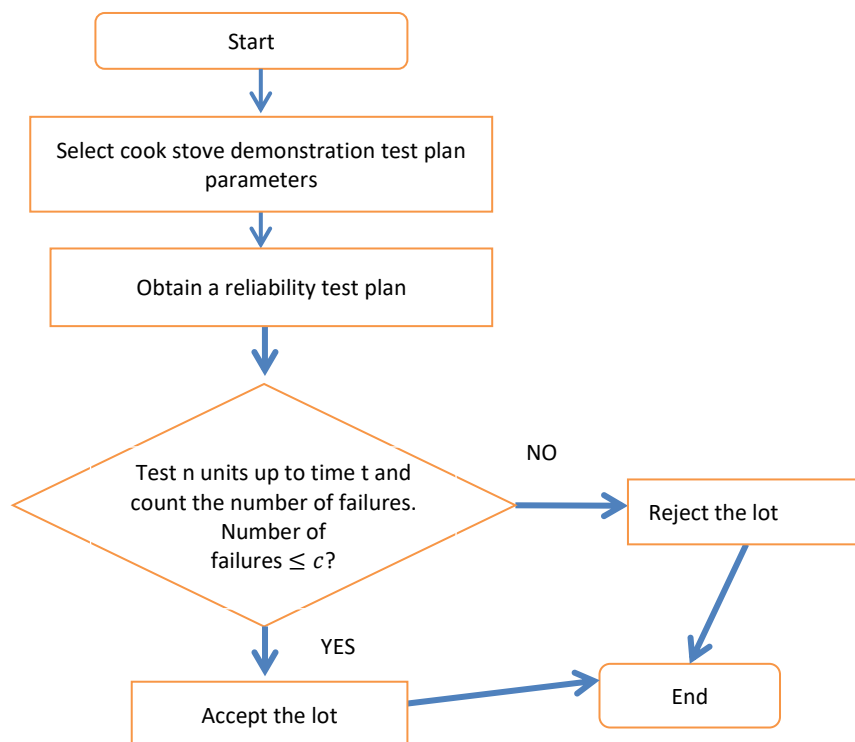


Fig. 4. Flowchart of reliability demonstration test plan

Because of the relatively high level of uncertainty in the knowledge of the shape parameter, the test plans were analyzed considering three values of the shape parameter, i.e. a most conservative value $\beta = 2.5$, and the historical shape parameter of $\beta = 3.0$ and $\beta = 3.5$, in order to determine appropriate sample size requirements. Table 1 displays the reliability testing plan for eleven scenarios considered in this study.

Table 1. Weibull reliability demonstration test plans

Demonstration Test plans	Number of Units tested	Number of failures
A	3	0
B	5	0
C	7	0
D	3	1
E	5	1
F	7	1
G	3	2
H	5	2
I	7	2
K	5	3
L	7	3

4 RESEARCH OUTCOMES

Table 2 displays the test duration results for various demonstration test plans after conducting analysis in Minitab software. Furthermore, an analysis was conducted to determine the potential impact of uncertainties in estimating the shape parameter β on the test duration and the necessary number of test specimens.

4.1 REQUIRED TEST DURATION FOR VARIOUS SCENARIOS

It is interesting to note from the results of the test duration for different scenarios shown in Fig.5 that for a fixed number of maximum allowable failures, the required test time decreases as the sample size increases. Similarly, for a fixed number of maximum allowable

failures, the sample size decreases as the shape parameter increases. In other words, the larger the sample size or the shape parameter is, the shorter the required test time. For example, the test time decreases from 6217 hours to 4156 hours, as the sample size increases from 3 units tested to 7 units tested for $\beta_1 = 2.5$.

Tableau 1. Weibull reliability demonstration test plans

Demonstration test plans	Number of units tested	Number of failures	Test duration (hours)		
			$\beta_1 = 2.5$	$\beta_2 = 3$	$\beta_3 = 3.5$
A	3	0	3541.21	2905.34	2522.33
B	5	0	2886.77	2450.46	2179.80
C	7	0	2523.26	2190.48	1980.00
D	3	1	4675.22	3662.17	3075.95
E	5	1	3642.09	2974.15	2573.44
F	7	1	3133.41	2623.72	2311.25
G	3	2	6216.56	4643.68	3770.26
H	5	2	4344.4	3444.92	2918.86
I	7	2	3647.37	2977.74	2576.11
K	5	3	5169.6	3982.15	3304.93
L	7	3	4156.24	3320.12	2827.99

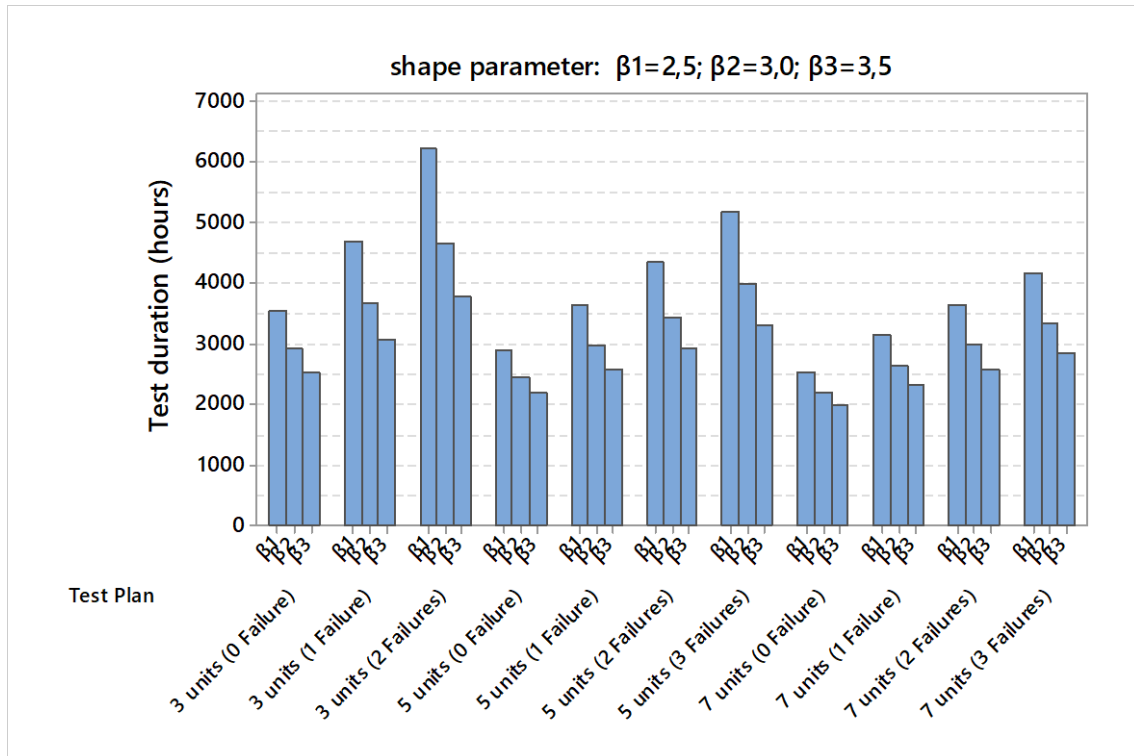


Fig. 5. Required test duration for scenarios demonstration test plans

It is interesting to note from these results that for a fixed sample size, as the maximum allowable number of failures increases, the required test time also increases as well. In other words, to accommodate for more (potential) failures, the technician has to test the cookstoves for a longer period of time. For example, the test time increases from 1980 hours to 2828 hours, as the maximum number of failures allowed increases from 0 failures to 3 failures for 7 units tested with for $\beta_3 = 3.5$.

4.2 PROBABILITY OF PASSING DEMONSTRATION TEST

A comparison of the power of the demonstration test of the test plans for 0 maximum allowable failure and 1, 2 and 3 maximum allowable failures for 3 units tested, 5 units tested and 7 units tested. The power gives us an indication of how reliable the test is [25]. For

the ratio of improvement of 1.50 and 2.0 for shape parameter values of $\beta_1 = 2.5$; $\beta_2 = 3.0$; and $\beta_3 = 3.5$ the percentages (y axis), representing the power of the demonstration test are shown in Figs. 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Figures 6, 7, and Table 3 summarize the comparison of the power of the tests for 0 maximum allowable failure and 1, 2 maximum allowable failures for 3 units tested.

Tableau 2. Exemplary comparison of the impact of uncertain distribution parameters on the success probability for 3 units tested

Shape parameter β	2.5						3.0						3.5					
Maximum Failures	0		1		2		0		1		2		0		1		2	
Ratio of Improvement	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2
Power	33.7	58.9	47.6	78.7	53.9	86.4	41.2	68.8	57.9	87.5	65.5	93.6	48.4	76.7	67.1	93.0	75.3	97.2

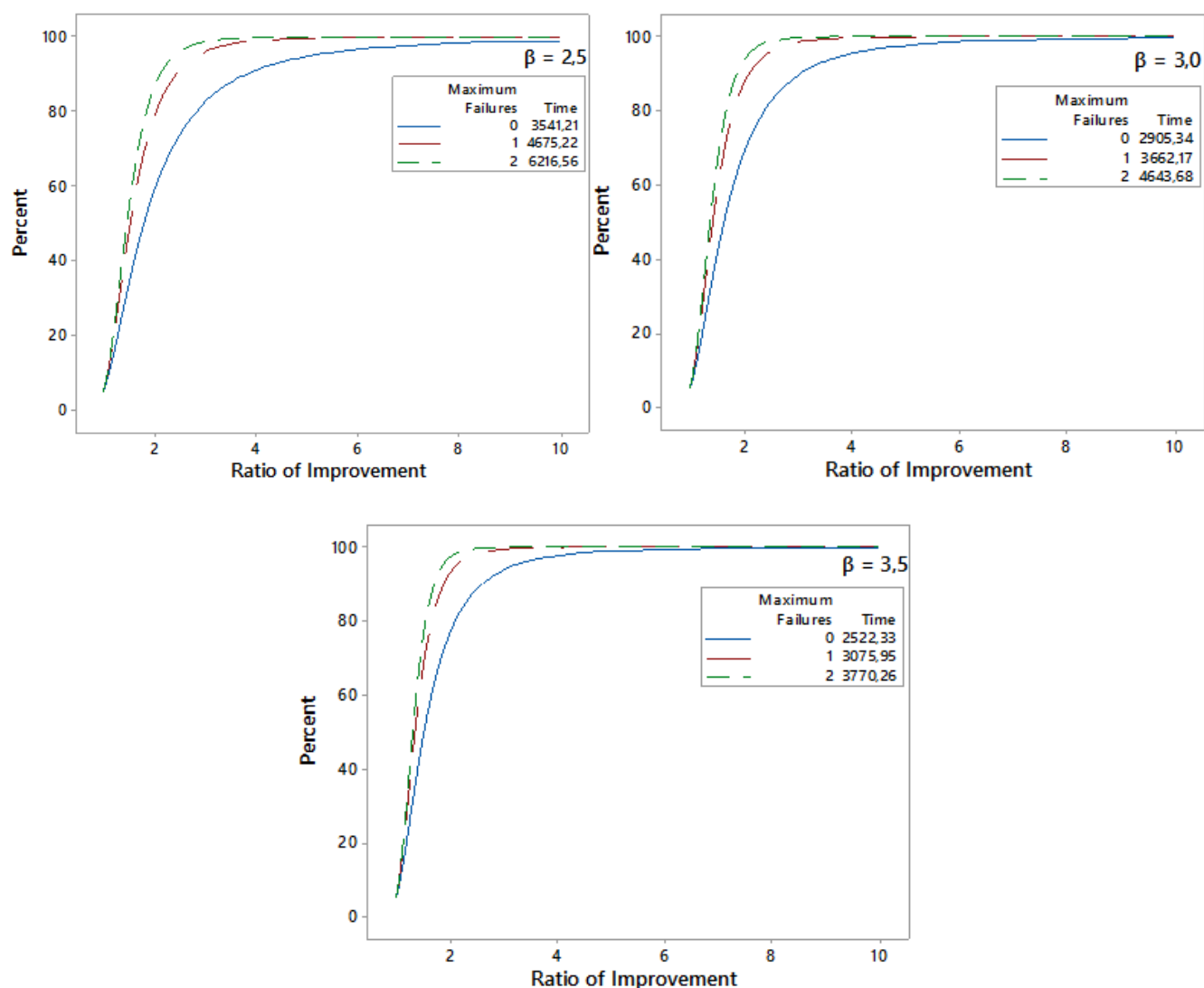


Fig. 6. Probability of passing the demonstration test for 3 units tested, respectively for $\beta_1 = 2.5$, $\beta_1 = 3$ and $\beta_1 = 3.5$

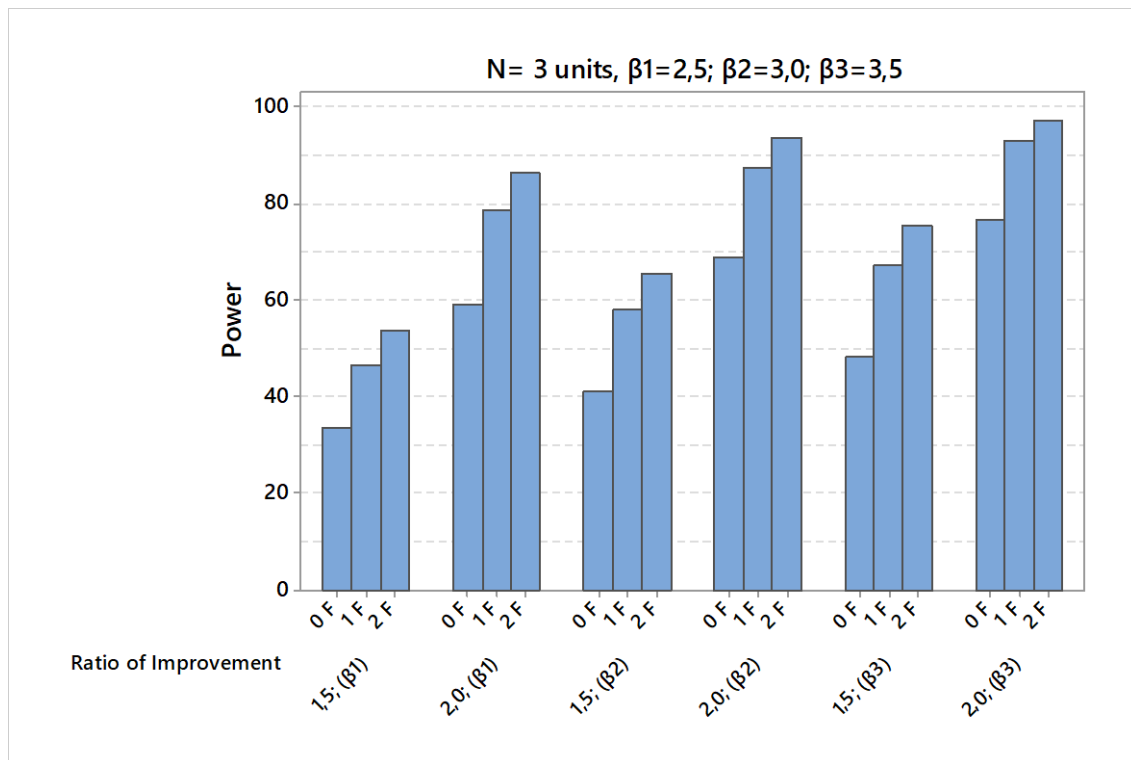


Fig. 7. Probability of passing the demonstration test for 3 units tested for selected levels of improvement

The values in Table 3 are taken from Fig. 6 for selected improvement ratios, while Fig. 7 is a graphical summary of Table 3. It is interesting to note from the power results for different scenarios shown in Fig. 7 that for a fixed number of maximum allowable failures and shape parameter β , the power of the test increases as the improvement ratio increases. Similarly, for a fixed number of maximum allowable failures, the power of the test increases as the shape parameter increases. For example, for an improvement ratio of 1.5 and shape parameter β_1 (see Table 3), the power of the test is approximately 34% for 0 maximum allowable failures and approximately 54% for 2 maximum allowable failures.

Figures 8, 9 and Table 4 summarize the comparison of the power of the tests for 0 maximum allowable failure and 1, 2, 3 maximum allowable failures for 5 units tested.

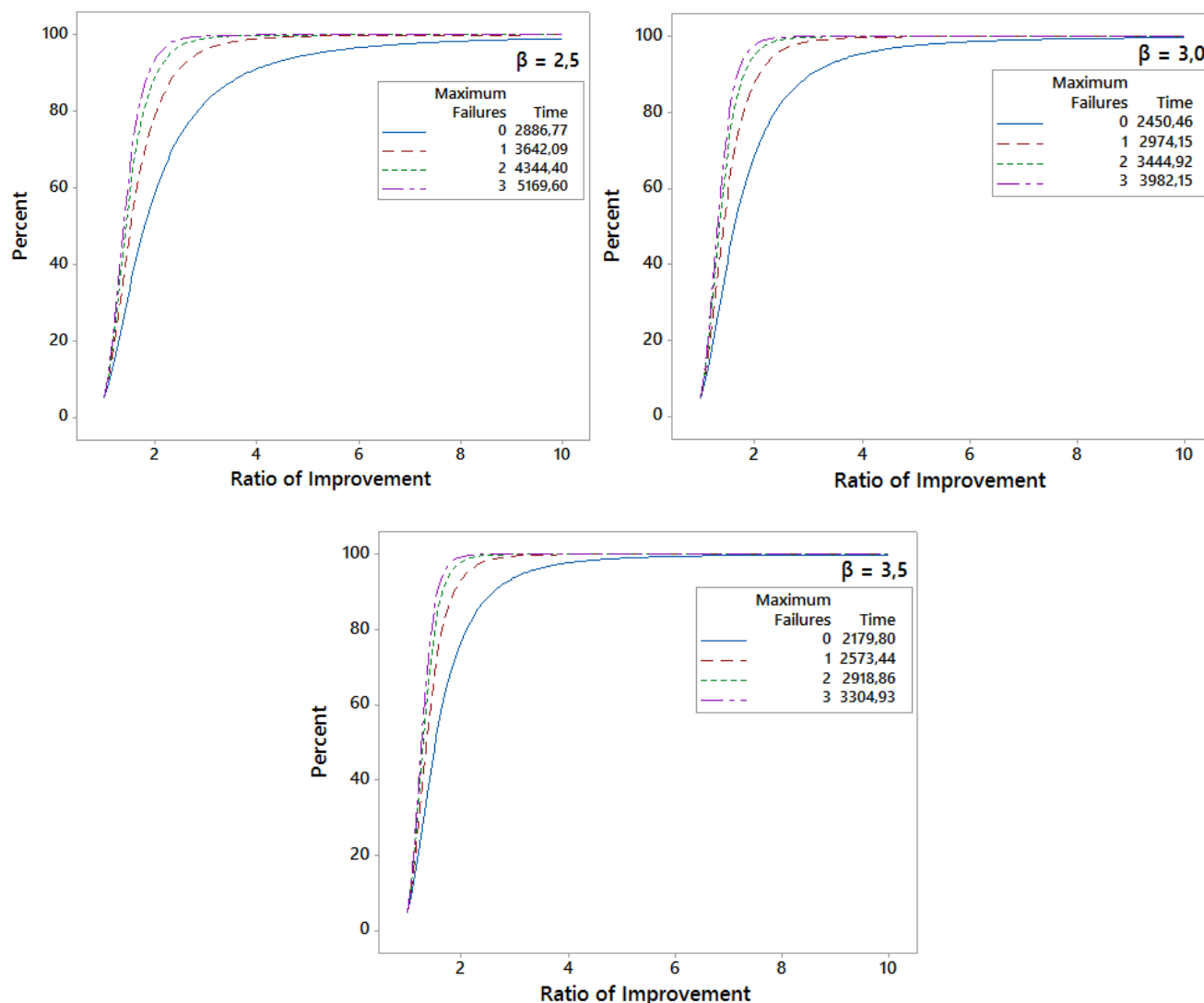


Fig. 8. Probability of passing the demonstration test for 5 units tested, respectively for $\beta_1 = 2.5$, $\beta_1 = 3$ and $\beta_1 = 3.5$

Figures 10, 11 and Table 5 summarize the comparison of test power for 0 maximum allowable failure and 1, 2, 3 maximum allowable failures for 7 units tested. Figure 9 is a graphical summary of Table 4; similarly, Fig. 11 is a graphical summary of Table 5.

For the improvement ratio of 1.5 ($\beta_1 = 2.5$), (see Table 3), the power of the test, for 2 and 3 maximum allowable failures is approximately 59% and 68% respectively. It is interesting to note from the power results for the different scenarios shown in Fig. 7 and Fig. 11 that for a fixed number of maximum allowable failures and shape parameter β , the power of the test increases as the improvement ratio increases. Similarly, for a fixed number of maximum allowable failures, the power of the test increases as the shape parameter increases.

Tableau 3. Exemplary comparison of the impact of uncertain distribution parameters on the probability of success for 5 units tested

Shape parameter β	2.5						3.0						3.5					
Sample size	5						5						5					
Maximum Failures	0		1		2 ; 3		0		1		2 ; 3		0		1		2 ; 3	
Ratio of Improvement	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2
Power	33.7	58.9	43.3	79.2	58.7	89.1	41.2	68.8	58.7	87.9	70.1	95.1	48.4	76.7	67.9	93.2	79.3	97.9
					65.1	93.7					76.8	97.8					85.5	93.2

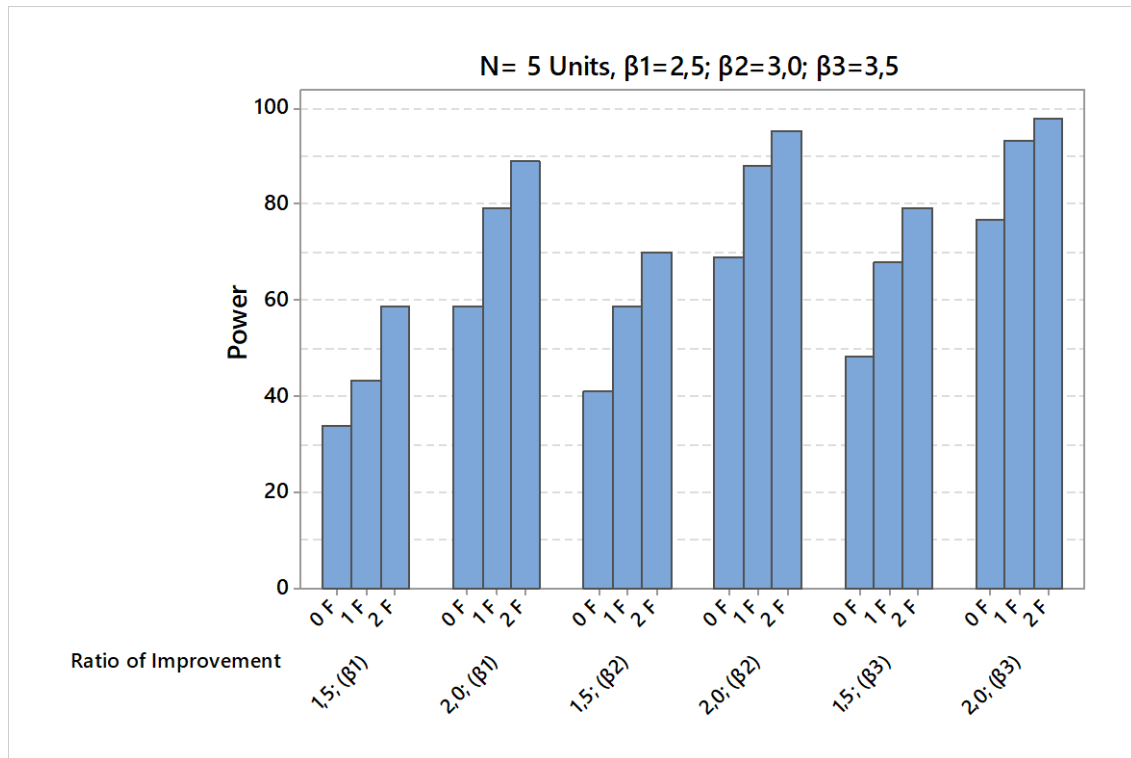


Fig. 9. Probability of passing the demonstration test for 5 units tested for selected levels of improvement

In other words, in terms of the probability of passing the demonstration test, the test with the maximum number of failures allowed is more reliable than the test with the minimum number of failures allowed, although the former is also more expensive. Furthermore, the maximum number of failures allowed becomes less relevant as the ratio of improvement increases, see, Figs 6, 8, and 10. For example, if the true performance of the stove is much higher than the standard that the test is intended to demonstrate, the power of the demonstration test with 0 maximum allowable failures is the same as with 3 maximum allowable failures.

Tableau 4. Exemplary comparison of the effects of uncertain distribution parameters on the probability of success for 7 units tested

Shape parameter β	2.5						3.0						3.5					
Sample size	7						7						7					
Maximum Failures	0		1		2 ; 3		0		1		2 ; 3		0		1		2 ; 3	
Ratio of Improvement	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2
Power	33.7	58.9	48.5	79.4	59.4	89.5	41.2	68.8	58.8	88.0	70.8	95.3	48.4	76.7	68.0	93.3	79.9	98.0
					67.5	94.5					78.9	98.1					87.0	99.4

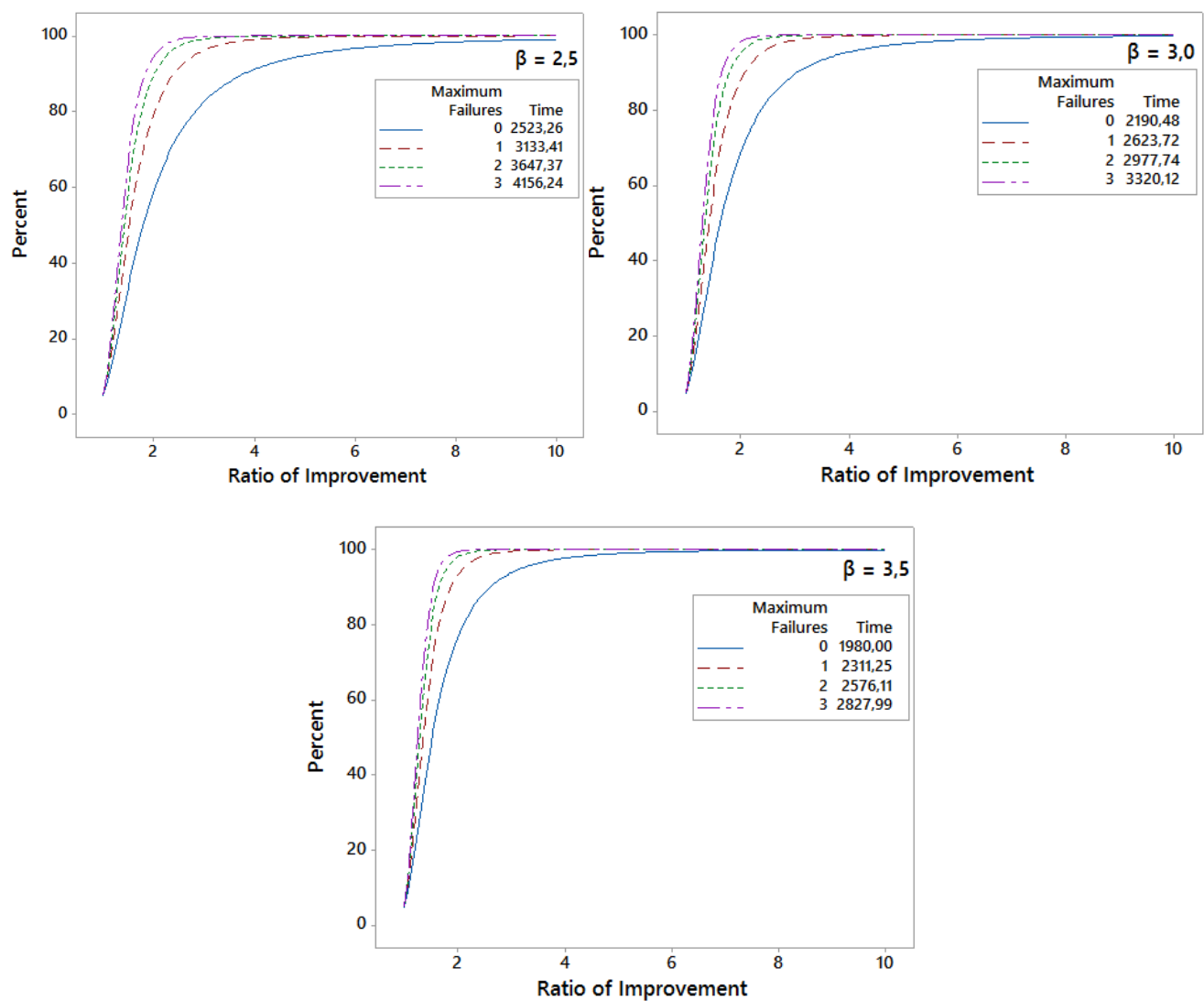


Fig. 10. Probability of passing the demonstration test for 7 units tested, for $\beta_1 = 2.5$, $\beta_1 = 3$ and $\beta_1 = 3.5$ respectively

For 0 maximum allowed failures, the power is about 41.2% ($\beta_2 = 3.0$) and for 2 maximum allowed failures, the power is about 65.5% ($\beta_2 = 3.0$). In other words, the test with 2 maximum allowed failures is more reliable than the test with 0 maximum allowed failures; the former is also more expensive.

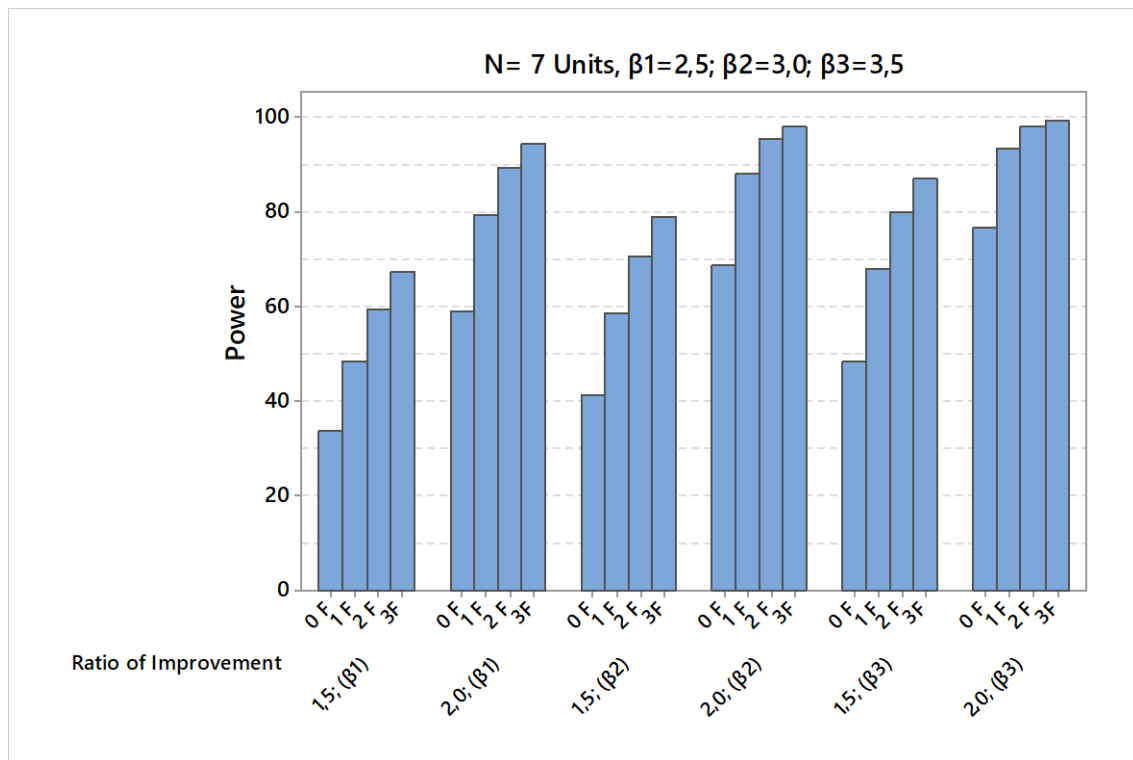


Fig. 11. Probability of passing the demonstration test for 7 units tested and selected levels of improvement

5 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

As part of the reliability demonstration test plans for cookstoves, we investigated 11 sampling plans using Minitab, to determine the required test durations for different scenarios when the test sample size and the number of failures are constrained. Our analysis revealed that larger sample sizes or shape parameters result in shorter required test times, based on the assumed Weibull shape parameter. The conclusions drawn from the results of the reliability demonstration test may not be very robust if the actual performance of the cookstove is close to the standard. This may lead to a risky product release with the potential for poor product performance in the field. To minimize this risk, appropriate measures, such as an adequate sample size, should be taken. However, if the true performance of the stove is much higher than the standard that the test is intended to demonstrate, then the power of the demonstration test for one maximum allowable failure is the same as that for three maximum allowable failures, because the probability of passing the 0-failure increases steadily as the improvement ratio increases from zero to six. This study identifies an area where Reliability Demonstration Testing can promote a successful product launches by smaller companies and start-ups.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Ministry of Higher Education of Cameroon for funding this research through the Modernization of Academic Research Scheme.

REFERENCES

- [1] IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO, Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. World Bank, Washington DC. © World Bank, 2022.
- [2] S. Bonjour, H. Adair-Rohani, J. Wolf, N. G. Bruce, S. Mehta, A. Pruss-Ustun, M. Lahiff, E. A. Rehfuess, V. Mishra, K. R. Smith, «Solid fuel use for household cooking: country and regional estimates for 1980–2010,» *Environ Health Persp* vol. 121, no. 7, pp.784–90, 2013.
- [3] E. E. McDuffie, R. V. Martin, J. V. Spadaro, R. Burnett, S. J. Smith, P. O'Rourke, M. Brauer «Source sector and fuel contributions to ambient PM_{2.5} and attributable mortality across multiple spatial scales» *Nature communications*, vol.12, no. 1, pp.1-12, 2021.
- [4] S. Chowdhury, A. Pillariseti, A. Oberholzer, J. Jetter, J. Mitchell, E. Cappuccilli, B. Aamaas, K. Aunan, A. Pozzer, and D. Alexander, «A global review of the state of the evidence of household air pollution's contribution to ambient fine particulate matter and their related health impacts,» *Environment International*, vol. 173, p. 107835, 2023.

- [5] K. Kaputo, M. Mwanza, and S. Talai, «A Review of Improved Cooker Stove Utilization Levels, Challenges and Benefits in Sub-Saharan Africa,» *Journal of Energy Research and Reviews*, vol.14, no. 1, pp.9-25, 2023.
- [6] S. U. Yunusa, E. Mensah, K. Preko, S. Narra, A. Saleh, S. Sanfo, M. Isiaka, I. B. Dalha, and M. Abdulsalam, «Biomass cookstoves: A review of technical aspects and recent advances,» *Energy Nexus*, p. 100225, 2023.
- [7] D. Still, S. Bentson, R.H. Lawrence, Jr. CFA Esther Adams, D. Andreatta, D. Evitt, C. Attenweiler, and K. Harris: *Clean Burning Biomass Cookstoves*, 2nd Ed. Aprovecho Research Center, 2021.
- [8] W. M. Champion, M. D. Hays, C. Williams, L. Virtaranta, M. Barnes, W. Preston, and J. J. Jetter, «Cookstove emissions and performance evaluation using a new ISO protocol and comparison of results with previous test protocols,» *Environmental science & technology*, vol. 55, no. 22, pp. 15333-15342, 2021.
- [9] J. Topić Božić, U. Fric, A. Čikić, and S. Muhić, «Life Cycle Assessment of Using Firewood and Wood Pellets in Slovenia as Two Primary Wood-Based Heating Systems and Their Environmental Impact,» *Sustainability*, vol. 16, no. 4, p.1687,2024.
- [10] ISO/TR 19867-3: 2018, Harmonized laboratory test protocols Part 1, 2018.
[Online] Available: <https://www.iso.org/standard/66519.html>.
- [11] ISO/TR 19867-3: 2018, Harmonized laboratory test protocols Part 3, 2018.
[Online] Available: <https://www.iso.org/standard/73935.html>.
- [12] ISO 19869: 2019, Field testing methods for cookstoves, 2019. [Online] Available: <https://www.iso.org/standard/66521.html>.
- [13] P. Jiang, Q. Zhao, H. Xiao, B. Wang, and Y. Xing, «A reliability demonstration test plan derivation method based on subsystem test data,» *Computers & Industrial Engineering*, vol.170 p. 108325, 2022.
- [14] T. Leopold, «Planning and evaluation of reliability demonstration testing with uncertainties,» *In Proceedings-Probabilistic Safety Assessment & Management conference*, pp. 1-9, 2022.
- [15] Ö. Tezer, N. Karabağ, A. Öngen, C. Ö. Çolpan, and A. Ayol, «Biomass gasification for sustainable energy production: A review,» *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 47, no. 34, pp. 15419-15433, 2022.
- [16] J. Tryner, «Combustion phenomena in biomass gasifier cookstoves,» Doctoral dissertation, Colorado State University, 2016.
- [17] H. Rajabu, and A. Ndilanha: Improved Cook Stoves Assessment and Testing, *Report of the ICS Taskforce*, 2013.
- [18] A. Molino, S. Chianese and D. Musmarra, «Biomass gasification technology: The state of the art overview,» *Journal of Energy Chemistry*, vol. 25, no. 1, pp.10-25, 2016.
- [19] Y. L. Lee, S. Makam, S. McKelvey, and M. W. Lu, «Durability reliability demonstration test methods,» *Procedia Engineering*, vol. 133 pp.31-59, 2015.
- [20] H. Guo, and H. Liao, «Methods of reliability demonstration testing and their relationships,» *IEEE Transactions on Reliability*, vol.61, no. 1, pp. 231-237, 2011.
- [21] G. Wasserman, «Reliability Verification, Testing, and Analysis in Engineering Design,» *CRC Press*, vol. 153, 2002.
- [22] R. B. Abernethy, *The New Weibull Handbook*, 5th Ed. Published and distributed by Robert B. Abernethy, 2004.
- [23] W. B. Nelson: Accelerated Testing: Statistical Models, Test Plans and Data Analysis, Wiley-Interscience, New Jersey, 2004.
- [24] A. Grundler, M. Dazer, and T. Herzig, «Statistical power analysis in reliability demonstration testing: the probability of test success,» *Applied Sciences*, vol.12, no.12 pp.6190, 2022.
- [25] Minitab, tutorial, 2023. [Online] Available: <https://support.minitab.com/en-us/minitab/21/help-and-how-to/>.

Challenges faced by Bunia English teachers in English teaching in 3rd and 4th forms building section

Maki Tsedha Christian

Second class librarian, Higher Institute of Medical Techniques (ISTM/BUNIA), Bunia, 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: Teaching as well as learning English as foreign language has become problematic in Bunia town, which makes it a neglected and less appreciated lesson by pupils in third and fourth forms throughout their course in building section. Therefore, a survey was carried out among these pupils as well as their respective teachers in order to be able to point out the difficulties they face but also the factors leading them there.

During this research, it turned out to be some difficulties which hinder the teaching and learning of English; five of which relate to teaching and five others to learning.

We then allowed ourselves to come to the conclusion according to which all the difficulties are mainly due to the lack of a professional education relating to the section and qualified personnel having followed the course of technical English teaching in building section.

KEYWORDS: difficulties, teaching, learning, building section.

1 INTRODUCTION

The world has become small thanks to international communication system and English has been one of the major languages of interconnection. For this purpose, English is used in many ways. In some countries it is used as mother tongue; in some others as second language, and even as a foreign language. English is the language of science, new technology and international transactions. Any intellectual around the world would like to speak English and apply it in his or her communicative tasks. When you know how to speak English, the opportunities of getting good jobs are large. In the Democratic Republic of Congo, it is used as a foreign language, especially in educational system and is inserted in the programme of secondary schools as well as in all universities, at all levels and orientations. Pupils and students are requested to learn English in order to profit from the different opportunities it offers its users around the world. But they encounter a lot of problems due to a great variety of factors. Teaching and learning English as a foreign language is so complex that pupils do not learn it successfully.

Teaching English as a foreign language is a challenging task, yet a rewarding career choice. As an English teacher, you must learn to adapt constantly to your pupils' needs. A good ESL teacher must be able to recognize these common problems, and work to find solutions. Even a slight adjustment in his/her teaching methods can help to create a more productive and casual environment for him and his pupils.

There are some most common classroom problems faced when teaching English as a foreign language, though they vary according to orientation domains. The important thing is to know how to tackle and solve them altogether. It becomes difficult to develop the language skills that are listening, speaking, reading and writing for many causes in the Democratic Republic of Congo in general, and in Bunia Town in particular. It is noticed that most of pupils finish their secondary school studies without being good at any of the four skills. So, finding no way out, most of those who need especially to refine their spoken skills join private institutions, centres and academies.

The causes of pupils' difficulties are numerous. In some cases, the teachers of English are not sufficiently trained to exploit the expected pupils' capacities and their needs that is why pupils encounter difficulties that they do not overcome.

Astana's, (2014) states that students' performance is affected by shortage of English teachers and absence of teaching and learning materials. Sometimes building classes are considered ESP learners being mostly adults who already have some acquaintance with English and are learning the language in order to communicate a set of professional skills and to perform particular job related functions. An ESP programme is therefore built on an assessment of purposes and needs and the functions for which English is required. The ESP local point is that English is not taught as a subject separated from the pupils' real world. Instead, it is interacted into a subject matter area important to the learners. Most of the time, teachers are qualified, but they lack essential needed materials.

It has been seen that Pupils like to become English speakers but it is not easy because there are a lot of problems related to teaching English as a foreign language in general and in Bunia Town in particular. Vuzo (2010) reported that it is through interactions with each other that teachers and students work together to create intellectual and practical activities. For the case of teaching English in 3rd and 4th form building sections in Bunia Town especially, pupils face a lot of difficulties which come from one main source. Teachers do not have appropriate materials which meet the interests and motivations of their pupils and the available materials are not taught altogether because of a limited number of hours. That is why pupils show very poor performance in English skills and a large number of them seem to have given up learning English lessons.

The present research aims at pointing out the striking difficulties encountered in teaching and learning English lessons in 3rd and 4th forms building section. And analysing the main factors that do not allow English teachers to reach the aims in different lessons are likely not to satisfy the needs of their pupils.

2 METHODOLOGY

In order to carry out and conclude the present article, both field work and desk work were applied. We attended several types of lessons in different Bunia secondary schools organising building sections, we observe some teaching methodology used in teaching English in building section. Moreover, we read some books and articles to put light on our research.

3 RESULTS

The following Chart shows the number of the pupils found in the four schools under study:

Number	School	Year 3	Year 4	Total
01.	ITP BUTSO	50	38	88
02.	COMPLEXE SCOLAIRE LA RACINE	27	23	50
03.	COMPLEXE SCOLAIRE MAENDELEO	39	34	73
04.	COMPLEXE SCOLAIRE UDJA	27	22	49
05.	INSTITUT SALEMA 1	18	15	33
	Total	123	132	293

TEACHERS' STUDY LEVELS AND EXPERIENCES

One of the most important factors in teaching is undoubtedly the teacher's study level. At Teachers' Training Colleges, undergraduate students are usually trained to teach in Years 1 and 2 secondary schools, leaving Years 3 and 4 to graduate teachers. This is important in as much as it helps judging by this factor. The present chart gives information about the study levels of the English teachers working in those schools.

Nber	School	Form(s)	Teacher	Sex	Level	Teaching Experience
01.	ITP BUTSO	3rd & 4th	1	F	graduate	7 Years
02.	C.S. LA RACINE	3rd & 4th	1	M	Graduate	5 months & 7 years elsewhere
03.	C.S MAENDELEO	3rd & 4th	1	M	Under-graduate	20 years elsewhere
04.	C.S. UDJA	3 rd & 4 th	1	M	Under-graduate	5 months
05.	C.S SALEMA1	3rd & 4th	1	M	Graduate	4 Years

A simple analysis of the chart reveals us that three fourths of building section 3rd and 4th forms teachers are not qualified. Furthermore, almost all of them do not have enough experience in teaching technical English in building section

Question 1: What is the percentage of your mechanic section pupils who are:

- motivated in learning English? 3rd form...; 4th form...
- able to express themselves in English? 3rd form...; 4th form...

Nber	School	Motivation		Expression	
		3rd form	4th form	3rd form	4th form
01.	ITP BUTSO	50 %	50 %	50 %	50 %
02.	C.S. LA RACINE	50 %	55%	40 %	40%
03.	C.S MAENDELEO	40 %	40%	40 %	40%
04.	C.S UDJA	45%	45%	40%	40%
05.	INST SALEMA1	55%	55%	50%	50%

When we wanted to know the percentage of the pupils who are motivated to learn technical English in building section both in 3rd and 4th forms, the I.T.P Butso teacher answered by the average, that is, 50 percent for both forms. For 'La Racine' as well, the teacher answered by the average (40% 3rd form and 40% 4th form) for motivation, but for expression, it is 50% 3rd form and 55% 4th form. The C.S Maendeleo teacher also reckoned the percentage to forty percent (40 %) for both motivation and expression, the C.S UDJA teacher answered by the average, that is, 45% 3rd form and 40% 4th form. At last, the Institut Salema1 teacher answered by the average, that is 55% 3rd form and 50% in 4th form.

Question 2: How many hours of English lesson do you have par week?

3rd form...; 4th form... Are they sufficient?

Nber	School	Hour(s) per week		Sufficient?
		3rd form	4th form	
01.	ITP BUTSO	1	1	Not
02.	C.S. LA RACINE	2	2	No, they are not.
03.	C.S MAENDELEO	2	2	No, they are not.
04.	C.S UDJA	1	2	Not
05.	INST SALEMA1	1	1	Not

According to this chart, the 'I.T.P BUTSO' and Institut SALEMA1 provide only one hour for English per week, both in 3rd and 4th forms. 'C.S. LA RACINE' and 'MAENDELEO' have two, in accordance with the National Program. 'C.S. UDJA' has of course two hours of English per week for 4th form, but only one for 3rd form. To the question whether the hours those schools have are sufficient, all of them replied in the negative.

Question 3: Do you follow a national program related to 3rd and 4th forms Building section?... If not, why?...

Nber	School	National Program Following		Reason
		3rd form	4th form	
01.	ITP BUTSO	Not	Not	I don't have it.
02.	C.S. LA RACINE	Not	Not	It is not available.
03.	C.S MAENDELEO	Not	Not	It does not exist.
04.	C.S UDJA	Not	Not	There is no program up to now.
05.	INST SALEMA1	not	not	I have my own books

it was established that all of them do not follow the National Program because they do not have it according to the 'ITP Butso', 'La Racine' and the 'Maendeleo' teachers; while for the 'C.S Udja teacher, that National Program does not exist. At

least, all of them do their best to teach their pupils what they can. We think that is too much saying that the National Program for Building section does not exist at all in our country.

Question 4: *Do you teach your pupils technical English? If yes, what materials do you use (subjects) and how?...*

Nber	School	Technical English teaching	Materials used
01.	ITP BUTSO	Yes, I do.	a syllabus containing some tools
02.	C.S. LA RACINE	Yes!	Building site and drawings
03.	C.S MAENDELEO	Yes!	visual aids and drawings
04.	C.S UDJA	Yes!	words related to the domain in 'English for Africa 3e & 4e
05.	INST SALEMA1	Yes!	Pictures related to their option

The schools under study are technical schools, the ones that are supposed to provide their pupils with technical English as well. Thus, when we wanted to know whether those teachers teach effectively technical English, the answers diverged. The ITP Butso teacher said yes, but through his syllabus. The 'La Racine' teacher went a bit beyond saying that he does not only teach technical English, but they also use drawings and go to building site. Even the 'C.S Maendeleo' teacher talked about drawings, but he especially uses visual aids. For the 'C.S. Udja' teacher, he just uses English for Africa book, selecting some words related to construction domain and at Institut Salema1 teacher use Pictures related to building. If we go through those different answers, we are likely to believe that in Bunia Building section, nothing serious is being done as far as technical English is concerned.

Question 5: *Do you have enough documents for teaching English in 3rd and 4th forms mechanic section?... What are your documents related to building section?... If not, which materials would you like to have?...*

Nber	School	Enough documents?	What he/she uses	What he/she would like to have
01.	ITP BUTSO	Not	some research	English text and book for building program
02.	C.S. LA RACINE	one book	- collections for the domain - Internet research	National program and books
03.	C.S MAENDELEO	No!	a syllabus composed by the teacher	an appropriate book related to those classes
04.	C.S UDJA	No!	some selected materials	A standard program
05.	INST SALEMA1	No!	Internet	Books related to this section

The findings from the above table show that teachers do not have appropriate documentation to teach in building section. Each one is doing what could to teach at least something. Our analysis of the data lets us think that once again, the Bunia secondary schools of building section are not helped enough.

Question 6: *What difficulties do you face when teaching in 3rd and 4th forms Building sections? Enumerate at least five of them.*

Nber	School	Difficulties
01.	ITP BUTSO	English hours insufficiency, pupils' negligence towards English, the language lack of understanding, the dislike of English making them escape the course, and the pupils' irregularity.
02.	C.S. LA RACINE	the insufficient number of English hours per week and the lack of interest in learning English
03.	C.S MAENDELEO	The pupils' lateness in the first period, their disturbance inside the classroom and outside, the stones throwing on the classroom roof, their dealing with other courses during the English class, and their permission asking for toilet any old how.
04.	C.S UDJA	The pupils are not able to pronounce some English words.
05.	INST SALEMA1	

After analyzing our respondents' answers, we find that most of English teachers complain about English hours insufficiency secondary schools organizing building. Most of pupils of the building section are not interest in learning English.

Question 7: According to you, what are the remedial approaches for improving English teaching and learning in 3rd and 4th forms building sections in Bunia Town secondary schools?

Nber	School	Remedial approaches
01.	I.T.P BUTSO	- to increase the number of English hours per week - to have documents and the National Programme
02.	C.S. La Racine	- to motivate pupils about English - to favor English with four periods a week
03.	C.S MAENDELEO	- to provide the school with visual aids such as tools - to use those tools in sentences and dialogues
04.	C.S. UDJAE	- to provide the building section with appropriate documents
05	C.S SALEMA1	- they have to take in to consideration this section, for this we need relevant document

The results we got reveal that most teachers argued that if they were added some more English hours per week and if they were provided with the National Program as well as appropriate books related to building section, technical English would not suffer in Bunia secondary schools.

4 DISCUSSION

Teaching is a noble profession which comes with many responsibilities and duties toward pupils. Teachers do not only teach and impart knowledge but inspire and motivate them to learn their new language. According to Atanas (2014) motivation is the most used concept for explaining the success and the failure of a learner. Also, it has been regarded as one of the main factors that influence the speed and amount of success of the foreign language learning.

However, most of the teachers of English teaching in Bunia building secondary schools confront serious difficulties in their teaching activities. First, the study findings reveal that most of teachers do not make sufficient effort to motivate their pupils to learn English. Second, teachers are not staffed with appropriate documentations, and equipment related to the building section in Bunia town. UNESCO (2000) reported that the prevision of teaching and learning materials especially books is an effective way of improving results.

Third, we also find that pupils' lack of interest in learning English. That was the major fact which was observed during our research in different schools organizing building section in Bunia town. Gardener (2006) reported students with higher motivation will do better than student with lower level. The study reveals that most of pupils studying in the building sections dislike English that is because they have problem to speak, listen, and to write English in the classroom.

Through this research, we have discovered that, the Majority of pupils studying in Bunia building section secondary schools do not attend regularly the English lesson or most of them come late to school. A teacher from I.T.P BUTSO institute interviewed on February 21st testifies that he likes pupils being absent during the English class because his problem is not to follow pupils but to get money only. The I.T.P BUTSO teacher's attitude towards his teaching duty shows clearly that he is mercenary, without any conscientiousness. In the same way, the 'Elite' teacher's shows he is first a lazy teacher, not equal to his task. Therefore, it can be said he is an incompetent teacher. This tells us clearly that those pupils are taught English which is not specific for building section.

Moreover, the research result prove that the discipline poses problem in different secondary schools organizing the buiding section in Bunia town and most of English teachers complain about English hours insufficiency. The result shows that teachers do not follow the National Program simple because they do not have it.

Schools organizing building teach English First, the teachers' level is low that they are unable to develop the pupils' abilities in vocabulary related to building. They should know that technical English is a four-level course for pupils in technical or vocational education, and for company employees in training at work. It covers the core language and skills that pupils need to communicate successfully in all technical and industrial specializations ([en.m.youtube.com>watch](https://en.m.youtube.com/watch), retrieved on February 3, 2023). Teachers must know that people learn a language best when using it to do things rather than through studying how language works and practicing rules (Richards, J.C., 2006).

How many of us know what we are looking at when we pop the hood off a vehicle? Most of us see a mare of wires, belts and parts that make little. A building sees something very different: a puzzle of pieces that fit together just as they should. Understanding that puzzle can help them narrow down the options, diagnose the problem, and have you back on the road as soon as possible. But figuring out how to understand what goes on under the hood doesn't always come naturally – it require

serious education and training. That is where building school should come in because talent and affinity for house are musts for aspiring buildings (www.learnhowtobecome.org, retrieved on September 3, 2020).

RECOMMENDATIONS

Teaching English as foreign language has a lot of requirements to be fulfilled. In Building Section particularly, more needs are still felt in order to accomplish the expected result in English teaching and learning processes. Thus, the efforts are to be made at all levels for the welfare of this technical section in Bunia secondary schools. That is why the following recommendations are to be given:

TO THE NATIONAL MINISTRY OF PRIMARY, SECONDARY, AND TECHNICAL

EDUCATION AND THE GOVERNMENT

Since the policy of education comes from the National Ministry of Education or government, the leaders of the Ministry are the ones to define the aim of a given subject while providing the necessary materials to be used in schools. Therefore, they have the responsibility of providing the technical sections in general, and in particular the building section with the National Programme and the appropriate English documents related to this section. Moreover, since the number of English hours per week in technical sections does not favor a good learning of the language, they should increase that number up to four per week.

TO SCHOOL AUTHORITIES

Being the responsible of the good running of their respective schools, the school authorities must first make sure the one they are taking on to teach at any level is really qualified for that level. Second, be careful whether teachers are truly following the programme and check how teachers use methodology to teach pupils with building objectives while focusing on practice. Furthermore, they should add more time in order to help teachers of technical sections, to plan more lessons for a better improvement.

TO TEACHERS

They should avoid a mercenary attitude in their tasks. Rather, they should make a special effort to motivate their pupils to learn English because the names of most materials they use in building section are in English all over the world. They must know that they are responsible for discipline during their class activities. At last, they should also make for their teaching a plan that meets the need of mechanic section in order to arouse their pupils' interest.

TO PUPILS

Pupils must know that to study is to work, to work hard and not to joke because the key of success lies in a hard work. Furthermore, they must be aware that building or repairing house is good, but knowing English can allow them get a good job in international companies not only as a builder, but also as a manager.

5 CONCLUSION

The present work, the topic of which is entitled *English Teaching and Learning in 3rd and 4th Forms Building Section: Case of Bunia Town* was formulated from the fact that the researcher has noticed that teachers do not have appropriate materials which meet their pupils' interest and motivations and the lack of available materials and the limited number of English hours per week.

In dealing with this topic, the main objectives were to point out the striking difficulties encountered by both teachers and pupils in teaching and learning English lessons in building section and, as well as to analyze the factors that do not allow the English teachers to reach their aims and their consequences in order to make some recommendations likely to help improve the teaching and learning of English in technical sections in general, and in particular in building section in Bunia Town.

For the sake, my target populations were the pupils of 3rd and 4th forms building section in Bunia Town, including their English teachers. Methodologically speaking, the instruments of this research paper comprise the questionnaires, interview,

observation, and tests which were conducted so as to judge of the respondents' understanding. Apart from this, I used deskwork which allowed me to read books and works related to teaching English in different libraries. I also visited different schools where building sections are organized, this stage being my fieldwork. At last, I navigated on the Internet where I collected a great variety of data.

The difficulties encountered during the collection of data were also numerous, such as the financial problems and the reluctance of some teachers to provide me with the necessary information I needed. Anyway, I did my best to overcome them.

As for the answers to the investigation questions by the teachers, they showed that the majority of these latter are unqualified for teaching English in 3rd and 4th forms; that their pupils know almost nothing in English. They do not have appropriate materials for their teaching and the National Programme either. Even the number of English hours per week is not sufficient.

On their part, the 3rd and 4th form pupils who had to answer four questions based on the texts they had to read, the majority of them did not work well and this confirmed the hypotheses formulated at the beginning of the present work.

Considering the situation, some recommendations have been made to the government represented by the Ministry of Primary, Secondary, and Technical Education at the high level, and locally to the schools' authorities, to the English teachers themselves and to the pupils so that they may work together for the improvement of the teaching of English in technical sections in general, and in building section in particular. In addition, some texts, tools, and... have been proposed in the appendices as my contribution to help advance the teaching of technical English in 3rd and 4th forms building section.

REFERENCES

- [1] Atanas M, (2014), Factors affecting students' performance in English language in Zanzibar rural and urban secondary schools.
- [2] Francis, C. (2014). Building 5th Edition: Francis D.K. Ching
<http://www.undersand.com/books-on-building- construction.htm>
- [3] Garden R, C. (2006) The social-educational model of second language acquisition: a research paradigm. EUROSLA Yearbook.
- [4] <http://www.google.com> (Retrieved on 17th May, 2023).
- [5] <http://blogs/reliability/miamieh.edu2016 /11> <http://library.secdedheort.edu/> (retrieved on 23rd February 2023).
- [6] <http://fr.wikipedia.org/wiki/English>, (retrieved on January 16th, 2023).
- [7] <http://fr.wikipedia.org/wiki/teaching>, (retrieved on January 16th, 2023).
- [8] <http://www.dictionary.cambridge.org> (retrieved on 24th February 2023).
- [9] Udjanga, M. (2000), *English Teaching Methology*. Memoire: ISP/Bunia.
- [10] UNESCO. (2000) Quality of education and improvement of achievement.
- [11] Vuzo, M. (2010) Exclusion through Language: A reflection on classroom discourse in Tanzanian Secondary Schools. Papers in education and development, 29,14-36.
- [12] Willis W. (OUP ISBN-13: 978-0194422109), *Doing Task-based Teaching*.
- [13] Yule, G. (2010), *Oxford Practice Grammar*. Oxford: Oxford University Press.
[en.m.youtube.com>watch](https://www.youtube.com/watch), retrieved on September 3, 2020.

Caractérisation des systèmes d'élevage des cobayes (*Cavia porcellus* L.) en ville de Butembo en République Démocratique du Congo

[Characterization of guinea pig (*Cavia porcellus* L.) breeding systems in Butembo town in the Democratic Republic of the Congo]

Mbusa Siviholya Kito¹, Kavugho Mboni Sergine¹, Lwanzo Kisonia Nelly¹, and Kavira Mwenge Ghislaine²

¹Université catholique du Graben, Faculté des Sciences agronomiques, Butembo, RD Congo

²Université libre des Pays des Grands-Lacs, Faculté de Santé publique, Département de santé et environnement, 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: The purpose of this study is to identify and characterize different systems of guinea-pig breeding on farms in the town of Butembo. To achieve this objective, a survey was carried out among 60 breeders throughout the city. Results show that guinea pigs are raised on the floor in the kitchen, on the floor in a specific room and in cages. In many cases, guinea pig rearing is family-based. Carried out in the traditional way, family breeding is characterized by low animal numbers. Feeding is based almost exclusively on herbs and kitchen waste. With no management by the farmer and no external support in terms of training in modern breeding techniques, productivity is low. Factors leading to low productivity include mortality, overcrowding, lack of concentrated feed, disease, predators, and lack of organization. To improve the productivity of guinea pig breeding, it is important to increase knowledge of breeding systems and popularize improved breeding techniques. In addition, guinea-pig breeders should be supported and coached to encourage them to adopt commercial breeding.

KEYWORDS: Breeding system, guinea pig (*Cavia porcellus* L.), productivity, feeding, Butembo town.

RESUME: La présente étude contribue à l'identification et à la caractérisation de différents systèmes d'élevage de cobayes dans les élevages de la ville de Butembo. Pour atteindre cet objectif, une enquête a été réalisée auprès de 60 éleveurs repartis sur l'ensemble de la ville. Les résultats montrent que les cobayes sont élevés au sol dans la cuisine, au sol dans un local spécifique et dans des cages. Dans la majorité de cas, l'élevage des cobayes est de type familial. Effectué de manière traditionnelle, l'élevage familial est caractérisé par des faibles effectifs des animaux. L'alimentation est basée presque exclusivement sur l'apport des herbes et les résidus de la cuisine. Avec l'absence de gestion par l'éleveur et d'appui extérieur en termes de formation en techniques d'élevage modernes, la productivité est faible. Les facteurs qui entraînent la faible productivité sont la mortalité, la promiscuité, le manque d'aliments concentrés, les maladies, les prédateurs et le manque d'organisation. Pour améliorer la productivité de l'élevage des cobayes, il est important de renforcer la connaissance des systèmes d'élevage et la vulgarisation des techniques d'élevage améliorées. A plus, les éleveurs de cobayes devraient être accompagnés et encadrés afin de les inciter à adopter l'élevage commercial.

MOTS-CLEFS: Système d'élevage, cobaye (*Cavia porcellus* L.), productivité, alimentation, ville de Butembo.

1 INTRODUCTION

Au cours de deux dernières décennies, la forte croissance démographique accompagnée de la pauvreté qui caractérise les pays de l'Afrique subsaharienne ont été à l'origine du déséquilibre observé entre la demande et l'offre de protéines animales dans les ménages (Kouadio et al., 2020). Ce déséquilibre est souvent considéré comme un des facteurs aggravant l'insécurité alimentaire pour les

populations. Malgré cette situation, on constate tout de même un accroissement de la demande en protéines animales (Noumbissi et al., 2014).

Satisfaire la demande croissante en protéines est devenue une question délicate non seulement pour les gouvernements mais aussi pour les éleveurs. Des nombreux auteurs pensent que si l'on veut couvrir les besoins en protéines animales dans les ménages, la pratique des élevages avec des espèces à croissance rapide et à cycle court constitue une des solutions durables (Noumbissi et al., 2013). Parmi les espèces à cycle court susceptibles de relever le défi, on trouve majoritairement les porcs, les volailles, les lapins, les cobayes etc. (Kouakou et al., 2015). Outre ces élevages, plusieurs projets d'élevage moderne s'intéressent à des espèces comme les aulacodes, les autruches, les escargots et les grenouilles qui apportent une grande contribution dans la réduction de l'insécurité dans les ménages pauvres (Kouakou et al., 2015).

Parmi les espèces à croissance rapide, les cobayes se sont popularisés. Nécessitant peu de moyens financiers lors du démarrage, la caviaculture ou élevage des cobayes est rentable sur le plan économique et constitue une alternative efficace pour lutter contre l'insécurité alimentaire (Niba et al., 2012). Les cobayes sont appréciés en cause de la qualité de leur chair. En effet, la teneur en protéines de la viande de cobaye adulte entre 20 et 21 % de la matière sèche (Kouakou et al., 2015; Niba et al., 2004) plus élevée que celle de la viande de porc, de mouton ou de bœuf et sa teneur en graisse est d'environ 8 %, inférieure à celle de chacune des autres viandes susmentionnées (Kouakou et al., 2015; Metre et al., 2019). Outre la teneur en protéines, le rendement de la carcasse du cobaye est élevé et varie de 68,4 % (15 semaines) à 72,7 % (23 semaines) sous système d'élevage contrôlé (Niba et al., 2004). En cause de ses atouts, le cobaye est largement élevé en Afrique subsaharienne (Cameroun, la République Démocratique du Congo, le Ghana, etc.) comme source importante de protéines pour les ménages pauvres (Kouadio et al., 2020). Dans ces pays, les cobayes sont élevés en système traditionnel où ils sont destinés à être vendus ou à être consommés par les membres de la famille (Kouadio et al., 2020).

En République Démocratique du Congo comme dans d'autres pays d'Afrique subsaharienne, le problème de la sécurité alimentaire se pose avec acuité pour 57 % de la population congolaise qui accusent un déficit en protéines tant végétales qu'animales (Kampemba et al., 2020; Umba et al., 2017a). En milieu rural comme urbain, les conditions de vie des populations restent précaires. Cette précarité fait que la sous-alimentation et la malnutrition chronique qui sévissent dans le pays ne cessent de susciter des débats et des questions allant dans le sens de la mise en place de solutions idoines (Kampemba et al., 2020). Plusieurs Organisations non gouvernementales (ONG) préconisent la vulgarisation et la promotion de l'élevage de cobaye (caviaculture) comme l'une des solutions durables dans le pays pour répondre à la demande en protéines dans les ménages (Metre et al., 2019).

Au Nord-Kivu en général et dans la ville de Butembo en particulier, l'élevage des cobayes constitue une alternative plausible dans la production de la viande de façon intensive car il ne nécessite que peu d'espace et peu d'investissements financiers (Sikiminywa et al., 2013). Dans cette ville où la population augmente d'année à année, la demande en protéines animales ne cesse de croître (Sikiminywa et al., 2013). Les besoins des populations en protéines d'origine animale dans cette ville requièrent le choix des espèces animales à élever dans ce contexte où les superficies d'élevage des animaux sont de plus à plus réduites (Lacetera & Virimumbalo, 2011). Néanmoins, l'élevage des cobayes est limité par certains facteurs dont la sélection des animaux plus productifs et la diffusion des techniques d'élevage appropriées qui sont nécessaires pour améliorer la caviaculture en ville de Butembo (Sikiminywa et al., 2013).

Dans ce contexte, la diffusion des techniques d'élevage appropriées nécessite une caractérisation préalable des systèmes d'élevage. Bien que le cobaye soit rustique, dans plusieurs régions rurales et urbaines de la RDC (comme c'est le cas en ville de Butembo), l'élevage se pratique traditionnellement à l'intérieur des habitations, ce qui explique que son existence est souvent ignorée (Fotso et al., 1995). C'est pourquoi, cette étude se concentre sur la caractérisation du système d'élevage de cobaye dans la ville de Butembo. Un système de d'élevage est l'ensemble de techniques et de pratiques mises en œuvre par une communauté pour exploiter, dans un espace donné des ressources alimentaires par des animaux, dans des conditions compatibles avec ses objectifs et avec les contraintes du milieu (Gibon et al., 1999). La caractérisation suppose donner un caractère à une chose ou encore identifier ses caractéristiques.

Le cochon d'Inde, également appelé cobaye domestique, cochon de mer, lapin de barbarie, « cuy » au Pérou et « guinea pig » en anglais, est une espèce de rongeur répandue sur tous les continents. *Cavia porcellus* est originaire d'Amérique du Sud, plus précisément des Andes, et descendrait d'une espèce sauvage (Pigière et al., 2012). Jusqu'à peu, on pensait qu'il descendait de *Cavia aperea*, qui est une espèce de rongeurs très répandue dans les zones de montagne et de plaine de plusieurs pays d'Amérique du Sud. Cependant, des études récentes infirment cette hypothèse (Buisson, 2019; Spotorno et al., 2006). *Cavia porcellus* descendrait de *Cavia tschudii* (Buisson, 2019).

Le cobaye est un monogastrique herbivore digérant mieux les fibres que le lapin. Le corps présente un pelage varié, parfois typique de races spécifiques, à transmission génétique bien connue; de mono- à tricolore, du blanc au noir, de l'uni au tacheté (Cicogna, 2000).

Les cobayes ont des chaleurs toute l'année, et les premières peuvent survenir dès l'âge de 4-5 semaines. Le cycle œstral dure 16 (13-20) jours avec des chaleurs de 6-7 heures ou moins après la mise-bas. L'ovulation est spontanée. La gestation dure 68 jours environ, et la nichée varie de 1 à 6 jeunes malgré l'existence de 2 tétines seulement; il y a moins de jeunes lors des deux premières gestations. Le recours à l'œstrus post-partum permet d'obtenir jusqu'à 5 gestations par an (Cicogna, 2000). Les nouveau-nés ont les yeux ouverts, un pelage complet, marchent immédiatement et peuvent manger du fourrage 3-4 heures après leur naissance en plus du lait maternel. Le poids à la naissance varie de 80 à 100 g selon l'ordre et l'importance de la nichée; il peut atteindre 150 g en élevage rationnel. Le poids

vif est plus que doublé lors du sevrage normal à 3 semaines; il double une nouvelle fois au cours des 6 semaines suivantes (Cicogna, 2000).

Le cochon d'Inde, par son comportement sociable, la facilité de sa contention, n'ayant pas pour habitude de mordre, peu odorant et émettant des sons variés est un parfait animal de compagnie même pour les enfants. Le cobaye est un animal qui est plutôt actif à l'aube et le soir; il se repose une grande partie de la journée entrecoupée de phases de recherche de nourriture et de grignotage (Turk, 2020).

Comme les cobayes ne grimpent pas, leurs cages n'ont donc pas besoin d'être hautes. Une profondeur de cage de 36 à 55 cm est recommandée (Handlos, 2018). La surface au sol minimale par animal est de 700 cm² (Handlos, 2018).

Le cobaye est un rongeur herbivore strict non ruminant, monogastrique simple. Dans son milieu naturel, il se nourrit d'une grande variété de légumes, de fruits et de verdure, sa dentition à croissance continue étant adaptée à la découpe des végétaux (Fuss, 2002). Les cobayes ont besoin d'une grande quantité de vitamine C, et il est préférable de l'acquérir par le fourrage frais (Handlos, 2018). La consommation alimentaire quotidienne est élevée (matière sèche = 5 % du poids vif, contre 2-3 % chez les bovins et ovins) (Cicogna, 2000). L'eau doit être fraîche et propre, renouvelée quotidiennement. Le cobaye en consomme entre 60 et 100 ml par jour (environ 8ml par 100 gr de poids par jour) (Cobaye-Aventure, 2010).

La température idéale de l'environnement est entre 20 et 22 °C et l'humidité idéale se trouve entre 40 et 70 %. Quand la température tombe en dessous des 15°C, les cobayes peuvent être logés à l'intérieur ou doivent être pourvus d'une source de chaleur sûre et appropriée (Anonyme, 2022).

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDES

La présente étude a été effectuée à Butembo, l'une de trois villes du Nord-Kivu située au Nord-Est de la République Démocratique du Congo. Sa circonscription urbaine est située entre 0°05' et 0°10' de latitude Nord et 29° 17' et 29°18' de longitude Est. Elle se trouve à 17 km au Nord de l'équateur. Elle est située à proximité de la dorsale occidentale du *Rift Albertin* au Nord-Ouest du lac Edouard (Sahani, 2012).

Butembo jouit d'un climat subtropical humide (*Afi*) tempéré par les montagnes (Kapiri et al., 2022; Vyakuno, 2006). La température moyenne oscille autour de 18°C, avec deux saisons des pluies, en mars-avril-mai et août-septembre-octobre-novembre, influencée par le passage de la zone de convergence intertropicale. Les deux saisons relativement sèches vont de juin à juillet et de janvier à février. La pluviométrie moyenne annuelle (1365 mm) dans la région est typique à la zone équatoriale étant donné que la contrée jouxte la forêt de cette zone (Sahani, 2012).

La végétation originelle de Butembo a disparu suite à l'action anthropique et a laissé place à des groupements rudéraux herbacés, adventices post-culturels et des espèces ligneuses exotiques (Mahamba et al., 2022). La région de Butembo est située dans une zone à vocation agropastorale et elle est caractérisée par une anthropisation accélérée. En plus du commerce, la population pratique en 90 % l'agriculture vivrière pour la subsistance (maïs, haricot, patate douce...) (Sahani et al., 2012). L'élevage est dominé par les petits ruminants (caprins et ovins), les porcs, les lapins, la volaille, les cobayes selon Vyakuno (2006) et Kapiri et al. (2022).

2.2 MATÉRIELS D'ÉTUDE

Les matériels qui ont été utilisés pendant la présente recherche sont les suivants:

- Un logiciel *KoboCollect* sous l'application *KoboToolbox* pour la collecte des données en utilisant un smartphone. Une fiche formulaire a été programmée sous cette application pour faciliter la collecte des données et éviter les erreurs;
- Le tableur Excel pour le traitement de données issues de l'application *KoboToolbox*;

2.3 MÉTHODOLOGIE DE RÉALISATION DU TRAVAIL

L'enquête par questionnaire et échantillonnage a été utilisée. La revue bibliographique a été montée grâce à la technique documentaire et a consisté à la consultation des documents relatifs au thème d'étude. La population d'étude était constituée des caviaculteurs de la ville de Butembo. L'échantillon a été réalisé selon la méthode probabiliste dite aléatoire simple. Elle suppose que les ménages sont choisis d'une manière aléatoire dans le but de donner la chance à chacun ménage de faire partie de l'échantillon. Les enquêtes ont concerné au total 60 ménages. Les enquêtés ont été choisis dans différents quartiers de la ville de Butembo. Le critère d'inclusion est la pratique de l'élevage des cobayes. Deux critères d'exclusion ont été définis notamment: 1) ne pas pratiquer l'élevage des cobayes et 2) refuser délibérément de participer à l'enquête.

L'enquête a comporté deux grandes sessions principalement:

- La session 1 concerne les paramètres sociodémographiques du ménage. Elle renseigne sur l'identité du chef de ménage, son âge, son sexe, son niveau d'instruction, sa profession et sa situation maritale de même que le revenu moyen mensuel du ménage de l'éleveur.
- La session 2 a été l'étape des questions proprement dites en vue de la caractérisation des systèmes de production des cobayes par les ménages ainsi que les contraintes de la production des cobayes.

Les données ont été collectées par enquêtes réalisées sur base d'un questionnaire préétabli. Les entretiens semi-structurés à l'aide du questionnaire d'enquête ont été encodés dans le logiciel *KoboCollect*.

L'enquête proprement dite a été précédée d'une préenquête réalisée par une descente sur terrain pour rencontrer les ménages éleveurs des cobayes. Cette prise de contact auprès de deux dizaines d'éleveurs a permis de valider le questionnaire d'enquête et déceler les difficultés y relatives. L'enquête a fait appel à la technique d'entretien. Néanmoins, des interviews libres ont été organisées pendant plusieurs minutes avec les éleveurs de cobayes qui voulaient en dire plus. L'enquête a été réalisée dans toutes les communes de la ville de Butembo (Vulamba, Kimemi, Mususa, Bulengera).

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Le traitement statistique des données a été effectué différemment selon qu'il s'agissait des données qualitatives ou des données quantitatives. Pour les premières, le calcul des pourcentages a été effectué. Le logiciel Microsoft Excel 2013 nous a servi pour la création de la base de données ainsi que le traitement des données. Pour les questions où l'enquêteur avait la possibilité de cocher une seule réponse, le pourcentage a été calculé par la formule:

$$\% = \frac{\text{Fréquence (ni)}}{\text{Effectif total (N)}} \times 100$$

En effet, la somme de pourcentages de modalités pour une question où l'enquêteur n'a la possibilité de cocher qu'une seule réponse vaut 100. A l'opposé, le pourcentage pour les questions où l'enquêteur pouvait cocher plusieurs réponses a été calculé par la formule:

$$\% = \frac{\text{Fréquence observée (F.O)}}{\text{Fréquence attendue (F.a)}} \times 100$$

Considérant les questions où l'enquêteur a la possibilité de cocher plusieurs réponses pour une même question, la somme de pourcentages de modalités d'une variable n'est pas égale à 100.

Concernant les données quantitatives, les paramètres statistiques de position et de dispersion ont été calculés : minimum, moyenne, maximum, écart-type et quartiles (premier quartile, deuxième quartile et troisième quartile). Les résultats ont été présentés sous formes de tableaux et des figures. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Excel 2013.

3 RÉSULTATS

3.1 PROFIL DES ÉLEVEURS DES COBAYES EN MILIEU DE BUTEMBO

Concernant le profil des éleveurs des cobayes en ville de Butembo comme repris dans le tableau 1, les enquêtes montrent que ce sont les femmes (66,7 %) qui s'occupent des cobayes plus que les hommes. Près de la moitié des éleveurs (45 %) sont âgés de moins de 30 ans. Le niveau d'études ne semble pas influencer l'adoption de l'élevage des cochons d'Inde: 11,7 % d'éleveurs ont fini l'école primaire (6 ans), ont 41,7 % d'éleveurs ont un niveau d'éducation secondaire (12 ans) contre 25,0 % ayant fréquenté l'université alors que 21,7 % sont juste des alphabétisés non formels. Les éleveurs sont des mariés (46,7 %), des célibataires (43,3 %) ou des veufs/veuves (10 %). Toutes les catégories socioprofessionnelles (agriculteur, commerçant, fonctionnaires publics et privés, etc.) pratiquent l'élevage des cobayes. En rapport avec l'ancienneté, 33,3 % des éleveurs ont plus de 10 ans l'élevage des cobayes.

Tableau 1. Caractéristiques des éleveurs de cobayes

Variables	Modalités	ni	%
Sexe	Féminin	40	66,7
	Masculin	20	33,3
Tranche d'âge (ans)	31-45	14	23,3
	18-30	27	45,0
	46-60	11	18,3
	61-75	5	8,3
	Supérieur à 75	3	5,0
Niveau d'éducation	Alphabétisés non formels	13	21,7
	Primaire	7	11,7
	Secondaire	25	41,7
	Universitaire	15	25,0
Etat civil	Célibataire	26	43,3
	Marié	28	46,7
	Veuf/Veuve	6	10,0
Profession	Agriculteurs	12	20,0
	Artisans	12	20,0
	Etudiants	9	15,0
	Commerçants	6	10,0
	Elèves	6	10,0
	Autres	4	6,7
	Médecins et infirmiers	4	6,7
	Fonctions libérales	3	5,0
	Couturiers	2	3,3
	Enseignants	2	3,3
	Moins d'un an	7	11,7
Ancienneté dans la caviaculture	1 à 2 ans	14	23,3
	2 à 5 ans	14	23,3
	6 à 10 ans	5	8,3
	10 et plus	20	33,3

3.2 ESPACES OCCUPES ET NOMBRE DES COBAYES DANS LES ÉLEVAGES

Pour une moyenne de 21 cobayes par élevage (avec des extrêmes de 2 et 150 têtes par élevage), les cobayes sont élevés sur les petites surfaces comme cela est repris dans le Tableau 2. Les enquêtes montrent que la majorité (78,3 %) élève les cobayes sur une superficie de 5 m² tandis que 16,7 % élèvent sur une superficie de 10 m² et 5 % sur une superficie de 15 m²).

Tableau 2. Nombre des cobayes dans les élevages

Paramètres statistiques	Nombre de têtes lors du démarrage	Nombre de têtes actuel	Nombre de femelles	Nombre de mâles
Minimum	1	2	1	1
Maximum	25	150	100	50
1er Quartile	2	8	6	2
Médiane	3	15	10	2
3ème Quartile	4	25	20	3
Moyenne	3 [IC 2-4]	21 [IC 14-27]	17 [IC 12-22]	4 [IC 2-5]
Ecart-type	3	24	19	6

IC= intervalle de confiance

3.3 RACES DE COBAYES ÉLEVÉS À BUTEMBO

L'enquête montre que 66,7 % d'éleveurs connaissent les races de cobayes qu'ils élèvent tandis que 33,33 % ne connaissent pas les races. Parmi ceux qui connaissent les races, 12,5 % affirment qu'ils élèvent des races locales alors que 87,5 % prétendent élever des races améliorées ou hybrides.

3.4 REPRODUCTION DES COBAYES EN VILLE DE BUTEMBO

Les éleveurs utilisent des géniteurs de cobayes provenant de trois sources: le marché (45 %), les élevages des voisins (41,7 %) et la donation par une personne tiers ou par les organisations (13,3 %). La reproduction ne semble pas poser de problèmes particuliers. En effet, la quasi-totalité des éleveurs (98,33 %) affirme que les cobayes se reproduisent facilement dans les élevages contre 1,67 % qui ont évoqué un problème de reproduction.

3.5 APPROCHE D'ALIMENTATION DES COBAYES EN MILIEU DE BUTEMBO

Tous les éleveurs interrogés utilisent les fourrages verts dans l'alimentation des cobayes. Outre les fourrages verts, 10 % des éleveurs appliquent une supplémentation à base des concentrés pour alimenter les cobayes notamment la farine de maïs et surtout les épluchures de patates douces, de pomme de terre, de bananes. Ces compléments sont riches en amidon et quelque peu en cellulose.

A. APPORT FOURRAGER

Les éleveurs ne diversifient pas les fourrages. Selon l'ordre d'importance, les espèces fourragères les plus citées par les éleveurs sont: *Pennisetum purpureum*, *Galisona ciliata*, feuilles de patate douce, *Bidens pilosa*, feuilles et spathes de maïs. Ces fourrages sont distribués 3 fois par jour (41,7 % des éleveurs), 2 fois par jour (53,3 % des éleveurs) et 1 fois par jour (5 % des éleveurs). La quantité de fourrages verts distribuée aux cobayes varie de 0,25 à 10 kg par repas avec une moyenne de $1,27 \pm 1,59$ kg. Brièvement, 75 % d'éleveurs distribuent moins de 2 kg des fourrages par repas par jour.

En ce qui concerne l'acquisition des fourrages, 58,33 % d'éleveurs les achètent au marché alors que 41,67 % les cherchent eux-mêmes dans les champs ou dans les jachères. Le prix d'achat des fourrages distribués journalièrement varie de 100 à 5000 francs avec une moyenne de $685,71 \pm 922,15$ francs congolais (Tableau 3). (1 dollar = 2500 francs congolais pendant la période de récolte des données).

Tableau 3. Quantité de concentrés distribués aux cobayes par semaine

Paramètres statistiques	Quantité (grammes)
Minimum	250
Maximum	6000
1er Quartile	275
Médiane	425
3ème Quartile	1625
Moyenne	1558,33
Ecart-type	2078,74

B. SUPPLEMENTATION EN BASE DE CONCENTRES

Les 10 % d'éleveurs qui pratiquent la supplémentation des ressources fourragères le font en recourant à quelques concentrés. Parmi ces éleveurs, l'enquête montre que 15 % utilisent des concentrés importés au prix environnant les 4000 francs congolais alors que 85 % d'entre eux recourent aux compléments alimentaires locaux. Pour ces 85 % d'éleveurs, le prix des concentrés au kilogramme varie entre 300 à 1500 francs congolais avec une moyenne de $933,33 \pm 508,81$ francs congolais selon la nature du mélange. Néanmoins, le tourteau palmiste reste le concentré le plus utilisé dans la supplémentation des cobayes dans les élevages en ville de Butembo (Fig. 1). Il est utilisé soit seul (33,3 % de cas), soit associé au maïs (16,7 % de cas) soit au maïs et au soja (16,7 % de cas). Le maïs est utilisé seul en 16,7 % ou associé au tourteau et au soja (16,7 %). Dans 16,7 % de cas, les éleveurs recourent au concentré importé (jubaili) pour supplémenter l'alimentation des lapins.

Selon la dimension de l'élevage (21 têtes en moyenne), les 10 % d'éleveurs qui supplémentent le fourrage avec des concentrés protéo-énergétiques donnent en moyenne 1558 grammes de concentrés mais il s'observe une très grande variabilité de la quantité distribuée en fonction de la dimension de l'élevage. En moyenne, la quantité distribuée par semaine par animal ne dépasse pas 75 grammes.

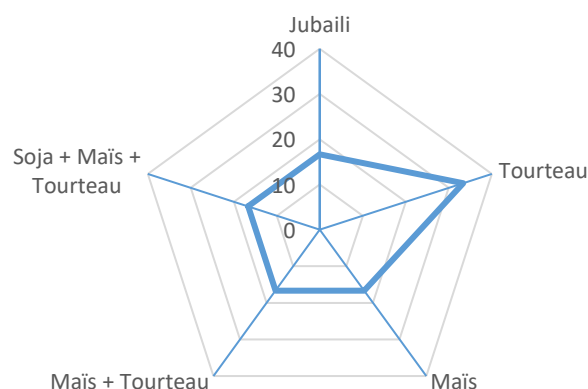


Fig. 1. Utilisation des concentrés dans l'alimentation des cobayes

3.6 SYSTÈME D'ÉLEVAGE DES COBAYES

Les enquêtes montrent que 56,7 % d'éleveurs ne disposent pas d'un bâtiment spécifique d'élevage contre 43,3 % d'éleveurs qui en ont. Les cobayes sont très généralement élevés au sol (76,7 %). Dans un premier système (46,7 % de cas), les cobayes sont élevés au niveau de la cuisine. Dans un second système (30 %), les cobayes sont élevés au sol dans un local spécifique. Dans un troisième système (23,3 %), les cobayes sont élevés en cages dans un local spécifique.

Les trois systèmes d'élevage présentent des similitudes et des dissimilitudes comme repris dans le

Tableau 5. Pour le système sur sol dans un local spécifique, les effectifs de cobayes sont élevés par rapport au système en cage et au système sur sol dans la cuisine. L'alimentation des cobayes dans le système sur sol dans la cuisine est basée presque exclusivement aux apports fourragers alors que dans les systèmes sur sol dans un local spécifique et dans les cages, les concentrés sont supplémentés aux fourrages.

Tableau 4. Caractéristiques des systèmes d'élevage de cobayes

Système sur sol dans la cuisine (46,7 %)	Système sur sol dans un local spécifique (30 %)	Systèmes en cages (23,3 %)
1. Superficie petite (< 5 m ²)	1. Superficie grande (jusqu'à 15 m ²)	1. Superficie petite (< 5 m ²)
2. Races locales parfois améliorées	2. Races locales et améliorées	2. Races locales et améliorées
3. Alimentation basée sur les herbes et résidus de la cuisine	3. Alimentation basée sur les herbes et application d'une supplémentation en concentrés	3. Alimentation basée sur les herbes et application d'une supplémentation en concentrés
4. Absence d'équipements (mangeoires, abreuvoirs, ...)	4. Utilisation limitée des d'équipements (abreuvoirs, mangeoires, ...)	4. Utilisation des équipements (abreuvoirs, mangeoires, ...)
5. L'eau de boisson n'est pas distribuée aux cobayes	5. Distribution limitée de l'eau de boisson	5. Distribution régulière de l'eau de boisson
6. Les géniteurs proviennent des marchés, des éleveurs voisins et de la donation par un tiers	6. Les géniteurs proviennent des marchés, des éleveurs voisins et de la donation par un tiers	6. Les géniteurs proviennent des marchés, des éleveurs voisins et de la donation par un tiers
7. Nombre de têtes de cobayes : entre 2 et 60 avec une moyenne de 15	7. Nombre de têtes de cobayes : entre 0 et 150 avec une moyenne de 28	7. Nombre de têtes de cobayes : entre 4 et 70 avec une moyenne de 20
8. Nombre moyen de femelles : 12	8. Nombre moyen de femelles : 23	8. Nombre moyen de femelles : 17
9. Nombre moyen de mâles : 3	9. Nombre moyen de mâles : 5	9. Nombre moyen de mâles : 4
10. Sexe ratio : ~4	10. Sexe ratio : ~5	10. Sexe ratio : ~4
11. Une proportion importante de la production entre dans l'autoconsommation dans le ménage.	11. Une proportion importante de la production entre dans la vente au marché.	11. Une proportion importante de la production entre dans la vente au marché.
12. Formation limitée en techniques d'élevage	12. Eleveurs sont formés en techniques d'élevage	12. Eleveurs sont formés en techniques d'élevage
13. Gestion de l'élevage faite par les enfants et les femmes	13. Implication des hommes dans la gestion de l'élevage	13. Implication des hommes dans la gestion de l'élevage

Parmi les éleveurs qui disposent d'un local spécifique pour l'élevage, 55,6 % mettent la litière au niveau du sol contre 44,4 % qui n'en mettent pas. Les enquêtes montrent que 64,3 % des éleveurs qui utilisent le système des cages possèdent des accessoires (abreuvoirs, mangeoires,...) tandis que 35,7 % n'en possèdent pas. En somme, seuls 25,43 % d'éleveurs distribuent régulièrement de l'eau de boisson aux cobayes lors des repas contre 74,57 % des éleveurs qui ne distribuent pas d'eau.

Une petite frange des éleveurs interrogés (13,3 %) affirme avoir bénéficié d'un encadrement ou d'un accompagnement technique de la part d'une association ou d'une organisation tierce.

3.7 CONTRAINTES DE PRODUCTION DES COBAYES

Les contraintes majeures de la production des cobayes dans la ville de Butembo sont présentées dans la figure 2. Il s'agit principalement de la mortalité juvénile (28,3 %), de la promiscuité (26,7 %), de l'alimentation inadaptée (20,0 %) et des maladies (16,7 %).

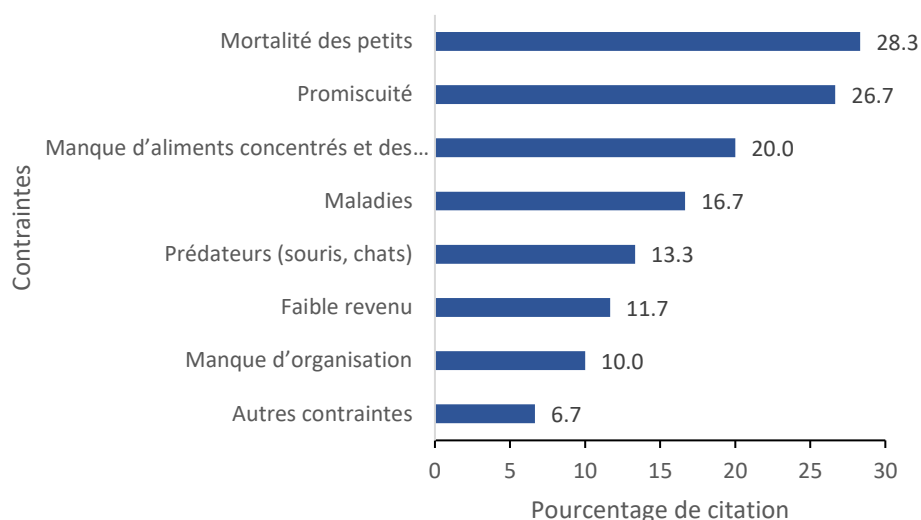


Fig. 2. Contraintes de la production des cobayes

Il ressort de la Fig. 2 qu'au niveau de la production, la mortalité des petits est la contrainte la plus citée par les éleveurs. Celle-ci est suivie par la promiscuité, le manque d'aliments concentrés et des fourrages et les maladies. Pour réduire la mortalité, les éleveurs mettent la litière sur le sol, chauffent suffisamment le local d'élevage et évitent tout contact des jeunes cobayes avec l'eau.

Au niveau de la commercialisation, les éleveurs ont mentionné deux contraintes notamment la fluctuation du prix des cobayes sur le marché (65,63 %) et le faible engagement de l'Etat et ses partenaires nationaux et internationaux dans l'accompagnement et la structuration du marché des cobayes (34,38 %).

3.8 MALADIES RAPPORTEES PAR LES ÉLEVEURS DES COBAYES EN VILLE DE BUTEMBO

Les résultats montrent que 38,3 % des éleveurs rapportent des cas de maladies des cobayes dans les élevages. Comme rapportées dans la figure 3, les maladies les plus rencontrées sont la diarrhée, la toux, la perte de poils et la gale. Les éleveurs soignent eux-mêmes les maladies (69,6 %) ou recourent à un vétérinaire (30,4 %).

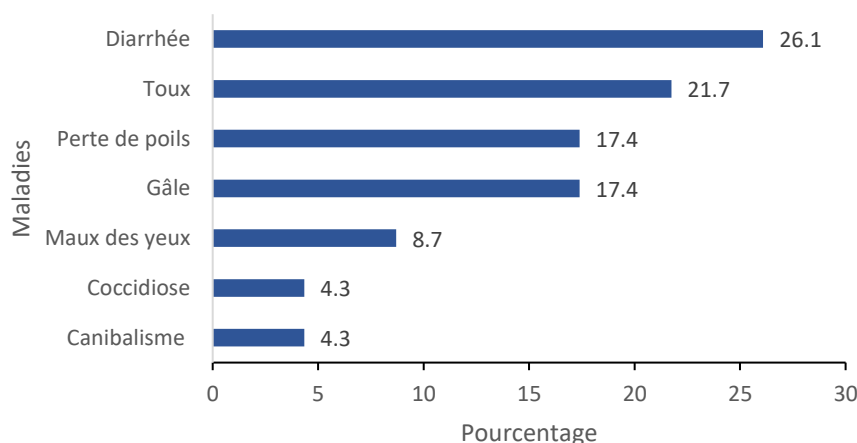


Fig. 3. Principales maladies de cobayes rapportées dans les élevages en ville de Butembo

4 DISCUSSIONS

En fonction la destination finale de la production, les trois types d'élevages peuvent être regroupés en deux : l'élevage familial (élevage sur sol dans la cuisine) et l'élevage commercial qui englobe l'élevage sur sol dans un local spécifique et l'élevage en cages. Les études antérieures parlent également de deux types d'élevage de cobayes pratiqués dans les pays en développement : l'élevage familial

(Cicogna, 2000; Kouadio et al., 2020; Kouakou et al., 2015; Metre et al., 2019; Sikiminywa et al., 2013; Umba et al., 2017b) et l'élevage commercial (Buisson, 2019; Cicogna, 2000; Sikiminywa et al., 2013).

Le premier système d'élevage en ville de Butembo est l'élevage familial. L'effectif des cobayes par ménage dans ce système varie de 2 à 60 avec une moyenne de 15 animaux. La sélection des races y est limitée. L'alimentation est basée presque exclusivement sur l'apport des herbes et les résidus de la cuisine. Avec l'absence de gestion par l'éleveur et d'appui extérieur en termes de formation en techniques d'élevage modernes, la productivité est faible dans l'élevage familial. Ce sont les femmes et les enfants qui s'occupent de la gestion de l'élevage. L'élevage familial était caractérisé par une absence de gestion par l'éleveur. En Côte d'Ivoire, Kouakou et al. (2015) et Kouadio et al. (2020) ont trouvé des résultats similaires à ceux de notre étude. Ceux-ci montrent que la caviaculture pratiquée en zones urbaine et rurale ivoiriennes sous forme traditionnelle souffre d'un manque de suivi et de technicité, car menée essentiellement par les enfants et les adolescents sans formation préalable (Kouadio et al., 2020; Kouakou et al., 2015).

Plus de 80 % des éleveurs de Butembo ne bénéficient pas d'un encadrement ou d'un accompagnement technique de la part d'une association ou d'une organisation tierce. Cette situation est similaire à celle observée dans la province du Sud-Kivu où Metre et al. (2019) ont constaté qu'aucun service n'encadre les caviaculteurs dans l'exercice de cet élevage, les laissant sans défense face aux différentes contraintes.

Une grande partie de la production est destinée à la consommation familiale. Sikiminywa et al. (2013) avait déjà montré que l'élevage de cobayes est essentiellement de type familial dans la ville de Butembo et est pratiqué par les femmes et les enfants. Dans la province du Sud-Kivu, Metre et al. (2019) ont trouvé que l'élevage familial des cobayes est caractérisé par des exploitations privées n'utilisant que la main d'œuvre familiale. Ces cobayes sont élevés en liberté au sol dans le but de produire des animaux destinés à la vente et à l'alimentation de la famille de l'éleveur. Selon Cicogna (2000), l'élevage familial qui comprend 15-30 animaux gérés par des enfants ou des femmes est un élevage empirique, sans véritable gestion et qui sort de tout programme de vulgarisation et d'appui. Une étude similaire effectuée en Côte d'Ivoire a trouvé que les effectifs des cobayes dans les élevages varient de 2 à 60 cobayes avec un effectif moyen de $9 \pm 7,4$ cobayes (Kouakou et al., 2015). Cette distribution des effectifs de cobayes dans les élevages ivoiriens est largement similaire à celle observée dans les élevages familiaux de la ville de Butembo. L'effectif moyen dans chaque ménage est d'environ 17 têtes (Metre et al., 2019). Ces caractéristiques sont similaires à celles que nous avons observées pour l'élevage familial de la ville de Butembo.

La présente enquête montre que dans le système d'élevage familial, les éleveurs utilisent presque exclusivement les herbes et les déchets de cuisine pour alimenter les cobayes. Cicogna (2000) a trouvé également que dans les élevages familiaux, les cobayes sont habituellement nourris uniquement avec des fourrages (choux, feuilles de maïs ou de canne à sucre, carottes) et les déchets de cuisine pour des raisons économiques. Sikiminywa et al. (2013) avaient déjà rapporté que l'alimentation du cobaye en ville de Butembo est essentiellement basée sur l'herbe. Ces auteurs ajoutent que cette alimentation est adaptable à une large gamme de produits, sous-produits et déchets ménagers. Outre les herbes, les résultats de la présente enquête montrent que 10 % d'éleveurs apportent des compléments en termes de concentrés. Cette observation est similaire à celle rapportée par Sikiminywa et al. (2013) qui indiquent qu'une alimentation mixte fourrage-aliment de complément est envisageable dans certains élevages de la ville de Butembo.

La façon dont les cobayes sont alimentés en ville de Butembo est similaire à celle observée dans les élevages de la province du Sud-Kivu où Metre et al. (2019) ont constaté que dans 96,2 % des cas, le complément alimentaire et l'eau d'abreuvement ne sont pas fournis. Dans les trois zones agroécologiques de la Côte d'Ivoire, Kouadio et al. (2020) ont trouvé que dans les systèmes d'élevage familiaux de cobaye, l'aliment de base est à 80 % le fourrage. Cicogna (2000) suggère des fourrages de qualité avec des concentrés alimentaires étant donné qu'en élevage commercial on recherche des performances élevées.

Dans les élevages familiaux de la ville de Butembo, nombreuses contraintes entraînent la faible productivité (mortalité, promiscuité, manque de concentrés, maladies, prédateurs, faible revenu, manque d'organisation,...). Les maladies les plus observées sont la diarrhée, la toux, la perte de poils, la gale, les maux des yeux, la coccidiose et le cannibalisme. Ces résultats recoupent ceux de Sikiminywa et al. (2013) qui ont constaté que les élevages familiaux se trouvent bien souvent confrontés au problème de forte mortalité des animaux qui présentent des signes cliniques de larmolement, de conjonctivite et de dyspnée. Au niveau de la province du Sud-Kivu, Metre et al. (2019) ont également constaté que le système d'élevage familial de cobayes ne permet pas aux éleveurs de bien lutter contre les maladies et les prédateurs qui constituent les principales contraintes auxquelles ces élevages font face. Sikiminywa et al., (2013) pensent que la prévalence des maladies augmente à côté d'une reproduction anarchique qui conduit à une forte consanguinité dans les élevages familiaux de cobayes où sont mélangés des animaux de différents âges et sexes.

Au final, les systèmes familiaux d'élevage des cobayes en ville de Butembo se caractérisent par la prédation humaine et la sélection à rebours où les animaux mâles et femelles les plus lourds sont souvent vendus ou mangés (Sikiminywa et al., 2013) comme cela fut observé par Cicogna (2000). *In fine*, le système d'élevage de cobayes de la ville de Butembo est traditionnel et est similaire à celui pratiqué dans d'autres provinces de la République du Congo (Sud-Kivu, Katanga, Kinshasa...) (Kampemba et al., 2020; Umba et al., 2017b) et dans les pays en développement comme le Cameroun (Fotso et al., 1995), la Côte d'Ivoire (Kouadio et al., 2020; Kouakou et al., 2015) et le Bénin (Faihun et al., 2017).

A propos de l'élevage commercial effectué dans des cages ou sur sol dans des locaux d'élevage spécifiquement aménagés tel que constaté lors des enquêtes, Sikiminywa et al. (2013) eux aussi ont trouvé que certains éleveurs de la ville de Butembo utilisent des cages

qu'ils placent dans des locaux isolés des logements humains. C'est dans la même logique que Fotso et al. (1995) a rapporté que, mieux que les élevages familiaux, les élevages commerciaux des cobayes sont basés sur les pratiques élaborées de production animale notamment la régularité des pesées, la reproduction et de sevrage contrôlés et sélection des géniteurs et des animaux d'élevage. En même temps, Cicogna (2000) révèle que des effectifs élevés des cobayes caractérisent les élevages commerciaux. En effet, dans les élevages commerciaux en ville de Butembo, les effectifs vont jusque 150 pour les élevages commerciaux alors qu'ils dépassent rarement 60 dans les élevages familiaux même si on observe une grande variabilité pour ce paramètre.

Contrairement au système familial, l'élevage commercial en ville de Butembo est caractérisé par l'implication des hommes dans la gestion. C'est comme au Bénin où Faihun et al. (2017) ont constaté que les élevages de cobayes avec les plus gros effectifs sont détenus par les hommes.

5 CONCLUSION

La caviaculture en ville de Butembo est pratiquée par toutes les couches de la société sans distinction de genre, d'âge, d'état civil, de niveau d'instruction ou de profession. Bien que présentant des avantages nutritionnels, économiques et sociaux importants, les pratiques actuelles dans les élevages traditionnels souffrent d'un manque de suivi et de technicité car menées essentiellement par les enfants et les jeunes sans formation préalable. L'élevage du cobaye se caractérise essentiellement par une faible productivité des élevages due à des nombreuses contraintes dont la mortalité des animaux, la recrudescence des maladies, la mauvaise gestion, l'alimentation non équilibrée, l'absence de formation ou d'encadrement des éleveurs etc. Ces difficultés pourront être levées par un meilleur encadrement des éleveurs et la mise à leur disposition des géniteurs de qualité par les services étatiques attirés de même que faciliter l'accès aux matériels adaptés.

REFERENCES

- [1] Anonyme. (2022). Le cobaye ou cochon d'inde *Cavia porcellus*. *Info Fiches Bien-Être Animal*, 1–12.
- [2] Buisson, M. (2019). Connaissances actuelles en dermatologie du cobaye et illustrations par quelques cas cliniques. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard-Lyon I, 176 p.
- [3] Cicogna, M. (2000). *Guide technique d'élevage n°4 sur les cobayes*. Bureau d'Echange et de Distribution de l'Information sur le Mini Elevage (BEDIM). Série Information et Documentation. 18 pages.
- [4] Cobaye-Aventure. (2010). Petit guide du cochon d'Inde à l'usage des débutants. 1–8.
- [5] Faihun, A. M. L., Akouedegni, C. G., Olounlade, P. A., Adenile, D. A., & Hounzangbe-Adote, S. M. (2017). Typologie des élevages de cobayes (*Cavia porcellus*) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (2), 556. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.3>.
- [6] Fotso, J.-M., Ngoupayou, N. J. D. & Kouonmenioc J. (1995). Performances expérimentales des cobayes élevés pour la viande au Camerou. *Cahiers d'Agriculture*, 4, 65–69.
- [7] Fuss, S. (2002). *Physiologie et pathologie digestives du cobaye domestique Cavia porcellus*. Thèse de doctorat, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 212 p.
- [8] Gibon, A., Sibbald, A. R., Flamant, J. C., Lhoste, P., Revilla, R., Rubino, R. & Sørensen, J. T. (1999). Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science*, 61 (2–3), 121–137. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00062-7).
- [9] Handlos, M. (2018). Manuel pour les agents de santé animale communautaires : L'élevage de lapins et de cobayes pour la production de viande dans des petits exploitations en République démocratique du Congo. Nairobi, Kenya : Institut International de Recherche sur l'Elevage, 50 p.
- [10] Kampemba, M., Bilolwa, B., Ntemunyi, N., & Mwangomb, K. (2020). Caractérisation de la reproduction des cobayes locaux (*Cavia porcellus* L.) élevés à Kipushi et Lubumbashi (RDC). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 43.2 (2), 7415–7427. <https://doi.org/10.35759/janmplsci.v43-2.2>.
- [11] Kapiri, M.M., Muhesi K.E., Mbafumoya K.F., Nzenda P.G., Saambili M.J. & Musivirwa P.J.-P. (2022). Perceptions des agriculteurs sur la culture de chia (*Salvia hispanica* L.) en ville de Butembo: Essai d'application du modèle de régression logistique, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 36 (2), 468–492.
- [12] Kouadio, K. P., Yao, N. A., Ayagirwe, B. R., Yéo, G. J., Soro, Y. R., & Fantodji, A. (2020). Caractérisation des systèmes d'élevage de cobaye (*Cavia porcellus* L., 1875) dans trois zones agroécologiques de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (2), 513–527. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.17>.
- [13] Kouakou, N., Angbo-Kouakou, C., Assidjo, N., & Grongnet, J. (2015). Stratégies incitatives à la pratique de l'élevage des cobayes (*Cavia porcellus* L.) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (2), 664. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.8>.
- [14] Lacetera, P. & Virimumbalo, J. (2011). Projet LUVUPEL. Projet de lutte contre la vulnérabilité par le petit élevage (République Démocratique du Congo). Evaluation à mi-parcours. Rapport final, 104 pages.

- [15] Mahamba, J. A., Mulondi, G. K., Kapiri, M. M., & Sahani, W. M. (2022). Land Use and Land Cover Dynamics in the Urban Watershed of Kimemi River (Butembo/D.R.C). *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 10 (06), 204–219. <https://doi.org/10.4236/gep.2022.106013>.
- [16] Metre, T. K., Mugumaarhahama, Y., Mutwedu, V. B., Ayagirwe, B., & Umba, J. M. (2019). Production des cobayes comme animal de boucherie en zones post-conflit du Sud-Kivu, Est de la RD Congo. *J.Anim.Plant Sci.*, 40 (1), 6554–6572.
- [17] Niba, A. T., Kudi, A. C., Tchoumboue, J., Zoli, A. A., Fonteh, F. A., & Komtangi, M.-C. (2004). Influence of birth weight and litter on the preweaning growth performance and survival of guinea pigs (*Cavia porcellus*) L. In *Cameroon Academy of Sciences* (Vol. 4, Issue 1).
- [18] Niba, A. T., Meutchieye, F., Fon, D., Laisin, A. G., Taboh, H., Njakoi, H., Bela Tomo, A., Maass, B. L., Djikeng, A., & Manjeli, Y. (2012). Current situation of cavy production in Cameroon: Challenges and opportunities. *Livestock Research for Rural Development*, 24 (11), 1–7.
- [19] Noubbissi, M.N.B., Tendonkeng, F., Zougou T. G., Miéguoué E., Lemoufouet J., Boukila, B. et Pamo Etienne T. (2013): Effet de la complémentation au *Tithonia diversifolia* sur l'évolution du poids post-partum et la croissance pré-sevrage des cobayes (*Cavia porcellus* L.). *Livestock Research for Rural Development*, 25 (8), Article #145, 1–10.
- [20] Noubbissi, M. N. B., Tendonkeng, F., Zougou, T. G., & Tedonkeng Pamo, E. (2014). Effet de différents niveaux de supplémentation de feuilles de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray sur l'ingestion et la digestibilité in vivo de *Pennisetum purpureum* K. Schum. chez le cobaye (*Cavia porcellus* L). *Tropicultura*, 32 (3), 138–146.
- [21] Pigière, F., van Neer, W., Ansieau, C., & Denis, M. (2012). New archaeozoological evidence for the introduction of the guinea pig to Europe. *Journal of Archaeological Science*, 39 (4), 1020–1024. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.11.021>
- [22] Sahani, M. (2012). Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de Butembo (Nord-Kivu/RDC), Inédit, Thèse., Université de Liège.
- [23] Sahani, M., Moeyersons, J., Vandecasteele, I., Trefois, P., & Ozer, P. (2012). Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957 à 2010. *Geo-Eco-Trop : Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Ecologie Tropicales*, 36 (1), 121–136. <http://hdl.handle.net/2268/156133>.
- [24] Sikiminywa, K., Godeau, J., & Nyongombe, U. (2013). Elevage de cobaye (*Cavia porcellus*, L.1758) de boucherie à Butembo, République Démocratique du Congo: Analyse bibliographique et schéma de sélection. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 11 (2), 75–83.
- [25] Spotorno, A. E., Marín, J. C., Manríquez, G., Valladares, J. P., Rico, E., & Rivas, C. (2006). Ancient and modern steps during the domestication of guinea pigs (*Cavia porcellus* L.). *Journal of Zoology*, 270 (1), 57–62. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00117.x>.
- [26] Turk, M. (2020). *Parasitisme digestif chez le cochon d'Inde: enquête épidémiologique et coproscopie*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale vétérinaire d'Alfort, 142 p.
- [27] Umba, J.M., Kashala, J. K., Khand'Mate, F. A., Ipungu, R. L. N., & Khasa, A. et D. P. (2017a). Étude expérimentale sur la reproduction chez le cobaye (*Cavia porcellus*) élevé en zone périphérique de Kinshasa, R D Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 117 (1), 11730. <https://doi.org/10.4314/jab.v117i1.9>.
- [28] Umba, J. M., Kashala, J. K., Lunumbi, J. B. O., Atangana, A., & Khasa, D. (2017b). Variation phénotypique des traits quantitatifs de *Cavia porcellus* : une première étape vers l'amélioration de l'espèce en RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 117 (1), 11720. <https://doi.org/10.4314/jab.v117i1.8>.
- [29] Vyakuno, K. (2006). Pression anthropique et aménagement rationnel des hautes terres de Lubero en R.D.C. Rapports entre société et milieu physique dans une montagne équatoriale. Tome I et II. Université de Toulouse II-Le Mirail (France).

Impact de la fréquence des traitements phytosanitaires sur les dégâts de *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) sur le maïs à l'Ouest du Burkina Faso

[Impact of the frequency of phytosanitary treatments on the damage of *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on corn in western Burkina Faso]

Aboul Gani Diao¹, Issoufou Ouedraogo², Omer Aimé Sacamba Hema¹, and Antoine Sanon²

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Station de Farako-Bâ, Laboratoire d'Entomologie, 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Université Joseph Ki-Zerbo, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, 06 BP 9499 Ouagadougou 06, 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: With the aim of contributing to the protection of corn against the larvae of *Spodoptera frugiperda* JE Smith in Burkina Faso, we evaluated the effectiveness of four phytosanitary treatments based on chemical insecticides for the protection of corn plants. The experimental setup is a Fisher block comprising 04 repetitions and 7 treatments. Our study showed a significant effect of the number of insecticide treatments on the infestation rate, larval density but also the severity of damage caused to plants. However, the number of insecticide treatments evaluated in this study did not have a significant effect on yield ($P > F = 0.531$). The average yield of the plants was statistically identical when the plants were protected seven, three and two times with synthetic insecticides based on Emamectin benzoate and Flubendiamide + Thiacloprid. Furthermore, the yield analysis also does not show any difference between untreated plots and plots having received synthetic insecticide applications. It appears from this study that high numbers of insecticide treatments do not necessarily lead to an increase in yield. In areas heavily affected by the pest, three insecticide applications based on approved synthetic insecticides can be used against *S. frugiperda* damage.

KEYWORDS: Number of treatments, insecticides, yield, Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, maize, Burkina Faso.

RESUME: Dans l'objectif de contribuer à la protection du maïs contre les larves de *Spodoptera frugiperda* JE Smith au Burkina Faso, nous avons évalué l'efficacité de quatre traitements phytosanitaires à base d'insecticides chimiques pour la protection des plantes de maïs. Le dispositif d'expérimentation est un bloc de Fisher comportant 04 répétitions et 7 traitements. Notre étude a permis de montrer un effet significatif du nombre de traitements insecticides sur le taux d'infestation, la densité larvaire mais aussi la sévérité des dégâts causée aux plantes. Cependant, le nombre de traitements insecticides évalué dans cette étude n'a pas eu d'effet significatif sur le rendement ($P > F = 0,531$). Le rendement moyen des plantes ont été statistiques identique lorsque les plantes étaient protégées à sept, trois et deux fois avec des insecticides synthétiques à base d'Emamectine benzoate et de Flubendiamide + Thiaclopride. De plus l'analyse du rendement ne montre pas également de différence entre les parcelles non traitée et les parcelles ayant reçu des applications insecticides synthétiques. Il ressort de cette étude que les nombres de traitements insecticides élevé n'entraîne pas forcément une augmentation du rendement. Dans les zones fortement touchées par le ravageur, trois applications insecticides à base d'insecticides synthétiques homologués peuvent être utilisé contre les dégâts de *S. frugiperda*.

MOTS-CLEFS: nombre de traitement, insecticides, rendement, Chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda*, maïs, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Signalée pour la première fois en Afrique en début 2016 [1], [2], *Spodoptera frugiperda* JE Smith (Lepidoptera: Noctuidae) est devenu un ravageur majeur pour la culture du maïs au Burkina Faso [3]. Face à cette situation, les applications des insecticides chimique ont été la principale méthode de lutte recommandées par le gouvernement comme méthode de lutte contre l'invasion des larves de *S. frugiperda* au Burkina Faso [3]. Cependant, le succès de la lutte chimique en milieu rural fait face à de nombreux problèmes en raison des méthodes d'application spontanée et souvent peu conventionnelles [4]. L'une des principales conséquences de lutte chimique est l'augmentation du nombre de traitements insecticides avec des doses de traitements de plus en plus croissante [5]. Ce qui contribue à l'apparition de cas de résistance chez les ravageurs [5]. Pour que la lutte chimique soit optimale, elle doit être appliquée lorsque les larves sont petites, suivant les seuils de nuisibilité économiques avec des interventions phytosanitaires régulières et bien définis [6], [7], [8], [4].

En outre, l'efficacité des insecticides appliqués à certains stades de croissance de la plante contre la chenille légionnaire d'automne a été signalée comme étant efficace que si le nombre de traitements insecticides est adapté à la dynamique du ravageur dans la zone [4], [9], [10]. A cet effet les auteurs [11], ont rapporté dans leurs travaux que le pique d'abondance des attaques de la chenilles légionnaire en saison des pluies se situe entre 21 et 28 jours après semis (JAS). Nous pensons alors, que les interventions phytosanitaires à base d'insecticides chimiques pendant les moments d'abondance du ravageur pourraient contribuer à réduire les nombres de traitements insecticides d'une part [7], [11] et d'autre part contribuer à l'amélioration des rendements du maïs au Burkina Faso. Cependant, le nombre optimal de traitements insecticides ainsi que les périodes d'applications de ces insecticides, pour le contrôle des dégâts de la chenille légionnaire sont toujours méconnus au Burkina Faso. C'est dans ce contexte, qu'il nous est apparu indispensable d'évaluer l'efficacité d'un certain nombre de traitements insecticides axés sur la période d'application des insecticides dans une perspective de lutte intégrée contre le ravageur dans les exploitations maïsicoles. L'objectif de cette étude est d'évaluer la performance du nombre de traitements insecticides à base d'insecticides chimiques, dans une perspective de lutte intégrée contre *S. frugiperda*.

2 MATÉRIEL & MÉTHODES

Cette étude a été réalisée sur les sites d'expérimentations de l'INERA DRREA/O situé à Farako-Bâ. Elle a été conduite durant les campagnes d'hivernage 2021 et 2022.

2.1 MATÉRIEL INSECTICIDE

Pour cette étude, deux insecticides homologués à base d'Emamectine benzoate et Flubendiamide + Thiaclopride ont été choisis :

L'Emamectine benzoate ($C_{56}H_{81}NO_{15}$), est un insecticide chimique dérivé de la molécule d'avermectine. Il est classé comme un insecticide systémique, agissant comme un inhibiteur des canaux chlorure dépendants de l'acide gamma-aminobutyrique. Ce qui provoque une perturbation de l'influx nerveux et une paralysie rapide chez une gamme d'espèces de lépidoptères [12], [13]. Cette molécule a été recommandée dans la lutte contre la Chenille légionnaire d'automne à la dose de 250 g/ha (Csp, 2018). Le Flubendiamide + Thiaclopride est un insecticide chimique à large spectre [14]. Il est largement utilisé (150 ml/ha) pour le contrôle des lépidoptères ravageur tel que *S. frugiperda*. Le Flubendiamide ($C_{23}H_{22}F_7IN_2O_4S$) appartient à la classe des insecticides Diamides et présente une excellente activité larvicide par contact et par ingestion contre de nombreux ravageurs des lépidoptères [15]. Le Thiaclopride ($C_{10}H_9ClN_4S$) est une classe d'insecticides à mode d'action systémique utilisé dans les cultures pour lutter contre les insectes suceurs et broyeur [15].

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental était composé de blocs de Fisher à quatre répétitions et sept traitements (Tableau 1). La superficie de l'essai était de 1044,48 m² (51,6 m * 20,4 m). Les traitements consignés dans le Tableau 1 ci-dessous, ont été appliqués. Le choix des périodes d'application insecticide a été motivé par les périodes d'abondance du ravageur dans un environnement non traité aux insecticides [11].

Tableau 1. Traitements insecticides appliqués aux plantes et leurs fréquences d'applications à partir du 14 JAS à 56 JAS

Traitements	Matière active et calendrier	Nombre d'application
T0	aucun traitement insecticide	00
T1	Emamectine benzoate, une fois par semaine	07
T2	Flubendiamide + Thiaclopride, une fois par semaine	
T3	Emamectine benzoate, appliqué 14-30-50 JAS	03
T4	Flubendiamide + Thiaclopride, appliqué 14-30-50 JAS	
T5	Emamectine benzoate, appliqué 30-50 JAS	02
T6	Flubendiamide + Thiaclopride, appliqué 30-50 JAS	

2.3 PARAMÈTRES D'OBSERVATION

2.3.1 TAUX DE PLANTES ATTAQUÉES

Les observations entomologiques ont débuté à partir du 14^{ème} JAS. Ils ont été réalisées une fois par semaine. A ces différentes dates, les plantes présentant de nouveaux symptômes d'infestation de la chenille légionnaire d'automne [16] ont été dénombrées et matérialisées à l'aide d'un fil de laine rouge. Le Taux de plantes attaquées (PI) a été calculé sur la base de l'équation 01 ci-dessous; où Pi est le nombre de plants attaqués par les larves de *S. frugiperda* et Pt le nombre total de plants dans l'essai et exprimé en pourcentage.

$$\text{Taux d'infestations des plants (\% PI)} = \frac{Pi \times 100}{Pt} \quad (\text{Equation 01})$$

2.3.2 DENSITÉ LARVAIRE

Les larves vivantes ont été dénombrées sur les 06 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. Le comptage des larves a été réalisé à 14-28-42 et 56 JAS.

2.3.3 SÉVÉRITÉ DES DÉGÂTS

La sévérité des dégâts foliaires a été évaluée à 14-28-42 et 56 JAS. Elle a été observée sur les plantes des 04 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. Les niveaux de dégâts (SD) causés aux plantes ont été évalués conformément à l'échelle de sévérité proposé par les auteurs de la référence [17]. Elle a été calculée en appliquant l'équation 02 ci-dessous où Pi est le score de dommages de la plante et Pt le nombre de plantes totales évaluées.

$$\text{Sévérité moyenne des dégâts (SD)} = \sum Pi / Pt \quad (\text{Equation 02})$$

2.3.4 SEVERITE DES DEGATS SUR LES ÉPIS ET RENDEMENT

Les niveaux de dégâts causés aux épis ont été évalués sur les 04 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire après la récolte. Les épis attaqués ont été identifiés et un score de dommage a été attribué en fonction de l'intensité des dégâts observés sur les épis suivant l'échelle de [18]. Le rendement a été évalué sur les 04 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel d'analyse statistique XLstat version 2016. Le taux de plantes attaquées, la densité larvaire, les niveaux de dégâts et ainsi que les paramètres du rendement ont été évalués par un test « t » à un intervalle de confiance de 95%. La séparation des moyennes des variables a été effectuée au moyen d'un test de différence de Tukey (Tukey HSD) à un intervalle de confiance de 95%. Les différences dans les scores de dégâts ont été évaluées sur la base des scores attribués.

3 RÉSULTATS

3.1 TAUX DE PLANTS DE MAÏS ATTAQUÉES

L'analyse du Tableau 2 nous montre une différence significative entre les nombres de traitements insecticides évalués ($Pr > F = 0,0001$). D'une manière générale, les parcelles ayant reçus des applications insecticides chimiques, ont présenté moins de plantes attaquées comparativement aux parcelles non traitées. Nous constatons que le taux de plantes attaquées baisse au fur et à mesure que le nombre de traitements insecticides augmente. L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les parcelles traitées une fois par semaine. Ces parcelles ont présenté les plus faibles taux de plantes attaquées (68,17% et 61,22%) respectivement pour les parcelles traitées avec Emamectine benzoate, et Flubendiamide + Thiaclopride. Les parcelles ayant reçu trois traitements insecticides à base d'Emamectine benzoate et de Flubendiamide + Thiaclopride à 14-30-50 JAS ont montré une différence significative entre les traitements. On remarque, que les applications insecticides à base de Flubendiamide + Thiaclopride à 14-30-50 JAS ont montré moins de plantes attaquées (71,74%) que les parcelles ayant reçu le même nombre d'application insecticide avec Emamectine benzoate (84,61%). En ce qui concerne les applications insecticides à 30 et 50 JAS, l'analyse statistique (Tableau 2) nous révèle un taux de plantes attaquées élevé au sein de parcelles traitées avec Emamectine benzoate (95,82%) comparativement à celle ayant été traitées avec Flubendiamide + Thiaclopride (92,19%). Globalement, les résultats du Tableau 2 ne montre pas de différence significative entre les parcelles témoins non traitées et les parcelles traitées à 30 et 50 JAS avec les deux insecticides chimiques évaluées. De plus les traitements Flubendiamide + Thiaclopride à 14-30-50 JAS ont montré une efficacité similaire avec les parcelles traitées une fois par semaines (07

traitements) avec Emamectine benzoates ou Flubendiamide + Thiaclopride. Emamectine benzoate appliqué a 14-30-50 JAS a montré une efficacité intermédiaire à protéger les plantes contre les infestations de *S. frugiperda* comparativement aux parcelles témoin non traitées et les parcelles traitées 30-50 JAS.

Tableau 2. Evolution du taux moyen de plantes attaquées

Périodes de de traitement	Taux moyen (%) de plantes attaquées (Moyenne $\pm$ ES)
Témoin non traité	99,25 $\pm$ 3,73 a
Emamectine benzoate 1 fois/semaine	68,17 $\pm$ 3,73 c
Flubendiamide + Thiaclopride 1 fois/semaine	61,21 $\pm$ 3,73 c
Emamectine benzoate 14-30-50 JAS	84,61 $\pm$ 3,73 b
Flubendiamide + Thiaclopride 14-30-50 JAS	71,74 $\pm$ 3,73 c
Emamectine benzoate 30-50 JAS	95,82 $\pm$ 3,73 a
Flubendiamide + Thiaclopride 30-50 JAS	92,19 $\pm$ 3,73 ab

ES = Erreur Standard. Les moyennes $\pm$ ES affectées par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes.

3.2 DENSITÉ LARVAIRE

D'une manière générale, tous les traitements à base d'insecticide chimique ont permis une réduction significative de la densité larvaire de *S. frugiperda* comparativement aux parcelles qui n'ont reçues aucun traitement insecticides ($Pr > F = 0,0001$). La densité larvaire moyenne a été plus important dans les parcelles témoins non traitées (73,13 larves) comparativement aux parcelles ayant reçu des applications insecticides (Tableau 3). Les plantes de maïs traitées une fois par semaines ont présenté les densités larvaires les plus faibles de l'expérience. L'analyse du Tableau 3 nous montre que l'application d'insecticide chimique à base de Flubendiamide + Thiaclopride a permis une meilleure réduction de la densité larvaire (6,25 larves) comparativement aux plantes ayant reçu des traitements insecticides une fois par semaine à base d'Emamectine benzoate (11,13 larves). Les traitements insecticides a 14-30 et 50 JAS ont montré une densité larvaire plus importantes que les parcelles traitées chaque semaine. Elles ont été suivies par les parcelles traitées avec Emamectine benzoate à 30-50 JAS (41 larves), et 14-30-50 JAS (36,5 larves). L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les parcelles traitée à 30 et 50 JAS avec les deux insecticides chimiques testés. A nombre de traitement insecticide égal, les plantes ayant reçu des traitements à base de Flubendiamide + Thiaclopride ont montré une densité larvaire moins élevé comparativement aux plantes ayant reçu une protection insecticide à base d'Emamectine benzoate.

Tableau 3. Evolution de la densité larvaire moyenne

Périodes de de traitement	Nombre de larves moyen (Moyenne $\pm$ ES)
Témoin non traité	72,13 $\pm$ 3,73 d
Emamectine benzoate 1 fois/semaine	11,13 $\pm$ 3,73 ab
Flubendiamide + Thiaclopride 1 fois/semaine	6,25 $\pm$ 3,73 a
Emamectine benzoate 14-30-50 JAS	36,50 $\pm$ 3,73 c
Flubendiamide + Thiaclopride 14-30-50 JAS	24,13 $\pm$ 3,73 bc
Emamectine benzoate 30-50 JAS	41,00 $\pm$ 3,73 c
Flubendiamide + Thiaclopride 30-50 JAS	29,50 $\pm$ 3,73 c

ES = Erreur Standard. Les moyennes $\pm$ ES affectées par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes.

3.3 SÉVÉRITÉ DES DÉGÂTS FOLIAIRES

L'analyse de la gravité des dommages foliaires (Tableau 4) nous montre une différence significative entre les différentes périodes de traitements insecticides ($Pr > F = 0,0001$). De façon général, l'augmentation du nombre de traitement insecticides a permis une réduction du score de dommages dans tous les traitements considérés. Nos résultats indiquent que, les parcelles non traitées ont présenté les scores de dommages plus élevés. En revanche, les scores de dommages les moins importants ont été enregistré au sein des parcelles traitées chaque semaine avec Flubendiamide + Thiaclopride et Emamectine Benzoate. L'analyse anova ne révèle pas de différence significative entre les traitements insecticides une fois par semaine (groupe d). Les applications insecticides a 14-30 et 50 JAS ont montré des différences significative entre les deux molécules évaluées. Les scores de dommages ont été plus importants lorsque les plantes étaient protégées avec Emamectine benzoate (3,45) par rapport aux plantes traitées avec Flubendiamide + Thiaclopride (1,81) a 14-30 et 50 JAS. De plus, les parcelles traitées à 14-30 et 50 JAS ont montré des performances identiques avec les parcelles traitées une fois par semaine avec Emamectine benzoate et Flubendiamide + Thiaclopride. L'analyse du Tableau 4 ne montre aucune différence significative entre les applications insecticides à base de Emamectine benzoate et Flubendiamide + Thiaclopride a 30-50 JAS.

Tableau 4. Evolution de la sévérité des dégâts à 56 JAS

Périodes de de traitement	Sévérité des dégâts à 56 JAS (Score moyen $\pm$ ES)
Témoin non traité	4,03 $\pm$ 3,73 a
Emamectine benzoate 1 fois/semaine	1,07 $\pm$ 3,73 d
Flubendiamide + Thiaclopride 1 fois/semaine	1,13 $\pm$ 3,73 d
Emamectine benzoate 14-30-50 JAS	3,45 $\pm$ 3,73 ab
Flubendiamide + Thiaclopride 14-30-50 JAS	1,81 $\pm$ 3,73 d
Emamectine benzoate 30-50 JAS	2,68 $\pm$ 3,73 bc
Flubendiamide + Thiaclopride 30-50 JAS	2,75 $\pm$ 3,73 bc

ES = Erreur Standard. Les moyennes $\pm$ ES affectées par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes.

3.4 TAUX D'EPIS ATTAQUES ET SEVERITE DES DEGATS SUR LES ÉPIS

L'analyse de variance du taux d'épis attaqués ainsi que celle de la gravité des dommages sur épis, ne révèlent pas de différence significative entre les différents calendriers de traitements insecticides évalués ($Pr > F = 0,531$ et $Pr > F = 0,322$).

Tableau 5. Taux d'épis positifs aux symptômes d'infestation de *S. frugiperda*

Traitements phytosanitaires	Taux moyen d'épis attaqués % (Moyenne $\pm$ ES)	Gravité des dommages (Moyenne $\pm$ ES)
Témoin non traité	83,32 $\pm$ 6,08	1,24 $\pm$ 0,06
Emamectine benzoate 1 fois/semaine	71,78 $\pm$ 6,08	1,16 $\pm$ 0,06
Flubendiamide + Thiaclopride 1 fois/semaine	83,44 $\pm$ 6,08	1,09 $\pm$ 0,06
Emamectine benzoate 14-30-50 JAS	81,76 $\pm$ 6,08	1,24 $\pm$ 0,06
Flubendiamide + Thiaclopride 14-30-50 JAS	73,14 $\pm$ 6,08	1,18 $\pm$ 0,06
Emamectine benzoate 30-50 JAS	86,89 $\pm$ 6,08	1,19 $\pm$ 0,06
Flubendiamide + Thiaclopride 30-50 JAS	77,58 $\pm$ 6,08	1,30 $\pm$ 0,06

ES = Erreur Standard. Les moyennes $\pm$ ES affectées par la même lettre dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes.

3.5 RENDEMENT

L'analyse de variance ne révèle aucune différence significative entre les calendriers de traitements insecticides considérés ($Pr > F = 0,855$). Le nombre d'applications insecticides n'a eu aucune incidence significative sur le rendement du maïs.

Tableau 6. Rendement moyen du maïs par traitement

Traitements phytosanitaires	Rendement (kg/ha)
Témoin non traité	4571,76
Emamectine benzoate 1 fois/semaine	5034,72
Flubendiamide + Thiaclopride 1 fois/semaine	4745,37
Emamectine benzoate 14-30-50 JAS	4774,31
Flubendiamide + Thiaclopride 14-30-50 JAS	4918,98
Emamectine benzoate 30-50 JAS	5410,88
Flubendiamide + Thiaclopride 30-50 JAS	4745,37

ES = Erreur Standard. Les moyennes $\pm$ ES affectées par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes.

4 DISCUSSION

Notre étude avait pour objectif, de proposer des périodes de traitements ainsi que des fréquences d'applications optimales des insecticides chimique dans une perspective de lutte intégrée contre la chenille légionnaire d'automne (*S. frugiperda*) au Burkina Faso. Dans la présente étude, les résultats montrent que les applications insecticides à base d'Emamectine benzoate et de Flubendiamide + Thiaclopride n'ont pas permis de réduire considérablement l'infestation des plantes par les larves de *S. frugiperda*. De façon générale, le

taux de plantes attaqués fût sensiblement élevé dans toutes les parcelles traitées à base d'insecticides de synthèses. Cette forte pression parasitaire s'explique par de divers paramètres tel que l'écologie de la zone, ou la période de semis des cultures etc. A cet effet, de nombreux auteurs ont rapporté des paramètres tels que la période de semis, la nature de la plante hôte, la disponibilité ou non d'autres plantes de prédilection tout autour de l'exploitation ainsi que les conditions météorologiques sont tous des paramètres pouvant influencer sensiblement le taux de plantes attaquées par les larves de *S. frugiperda* dans une zone donnée [19], [20]. Cependant, l'augmentation du nombre de traitements insecticides entre 07, et 03 traitements insecticides à base d'Emamectine benzoate et Flubendiamide + Thiaclopride, a eu effet réducteur sur les taux d'infestations des plantes comparativement aux plantes ayant reçu aucune protection insecticide. Même si l'application des insecticides chimiques, n'a pas offert une protection acceptable contre les attaques, elles ont toutefois permis de réduire le taux de plantes attaquées en saison des pluies. Cela a permis de corroborer l'hypothèse selon laquelle l'efficacité des insecticides synthétiques est fonction du nombre d'applications dans les agrosystèmes [21]. Par conséquent, dans les zones où les conditions environnementales permettent une infestation continue du ravageur, il est plus efficace de réaliser les premières applications insecticides entre deux et trois semaines après le semis afin de réduire le nombre de plantes attaquées. Des recommandations similaires ont été rapportés par les auteurs de la référence [4]. Ces auteurs ont suggéré des applications insecticides au début de la croissance des plantes afin de réduire significativement le taux de plantes attaquées par les larves de la chenille légionnaire au champ.

Dans cette étude, tous les calendriers de traitements insecticides évalués ont permis de réduire significativement la densité des larves de *S. frugiperda* sur les plantes de maïs. Tout comme le taux de plantes attaquées, la densité larvaire était elle aussi fonction du nombre de traitements insecticides. Plus le nombre d'interventions phytosanitaires est élevé plus, la densité larvaire était faible. Dans nos résultats, les parcelles traitées une fois par semaine ont offert une protection quasi permanente contre les infestations larvaires de *S. frugiperda*. Dans le Mississippi, les travaux des auteurs [22] ont permis de rapporter des résultats similaires sur l'efficacité des insecticides à base d'Emamectine benzoate et de Flubendiamide sur les larves de *S. frugiperda*. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus en Amérique du sud où la protection quasi-totale des plantes de maïs contre les larves de *S. frugiperda* nécessite au moins une application à base d'insecticides synthétiques tous les sept jours [23], [9]. Dans les trois calendriers étudiés, le calendrier 14-30-50 JAS a permis d'obtenir une densité larvaire statistiquement proche de celle des deux calendriers où l'Emamectine benzoate et l'association Flubendiamide + Thiaclopride ont été appliqués une fois par semaine. Ces résultats s'expliquent par le mode d'action, mais aussi par la rémanence plus ou moins longue de ces molécules. En Inde, les feuilles de maïs prélevées dans les champs traités et utilisées dans des conditions de laboratoire ont indiqué un temps de contrôle plus long par l'Emamectine benzoate (14 jours, 85,9 % de mortalité) [24]. De plus, les auteurs de la référence [24], ont rapporté que 07 jours après le traitement insecticide, le Flubendiamide a entraîné une mortalité de 53,1%. En outre les périodes d'abondance du ravageur tel que rapporté par [11] se situe entre 21 et 30 JAS en saison d'hivernage, ce qui pourrait justifier la forte densité larvaire recensée dans les parcelles ayant reçu que deux applications insecticides tardive à 30 et 50 JAS, mais aussi une meilleure efficacité des molécules lorsque les applications insecticides étaient réalisées une fois par semaines ou à 14-30 et 50 JAS.

Dans l'ensemble, les dommages moyens occasionnés par les larves de *S. frugiperda* au cours de cette étude étaient relativement faibles. Ils étaient inférieurs au score 05 de l'échelle de sévérité des dommages développée par [17]. Ce résultat s'explique par les conditions météorologiques dans lesquelles nous avons conduit cette étude. Notre expérimentation a été réalisée en saison d'hivernage. Dans ces conditions, l'effet de la pluie contribue à réduire la densité larvaire dans les parcelles. Ainsi, de nombreuses larves ont pu être emportées des plantes par la pluie ou mortes par noyade à l'intérieur de la cornée des plantes réduisant par conséquent les dommages aux plantes. Cette action de la pluie a réduit les dommages des larves en saison d'hivernage a déjà été rapporté par de nombreux auteurs [18], [25], [26]. Dans notre étude, les dommages occasionnés aux plantes de maïs étaient plus accentués au sein des parcelles témoins non traitées se traduisant par un score moyen de 04. L'application des traitements insecticides une fois par semaine et à 14-30 et 50 JAS ont contribué à réduire les dégâts des larves de *S. frugiperda* dans ces parcelles. Selon de nombreuses études, la gravité des dommages occasionnés par les larves de *S. frugiperda* est plus importante au sein des cultures non protégées par rapport à celles ayant reçu des protections à base d'insecticides synthétiques [27], [26], [9], [4]. Les parcelles traitées une fois par semaine ont montré des scores de dommages inférieurs à 1,5 le score 01 étant l'interprétation d'aucun dommage foliaire sur la plante. Ces résultats s'expliquent par le nombre élevé de traitements insecticides (07 applications) entraînant de faibles densités larvaires dans ces parcelles. Ces applications répétées ont contribué à réduire davantage le nombre de larves et ont aussi limité la quantité de biomasse consommée par les larves dans les parcelles ayant reçu une protection insecticide. Les calendriers de traitements à 14-30-50 JAS et 30-50 JAS ont permis d'obtenir des scores de dommages moins importants que ceux des parcelles non traitées. Cependant, l'efficacité des molécules comparées entre elles montre que les applications à base de Flubendiamide + Thiaclopride à 30-50 JAS ont permis d'obtenir des dommages statistiquement similaires aux calendriers de traitements à 14-30-50 et 30-50 JAS avec l'Emamectine benzoate. Ces résultats s'expliquent par les principaux modes d'action de ces molécules. L'Emamectine benzoate est un insecticide synthétique systémique agissant à la fois par contact et par ingestion [24]. Son effet pourrait donc être dilué et lessivé en période de forte pluviométrie limitant son efficacité sur les larves. A l'inverse, l'effet du Flubendiamide associé au Thiaclopride permet d'obtenir un effet systémique sur la plante. Cette action permet alors, une plus longue rémanence de la molécule et une toxicité élevée sur les larves de *S. frugiperda* [24], [28].

Pour tous les traitements insecticides considérés, les infestations larvaires n'ont pas eu un effet sur les paramètres agronomiques tels que le taux d'épis attaqués, la sévérité des dégâts sur les épis, ainsi que le rendement du maïs grains. Nous pensons que la fertilisation minérale apportée ont permis aux plantes de compenser les dégâts dû aux larves et à assurer des rendements quantitatifs satisfaisante en comparaison avec les parcelles témoins non traitées. Les travaux des auteurs [7] en Argentine ont permis de rapporter des résultats similaires. Selon ces auteurs, les dommages foliaires causés par la chenille légionnaire d'automne dans de nombreux cas n'entraînent pas forcément des pertes de rendement. Les plantes sont capables de puiser dans le sol afin de compenser les dégâts dû aux infestations de *S. frugiperda* [7]. Cependant nos résultats sont en désaccords avec ceux rapportés par la référence [4]. Ces auteurs ont évalué la réponse du rendement du maïs à la lutte chimique à différents stades de croissance de la plante et ont rapporté des pertes de rendement qui variaient entre 26,5 et 56,8%. Cette divergence dans nos travaux s'explique en grande partie par l'écologie de la zone de culture. Il a été rapporté que les plantes de maïs peuvent combler les dégâts et tolérer les dommages dans les zones agroécologiques, où le climat ne permet pas un développement rapide des ravageurs ou une ré infestation continue de la culture [4]. Même si les infestations larvaires n'ont pas engendré des pertes de rendements quantitatives, elles peuvent cependant être à l'origine d'une perte de rendement qualitative des grains les rendant impropres à la consommation par la présence d'aflatoxines. Selon les auteurs de la référence [29] la chenille légionnaire d'automne peut également avoir un impact sur les rendements en se nourrissant des épis de maïs et peut en outre gâcher le grain en raison d'une infection par les aflatoxines. Ainsi la décision d'appliquer des traitements insecticides synthétiques doivent être alors basée sur un ensemble de paramètres tels que le stade végétatif de la plante, les périodes d'abondance du ravageur, la sévérité des dégâts l'écologie et le climat de la zone. Ces indicateurs permettront d'éviter de faire des applications insecticides spontanés et de réduire ainsi le nombre de traitements insecticides [30], [31]. En cas de fortes infestations par les larves, trois applications insecticides à base d'insecticides synthétiques homologués (Emamectine benzoate ou Flubendiamide + Thiaclopride) peuvent être utilisé contre les dégâts de *S. frugiperda*. Cependant nous recommandons que ces applications soient effectuées dès les premières semaines suivant l'émergence des plantes de sortes a coïncidé avec les périodes d'abondance des larves. Elle doit également être basée sur le fait que environ 50 à 75 % des plantes présentent des dommages foliaires supérieurs au score 05 de l'échelle de sévérité de [17]. Et aussi que les larvent soit encore petites [4]. De plus la nature des deux insecticides utilisés dans cette études pourrait être constitué une option de lutte durable contre le ravageur. Ces insecticides peuvent être utilisé en alterner afin de minimiser le risque lié à l'apparition de cas de résistance chez les larves de *S. frugiperda*. Cette stratégie a été rapportés par de nombreux auteurs utilisant différents familles et mode d'action d'insecticides dans la lutte durable contre des ravageurs envahissant [5], [32].

5 CONCLUSION

L'évaluation du nombre de traitements insecticides synthétiques à différentes dates a montré que les nombres de traitements insecticides élevés n'entraînent pas forcément un accroissement quantitatif des rendements. Cependant, dans les zones ou les conditions écologiques permette une conservation et une ré infestation continue du ravageur trois interventions phytosanitaires à base d'insecticides homologués à 14-30 et 50 JAS peuvent être suffisantes pour la réduction de la pression parasitaire du ravageur à l'échelle de la zone. Des travaux supplémentaires sur l'effet du nombre de traitements insecticides contre les dégâts de la chenille légionnaire d'automne sont nécessaires dans différentes zones agroécologiques afin de faciliter l'élaboration du nombre de traitements insecticides optimales pour la protection du maïs au Burkina Faso.

REFERENCES

- [1] G. Goergen, P. L. Kumar, S. B. Sankung, A. Togola, and M. Tamò, «First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa,» *PLoS One*, vol. 11, no. 10, pp. 1–9, 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0165632.
- [2] S. Niassy, M. Agbodzavu, E. Kimathi, B. Mutune, E. Abdel-Rahman, and D. Salifu, «Bioecology of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), its management and potential patterns of seasonal spread in Africa,» *PLoS One*, vol. 16, no. 6, pp. 1–24, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0249042.
- [3] MAAH, «Lutte contre la chenille légionnaire d'automne au Burkina Faso (Campagne agricole 2018-2019),» p. 15, 2018, [Online]. Available: https://www.ippc.int/static/media/files/cn_publication/2019/05/15/Rapport_chenille_2018_vf.pdf
- [4] J. Van den Berg, C. Britz, and H. Du plessis, «Maize Yield Response to Chemical Control of *Spodoptera frugiperda* at Different Plant Growth Stages in South Africa,» *agriculture*, vol. 11, p. 14P, 2021.
- [5] R. Day *et al.*, «Fall armyworm: Impacts and implications for Africa,» *Outlooks Pest Manag.*, vol. 28, no. 5, pp. 196–201, 2017, doi: 10.1564/v28_oct_02.
- [6] J. T. Hardke, G. M. Lorenz, and B. R. Leonard, «Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) ecology in Southeastern cotton,» *J. Integr. Pest Manag.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1093/jipm/pmv009.
- [7] A. J. Hruska, «Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders,» *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.*, vol. 14, no. September, 2019, doi: 10.1079/PAVSNNR201914043.
- [8] G. Haftay, «Review on management methods of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) in Sub- Saharan Africa,» *Int. J. Entomol. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 09–14, 2020, [Online]. Available: <http://www.entomologyjournals.com>

- [9] B. Sisay, T. Tefera, M. Wakgari, G. Ayalew, and E. Mendesil, «The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *spodoptera frugiperda*, in maize,» *Insects*, vol. 10, no. 2, 2019, doi: 10.3390/insects10020045.
- [10] J. All, A. Javid, and P. Guillebeau, «Control of Fall Armyworm with Insecticides in North Georgia Sweetcorn Author (s): J. N. All, A. Javid and P. Guillebeau Published by : Florida Entomological Society Florida Entomological Society is collaborating with JSTOR to digitize, preserve an,» *Florida entomological Soc.*, vol. 69, no. 3, pp. 598–602, 2014.
- [11] A. Diao, I. Ouedraogo, and A. Sanon, «Importance de la saison humide et de la saison sèche dans la fluctuation saisonnière des populations de *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera : Noctuidae) dans un agrosystème maïsicole à l'ouest du Burkina Faso,» *Sci. Nat. appliquées*, vol. 42, no. 1, p. pp 237-255, 2023.
- [12] I. S. Kass, C. C. Wang, J. P. Walrond, and A. O. W. Stretton, «Avermectin B (1a), a paralyzing anthelmintic that affects interneurons and inhibitory motoneurons in *Ascaris*,» *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 77, no. 10 II, pp. 6211–6215, 1980. doi: 10.1073/pnas.77.10.6211.
- [13] I. Ishaaya, S. Kotsedlov, and A. R. Horowitz, «Emamectin, a novel insecticide for controlling field crop pests,» *Pest Manag. Sci.*, vol. 58, no. 11, pp. 1091–1095, 2002, doi: 10.1002/ps.535.
- [14] B. N. Sharma and N. S. Parihar, «Dissipation and persistence of flubendiamide and thiacloprid in/on tomato and soil,» *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 90, no. 2, pp. 252–255, 2013, doi: 10.1007/s00128-012-0911-5.
- [15] M. H. Kodandaram, A. B. Rai, and J. Haldar, «Novel Insecticides for management of insect pest in vegetable crops: A review,» *Veg. Sci.*, vol. 37, no. 2, pp. 109–123, 2010, [Online]. Available: <http://vegsci.isvs.org.in/index.php/vegsci/article/view/786>.
- [16] A. F. Kuate *et al.*, «Correction: *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants,» (PLoS ONE (2019) 14: 4 (e0215749) DOI: 10.1371/journal.pone.0215749) *PLoS One*, vol. 14, no. 6, pp. 1–18, 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0217653.
- [17] F. M. Davis and W. Williams, «Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm,» Mississippi, 1992.
- [18] B. M. Prasanna, J. E. Huesing, and R. P. Eddy, «La chenille légionnaire d'automne en Afrique :,» p. 124, 2018.
- [19] R. D. Harrison *et al.*, «Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest,» *J. Environ. Manage.*, vol. 243, no. August 2018, pp. 318–330, 2019, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.011.
- [20] C. I. Jaramillo-Barrios, E. H. Varón-Devia, and B. Monje-Andrade, «Economic injury level and action thresholds for *spodoptera frugiperda* (J.e. smith) (lepidoptera: Noctuidae) in maize crops,» *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, vol. 73, no. 1, pp. 9065–9076, 2020, doi: 10.15446/rfnam.v73n1.78824.
- [21] F. Assefa and D. Ayalew, «Status and control measures of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestations in maize fields in Ethiopia: A review,» *Cogent Food Agric.*, vol. 5, no. 1, 2019, doi: 10.1080/23311932.2019.1641902.
- [22] C. A. Daves, D. R. Cook, and T. E. Steed, «Efficacy of Selected Insecticides Against Fall Armyworms in Pastures, 2008,» *Arthropod Manag. Tests*, vol. 34, no. 1, pp. 2008–2009, 2009, doi: 10.4182/amt.2009.f43.
- [23] J. Capinera, «Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae),» 2017. <http://edis.ifas.ufl.edu/in255>.
- [24] S. Deshmukh, H. B. Pavithra, C. M. Kalleshwaraswamy, B. K. Shivanna, M. S. Maruthi, and D. Mota-Sanchez, «Field Efficacy of Insecticides for Management of Invasive Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize in India,» *Florida Entomol.*, vol. 103, no. 2, pp. 221–227, 2020, doi: 10.1653/024.103.0211.
- [25] C. Albasini, M. António, and S. Luisa, «Seasonal Dynamics of the Alien Invasive Insect Pest *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Manica Province, Central Mozambique,» *Insects*, vol. 11, no. 512, pp. 1–12, 2020.
- [26] J. Nboyine *et al.*, «Assessment of the optimal frequency of insecticide sprays required to manage fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) in maize (*Zea mays* L.) in northern Ghana,» *CABI Agric. Biosci.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1186/s43170-021-00070-7.
- [27] D. Babendreier *et al.*, «The efficacy of alternative, environmentally friendly plant protection measures for control of fall armyworm, *spodoptera frugiperda*, in maize,» *Insects*, vol. 11, no. 4, 2020, doi: 10.3390/insects11040240.
- [28] O. Héma, I. Ouédraogo, and G. Vognan, «Efficacité au champ de cyantraniliprole (BENEVIA 100 OD) dans le contrôle des principaux insectes ravageurs du cotonnier au Burkina Faso,» *Sci. la vie la terre*, vol. 04, no. 2, pp. 43–50, 2016.
- [29] C. Chisonga, G. Chipabika, P. H. Sohati, and R. D. Harrison, «Understanding the impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) leaf damage on maize yields,» *PLoS One*, vol. 18, no. 6 June, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0279138.
- [30] J. L. Hernández-Mendoza, E. C. López-Barbosa, E. Garza-González, and N. Mayek-Pérez, «Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize landraces grown in Colima, Mexico,» *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 28, no. 3, pp. 126–129, 2008, doi: 10.1017/S1742758408096112.
- [31] L. A. Aguirre *et al.*, «Evaluation of Foliar Damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Genetically Modified Corn (Poales: Poaceae) in Mexico,» *Florida Entomol.*, vol. 99, no. 2, pp. 276–280, 2016, doi: 10.1653/024.099.0218.
- [32] J. A. Tambo *et al.*, «Understanding smallholders' responses to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) invasion: Evidence from five African countries,» *Sci. Total Environ.*, vol. 740, p. 140015, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140015.

Supplementary food formulation based on plantain, enriched with peanuts

Ernest Bonzou TIGORI, Siméon Koffi BROU, Nestor Kouakou KOUASSI, and Kablan TANO

UFR of Food Sciences and Technology, University Nangui Abrogoua, Abidjan, Ivory Coast

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: Plantain suffers post-harvest losses of 40 %, due to a lack of adequate means of preservation and processing. The aim of this study is to contribute to the valorization of plantain and the reduction of post-harvest losses through its transformation into instant infant flour. Material balance and overall material balance equations enabled us to formulate two feeds. Flour (F1) consisted of plantain, peanut and germinated maize; flour (F2) of plantain, peanut and ungerminated maize. Physico-chemical and organoleptic characteristics were determined using standard methods. The results show that flour (F1) incorporated with germinated maize flour recorded values in line with WHO-recommended standards. Protein contents ranged from 13.49 ± 0.03 g / 100 g MS (F2) to 14.54 ± 0.08 g / 100 g MS (F1). Iron levels range from 18.95 ± 0.64 mg / 100 g MS (F2) to 21.80 ± 0.64 mg / 100 g MS (F1). Leucine levels ranged from 792.49 ± 1.56 mg / 100 g MS (F2) to 799.56 ± 3.12 mg / 100 g MS (F1). The results obtained show that the slurry in the absence of germinated cereal is viscous. Viscosities ranged from 1.34 ± 0.06 Pa s (F1) and 4.42 ± 0.07 Pa s (F2). In overall, the panelists liked the sprouted corn slurry more than the panelists. The panelists' acceptance of F1 porridge over F2 porridge for their children is justified by its fluidity. Composite flour incorporating germinated maize could be recommended for children, helping to combat infant malnutrition.

KEYWORDS: Plantain, instant flour, germinated maize, viscosity, energy density.

1 INTRODUCTION

The plantain is the only fruit classified as a starch product for mass consumption in the world due to its socio-economic and nutritional importance [1]. This raw material is an excellent source of energy and nutrients such as magnesium, potassium, calcium and phosphorus [2]. Global plantain production in 2017 was estimated at over 45 million tons [3]. In Ivory Coast, with production estimated at 1.7 million tons per year, plantain has always been a very important traditional staple food for rural and urban populations; this has earned it 4th place in terms of food consumed after yam, cassava and rice [4]. Despite its importance, plantain suffers from post-harvest losses of 40 % [5], due to the lack of adequate means of conservation and processing. This situation seems likely to compromise Ivory Coast's ambitions for food self-sufficiency. As for many starch products, the main way of valorization that it is relevant to consider is its transformation into flour, however, its nutritional value is limited by its low protein and lipid content [6]. It is therefore necessary to add lipid and protein sources to banana-based infant meals. Peanut, rich in protein (30 g / 100 g) and lipid (45 g / 100 g), could be used to enrich infant food formulations [7]. Also, the germination of the cereals being at the origin of many biochemical modifications in the grains make it possible to fluidify the slurries and, consequently, to allow the increase of their energy density [8], to decrease their phytate content [9] and to increase their digestibility after processing into flour [10]. Germination increases the calcium, zinc, iron [11] and vitamin (ascorbic acid, riboflavin, niacin, tocopherols and thiamine) contents of the grains [12].

The overall objective of the present study is to contribute to the valorization and reduction of post-harvest losses of local food products through their transformation into instant infant flour.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 BIOLOGICAL MATERIAL

The biological material used in this study consisted of plantain, groundnut and maize collected in the survey areas (Abengourou, Agnibilekro, Bondoukou and Bouna).

2.2 METHODS

2.2.1 METHOD FOR FORMULATING INSTANT INFANT FORMULA

The incorporation rates of the raw materials used to formulate instant flours are determined by simple calculations taking into account the nutritional values per 100 grams of raw materials. The material balance and overall material balance equations presented below, assisted by Excel software, were used to formulate the feeds [13], [14].

$$\begin{cases} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n = b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n = b_2 \\ a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nn}X_n = b_n \end{cases}$$

With : a= Nutrient contents (carbohydrates, proteins, lipids, ash, fiber, moisture).

X= Proportions of ingredients to be mixed; b= Requirements to be met

2.2.2 INSTANT INFANT FORMULA MANUFACTURING METHOD

2.2.2.1 PRELIMINARY OPERATIONS

2.2.2.1.1 PRODUCTION OF PLANTAIN FLOUR

Ripe plantains (stage 5) of the horn 1 variety were used for the manufacture of banana flour. Five kilograms of plantain fingers were washed with water and blanched with the skin in boiling water containing citric acid (0.5 g / L) for 10 minutes. After blanching, the fingers were peeled and soaked in a citric acid solution (1 g / L) for 30 minutes. The pulps were thinly sliced to a thickness of two to four millimeters and dried at 45 °C in an oven for 48 hours. The drying was done in a ventilated oven where the hot air comes in direct contact with the product. The fruit slices are placed evenly on the racks and must not touch each other as this would slow down the evaporation of the water. They are continuously braised to ensure uniform drying. When they come out of the oven, the plantains are crushed in a Moulinex and then sifted through 250 µm diameter meshes to obtain the flour, which is stored in polyethylene bags at 4 °C until use.

2.2.2.1.2 PRODUCTION OF SPROUTED CORN FLOUR

Five kilograms of sorted, washed corn seeds are soaked in water for six hours. After soaking, the seeds were well spread on wet cloth for three days to allow them to germinate, the medium was moistened from time to time (every two hours) to prevent the seeds from drying out and stopping to germinate. Then, the germinated seeds were dried in the sun for 48 hours, degerminated, de-peeled, ground in a Moulinex and then sieved through 250 µm diameter meshes to obtain the flour, which is stored in polyethylene bags at 4 °C until use.

2.2.2.1.3 PRODUCTION OF UNGERMINATED CORN FLOUR

Five kilograms of sorted, washed corn seeds were soaked in water for six hours. After soaking, the seeds were well spread out in the sun for 48 hours, de-peeled, ground in a Moulinex and then sieved in 250 µm diameter meshes to obtain the flour, which is stored in polyethylene bags at 4 °C until use.

2.2.2.1.4 PRODUCTION OF PEANUT FLOUR

Two kilograms of sorted, washed peanut seeds are soaked in water for two hours. After soaking, the drained seeds are roasted for 5 minutes at 100 °C to be de-peeled, crushed in a Moulinex and then sieved in 250 µm diameter mesh to obtain the flour, which is stored in polyethylene bags at 4 °C until use.

2.2.3 INSTANT COMPOSITE FLOUR MANUFACTURING TECHNOLOGY

2.2.3.1 DIFFERENT FORMULATIONS AND THEIR ABBREVIATIONS

F1: 45 % ripe banana flour (stage 5), 40 % peanut flour and 15 % germinated maize flour.

F2: 45 % ripe banana flour (stage 5), 40 % peanut flour and 15 % unsprouted maize flour.

2.2.3.2 PRODUCTION OF F1 AND F2 COMPOSITE FLOURS

After weighing, the ripe plantain flour (stage 5), peanut flour and amylase source (germinated maize for F1 and ungerminated maize for F2) were mixed in water (w / v, 1/2) containing 0.5 g / L citric acid and 0.3 g / L disodium dihydrogen pyrophosphate for baking. Cooking time was 20 minutes, with stirring, after the water / flour premix had reached a temperature of 100 °C. Once cooking was complete, the resulting paste was rolled out to a thickness of 0.5 cm, then placed in an oven (45 °C / 24 h) to dry. The resulting product was ground and sieved through a 250 µm sieve to produce the baked composite flour, which was stored in polyethylene bags at 4 °C until use.

2.2.3.2.1 PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE FLOURS

The chemical analysis of the flours consisted in the determination of moisture, lipids, protein, carbohydrates, fiber, ash, viscosity, energy value were determined according to the method [15] in triplicate.

Moisture content was determined by placing 5g of flour in the oven (Biobase BOV-D70, China) at 105 °C for 24 h [15].

The protein content was determined by the Keldjahl method and the percentage nitrogen atom (% N) obtained was used to calculate the percentage crude protein (% P) using the following relationship:

$\% P = \% \text{ Nitrogen} \times 6.25$. The lipid content was determined using hexane extraction in a Soxhlet type extractor [15].

The ash content was determined by incinerating the samples in a muffle furnace (Nabertherm GmbH, Germany) at 600 °C. The ash was cooled in a desiccator and weighed. For the crude fibers, 1 g of flour sample is digested with 1.25 N sulfuric acid and 1.25 N sodium hydroxide solution. The insoluble residue obtained is washed with hot water and dried in an oven at 105 °C for 24 hours. The dried residue is then incinerated in an oven at 600 °C for 6 hours and weighed for the determination of the crude fiber content [15].

The carbohydrate content (in % dry matter) is estimated by differential calculation from the formula proposed by [16]:

$\% \text{ Carbohydrate} = 100 - (\% \text{ Moisture} + \% \text{ Ash} + \% \text{ Protein} + \% \text{ Fat})$

The energy value was determined from the lipid, carbohydrate and protein content of the flours using Atwater's conversion factors: 4 Kcal / g for protein, 9 Kcal / g for lipids and 4 Kcal / g for carbohydrates [15]. The energy value in Kcal / 100 g MS was calculated from the following formula:

$EV = 4 \times (\% \text{ Protein}) + 9 \times (\% \text{ Fat}) + 4 \times (\% \text{ Carbohydrate})$

The viscosity of the slurries was measured using a Brookfield rotational viscometer (Model LVDVE, USA) [17].

The determination of mineral fractions was done by atomic absorption spectrophotometer determination of ash [15].

The energy density is determined by calculation and expressed in kilocalories per 100 ml of slurry by estimating that 1 g of flour provides 4 Kcal of energy [18].

$\text{Energy density} = (\text{Mass of flour} \times 4 \text{ Kcal}) / \text{Mass of slurry}$

Amino acids were determined by reverse-phase high-performance liquid chromatography (the HPLC apparatus used consists of a pico-Tag system (Waters, Milford, Mass, U.S.A.), a UV detector (Shimadzu SPDS-6A UV Spectrophotometric detector) and an integrator (Shimadzu C-R-6A UV Chromatopac). Total acid extraction was performed according to the

modified method [19]. The content of each amino acid was calculated using the following expression expressed in mg/100g dry matter:

$$C \text{ (mg / 100 g)} = A \times CS \times \text{Volume extrait} \times 1000 / As \times \text{Sample weight}$$

A: Peak area of the amino acid in the sample

As: Peak area of the standard for a given amino acid

Cs: Concentration of the standard for a given amino acid

C: Concentration of identified amino acid.

2.2.3.3 SENSORY ANALYSIS OF COMPOSITE FLOURS

2.2.3.3.1 PREPARATION OF PORRIDGES

Porridge preparation was based on the energy density of around 120 Kcal / 100 g recommended for children aged 6 to 24 months [20]. The F1 (ripe banana + peanut + sprouted maize) and F2 (ripe banana + peanut + unsprouted maize) porridges were prepared by mixing 70 g of flour with 130 g of boiled tap water. The porridges were cooled to around 40 °C before serving.

2.2.3.3.2 HEDONIC TEST

Sensory evaluation took place at the Biocatalysis and Bioprocess Laboratory of Nangui Abrogoua University. The panel was made up of 45 untrained people recruited on the basis of their availability. Three-digit coded slurry samples were presented monadically to each panelist in randomized order. Sensory attributes such as color, flavor, odor, appearance and overall acceptability were evaluated (Appendix 2). The degree of appreciation of each descriptor was scored on a 9-point unipolar scale ranging from 1 (extremely unappreciated) to 9 (extremely appreciated) [21].

2.2.3.3.3 STATISTICAL PROCESSING OF DATA

Analyses were carried out on two samples with three replicates for each sample.

Statistical analyses of hedonic data were carried out using "Statistica" software version 7.1. Comparisons between dependent variables were determined using analysis of variance (ANOVA) and the Student test at the 5 % threshold.

3 RESULTS

3.1 CHEMICAL COMPOSITION OF BANANA, PEANUT, CORN AND GERMINATED CORN FLOURS

The flours (banana, sprouted corn, unsprouted corn and peanut) show significant differences ($P \leq 0.05$) in the various characteristics studied. In terms of protein, the protein content of sprouted cereals was significantly higher than that of unsprouted cereals, while peanuts were richer in protein, followed by sprouted corn, unsprouted corn and banana. Flour moisture levels are significantly different, with sprouted cereals having lower moisture levels than unsprouted cereals. Peanut flour is the richest source of lipids, while the lipid content of sprouted cereals is significantly lower than that of unsprouted flours. Statistically, these flours are different: peanut flour has the lowest carbohydrate content, while banana flour has the highest, followed by ungerminated corn flour and germinated corn flour. Ash levels are significantly different at the 5 % threshold, with sprouted corn flour recording a higher level than unsprouted corn flour. In conclusion, none of these flours on its own can meet standard norms, hence the need to formulate composite flours in which certain raw materials are used as carbohydrate, lipid, mineralogical and enzymatic sources.

Table 1. Chemical composition of flours

Characteristics	Banana flour	Sprouted corn flour	Unsprouted corn flour	Peanut flour
Moisture (g / 100 g)	6,17 ± 0,03 c	4,75 ± 0,09 b	5,54 ± 0,06 e	4,13 ± 0,04 a
Lipid (g / 100 g)	0,24 ± 0,02 a	2,75 ± 0,09 b	3,76 ± 0,28 c	45,19 ± 0,02 d
Protein (g / 100 g)	0,82 ± 0,06 a	12,06 ± 0,12 e	9,44 ± 0,10 f	28,74 ± 0,05 g
Ash (g / 100 g)	1,88 ± 0,07 c	1,79 ± 0,03 a	1,59 ± 0,02 d	2,28 ± 0,03 e
Fiber (g / 100 g)	3,62 ± 0,04 a	4,19 ± 0,07 d	5,13 ± 0,05 e	5,37 ± 0,03 f
Carbohydrate (g / 100 g)	87,26 ± 0,07 b	74,45 ± 0,32 a	74,55 ± 0,25 a	14,29 ± 0,02 f

Means ± standard deviations followed by the same lower-case letter on a line are not significantly different at the 5 % threshold according to Duncan's test.

3.2 PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF INSTANT FLOURS

In general, all flours incorporated from sprouted cereals have lower moisture, lipid, carbohydrate and fiber contents than flours incorporated from unsprouted cereals. The lipid levels of flours incorporated from sprouted cereals are lower than flours incorporated from unsprouted cereals. However, it should be noted that these two formulated flours have moisture, lipid, fiber and ash levels that comply with standards. F1 flour incorporated with sprouted cereals has a higher reducing sugar content than F2 flour. The energy content of flour made from sprouted cereals is lower than that of flour made from unsprouted cereals. F1 flour incorporated with sprouted cereals has a higher energy density than F2 flour. F1 flour's energy density is in line with standards, enabling it to cover children's daily requirements in two meals. F1 flour has a viscosity in line with standards, and can be used to make high-energy density porridges. Flour incorporating sprouted cereals has a higher vitamin C content. F1 and F2 flours have an acid pH (5 and 6), It should be noted, however, that flour incorporated from sprouted cereals is more acidic than flour incorporated from unsprouted cereals. Flour incorporated from sprouted cereals also has a higher titratable acidity than flour incorporated from unsprouted cereals.

Table 2. Physico-chemical composition of instant flours

Characteristics	F1	F2
Moisture (g / 100 g MS)	5,45 ± 0,02 a	5,60 ± 0,07 b
Fat (g / 100 g MS)	19,57 ± 0,04 a	19,86 ± 0,11 b
Protein (g / 100 g MS)	14,54 ± 0,08 a	13,49 ± 0,03 b
Ash (g / 100 g MS)	2,17 ± 0,06 a	2,12 ± 0,04 a
Fiber (g / 100 g MS)	4,56 ± 0,05 a	4,89 ± 0,09 b
Carbohydrates (g / 100 g MS)	59,15 ± 0,09 a	59,65 ± 0,04 b
Energy (Kcal / 100 g MS)	470,96 ± 0,28 a	471,26 ± 0,84 b
Viscosity Pa s	1,34 ± 0,06 a	4,42 ± 0,07 b
Energy density (Kcal / 100 g MS)	141,29 ± 0,08 a	70,69 ± 0,13 b
pH [MS]	5,68 ± 0,02 a	5,91 ± 0,03 b
Starches (g / 100 g MS)	1,77 ± 0,50 a	8,35 ± 0,15 b

F1: ripe banana + peanut + germinated maize; F2: ripe banana + peanut + unsprouted maize

Means ± standard deviations followed by the same lower-case letter on a line are not significantly different at the 5 % threshold according to Student's t test.

3.3 MINERAL COMPOSITION OF INSTANT FLOURS

F1 flour made up partly of germinated maize has significantly higher proportions of minerals than F2 flour made up partly of ungerminated maize.

Table 3. Mineral composition of composite flours

Minerals	F1	F2
Iron (mg / 100 g MS)	21,80 ± 0,64 a	18,95 ± 0,64 b
Zinc (mg / 100 g MS)	4,69 ± 0,08 a	4,17 ± 0,09 b
Calcium (mg / 100 g MS)	740,18 ± 7,89 a	581,60 ± 4,01 b
Phosphorus (mg / 100g MS)	417,82 ± 8,12 a	286,34 ± 2,71 b
Potassium (mg / 100 g MS)	889,85 ± 5,80 a	506,72 ± 18,38 b
Magnesium (mg / 100 g MS)	170,54 ± 2,49 a	143,38 ± 5,31 b
Sodium (mg / 100 g MS)	79,91 ± 2,12 a	57,21 ± 1,40 b
Iodine (µg / 100 g MS)	26,35 ± 0,40 a	24,06 ± 0,38 b
Selenium (mg / 100 g MS)	5,53 ± 0,08 a	5,19 ± 0,04 b
Manganese (mg / 100 g MS)	20,65 ± 0,44 a	17,64 ± 0,39 b
Copper (µg / 100 g MS)	203,19 ± 3,20 a	179,49 ± 1,50 b
Chlorine (mg / 100 g MS)	173,41 ± 6,00 a	159,72 ± 2,41 b

F1: ripe banana + peanut + germinated maize; F2: ripe banana + peanut + unsprouted maize

Means ± standard deviations followed by the same lower-case letter on a line are not significantly different at the 5 % threshold according to Student's *t* test.

3.4 AMINO ACID COMPOSITION OF INSTANT FLOURS

Incorporated sprouted corn flour successively records higher levels of histidine, leucine, lysine, sulfur amino acid, threonine and tyrosine than incorporated non-germinated cereal flour. Similarly, the levels of isoleucine, tryptophan, valine, arginine and cystine in incorporated germinated corn flour were significantly higher than in incorporated non-germinated corn flour.

Table 4. Amino acid composition of instant flours

Amino acids (mg / 100 g MS)	F1	F2
Histidine	69,63 ± 1,19 a	54,80 ± 1,70 b
Isoleucine	266,70 ± 4,75 a	260,76 ± 1,33 a
Leucine	800,97 ± 3,45 a	791,38 ± 1,11 b
Lysine	427,69 ± 2,43 a	408,41 ± 4,34 b
A.A. Sulphur	188,04 ± 2,65 a	170,35 ± 2,25 b
Tryptophan	46,53 ± 1,02 a	45,68 ± 1,12 a
Threonine	487,46 ± 3,74 a	463,35 ± 2,11 b
Valine	505,72 ± 7,79 a	443,78 ± 0,81 b
Arginine	23,51 ± 1,49 a	17,25 ± 0,14 b
Cystine	2,32 ± 0,03 a	2,26 ± 0,03 a
Tyrosine	148,75 ± 1,60 a	143,23 ± 1,11 b
Phenylalanine	498,75 ± 1,13 a	442,40 ± 1,70 b

F1: ripe banana + peanut + germinated maize; F2: ripe banana + peanut + unsprouted maize

Means ± standard deviations followed by the same lower-case letter on a line are not significantly different at the 5 % threshold according to Student's *t* test.

3.5 HEDONIC TESTING OF INSTANT FLOURS

The sensory characteristics of the porridges are presented in Table 1. In terms of color, there were significant differences between porridges at the 5 % level. The F1 slurry (8.18 ± 0.70) was more appreciated than the F2 slurry (7.15 ± 1,16). With mean scores of 8.23 ± 0.95 and 8.07 ± 0.94, no significant difference was observed between the taste of F1 and F2 slurries. As for odour, there was no significant difference between the F1 and F2 slurries. Statistical analysis revealed significant differences at the 5 % threshold concerning appearance. F1 slurry (8.13 ± 0.89) was rated better than F2 (7.25 ± 1,76). In terms of general acceptability, with an average score of 8.07 ± 0.99, F1 spray liquid was more popular than F2, which recorded an average score of 7.20 ± 1.54.

Table 5. Comparison of sensory characteristics of slurries

Characteristics	Color	Taste	Odor	Aspect	General acceptability
F1	8,18 ± 0,70 a	8,23 ± 0,95 c	7,07 ± 1,44 d	8,13 ± 0,89 e	8,07 ± 0,99 g
F2	7,15 ± 1,16 b	8,07 ± 0,94 c	7,17 ± 0,92 d	7,25 ± 1,76 f	7,20 ± 1,54 h

F1: ripe banana + peanut + germinated maize; F2: ripe banana + peanut + unsprouted maize

Means ± standard deviations followed by the same lower-case letter in a column are not significantly different at the 5 % threshold according to Student's *t* test.

4 DISCUSSION

4.1 CHEMICAL COMPOSITION OF BANANA, PEANUT, UNGERMINATED MAIZE AND GERMINATED MAIZE FLOURS

The flours (banana, peanut, sprouted and unsprouted maize) show significant differences ($P \leq 0.05$) in the characteristics studied. In terms of moisture, fiber and lipid content, germinated corn flour has significantly lower values than non-germinated corn flour. The increase in dry matter content during germination leads to a drop in flour moisture content [22]. The decrease in lipid content could also be explained by the biochemical and physiological changes that occur in germinated grains [23]. Indeed, lipase activity increases during germination, with the aim of producing the sugars required for the growth of the young seedling before the establishment of its photosynthetic apparatus [24]. This reduction in the fiber content of germinated flour is partly due to enzymatic hydrolysis followed by solubilization. The ash content of germinated corn flour is significantly higher than that of ungerminated corn flour at the 5 % threshold. The increase in ash content during germination could be due to the water used to soak, rinse and sprinkle the kernels during germination [25]. This increase in the protein content of germinated corn flour could be due to the fact that, during germination, metabolic enzymes such as proteinases are activated. Their hydrolytic action led to the release of certain amino acids and peptides, whose synthesis or utilization led to the formation of new proteins [26], [27].

4.2 PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF INSTANT FLOURS

The difference between the two formulations is whether the corn is sprouted or unsprouted. Between the parameters studied. For example, flour made from germinated corn significantly lower levels of moisture, lipids, fiber and carbohydrates than the and carbohydrates than the unsprouted corn flour. Corn flour F1 and F2 flours have their moisture content below 10, which explains why these flours can be kept longer shelf life. Similarly, [28] have reported that flour with a moisture content less than or equal to 10 % is ideal for long-term storage period. The fiber content of flour incorporated from F1 germinated maize is significantly lower than that of flour incorporated from F2 ungerminated maize, due in part to enzymatic hydrolysis followed by solubilization [29]. The lower percentage of fiber in flours during germination is thought to increase their digestibility. This is due to the hydrolytic action of alpha amylases, which break down large starch molecules into smaller molecules (maltodextrins) with reduced swelling capacity. The energy provided by flour incorporated with sprouted cereals is lower than the energy provided by flour incorporated with unsprouted cereals. The energy value of the flour decreased with germination. The change in the content of chemical constituents (proteins, lipids and carbohydrates) affects the energy value [12]. Thus, the decrease in energy value during germination would be due to the breakdown of lipids to meet the energy requirements of the growing germ [30]. On the other hand, flour incorporated from germinated maize has a significantly higher energy density than flour incorporated from non-germinated maize, in line with standards. The viscosity of incorporated sprouted corn flour is also in line with standards. The titratable acidity of sprouted corn flour is significantly higher than that of unsprouted corn flour. The increase in flour acidity during germination is probably due to the hydrolysis of certain macromolecules [27]. According to [31], carbohydrate metabolism during germination is a consequence of the accumulation of organic acids, hence the increase in titratable acidity, which is in fact a measure of the quantity of organic acids [32].

4.3 MINERAL COMPOSITION OF INSTANT FLOURS

In general, F1 flour incorporated with sprouted maize has significantly higher mineral content than F2 flour incorporated with unsprouted maize. The mineral composition of the flour is much higher when the cereals used are sprouted. Potassium, the most abundant mineral in these sprouted cereal flours, plays a protective role against increased blood pressure and other cardiovascular risks. It is also involved in amino acid and protein synthesis [33], [34]. Calcium is involved in many biological processes, including a variety of enzymatic reactions. In association with phosphorus, it plays an important role in the diets of both children and adults. Indeed, it is involved in bone fortification and tooth development [35]. Sodium, whose concentration

is higher in flours made from sprouted cereals, plays a part in controlling the osmotic pressure that develops between blood and cells as a result of unequal ionic concentrations [36]. Along with calcium, phosphorus is involved in tooth formation and bone development in children [32]. Magnesium helps regulate the body's acid-base balance and maintain normal muscle and nerve function [37]. It reduces blood triglyceride and cholesterol levels, and plays a part in the body's defense mechanisms against microbial and viral infections [34]. Magnesium levels were improved during germination. Iron can act as an antioxidant, helping to prevent cardiomyopathy and stunted growth. It also facilitates the oxidation of carbohydrates, proteins and lipids [38]. Iron deficiency leads to a drop in haemoglobin levels, resulting in anaemia [39]. However, iron levels have been shown to increase in sprouted grain flours. This result is an advantage for these flours in the preparation of infant porridges. Zinc can prevent cardiomyopathy and stunted growth. Zinc deficiency can lead to poor appetite, a weakened immune system, diarrhoea, delayed sexual maturation and eye and skin lesions [40]. Zinc levels increased during germination. These flours are ideal for infant nutrition, as according to [41], the role of Fe and Zn in a child's development is of great interest due to the detrimental effects of their deficiencies on a child's development. Daily intake is estimated by [42] at 6 mg/day. The increase in copper levels in flour incorporated with sprouted cereals is thought to be due to the activation of enzymes during these processes. Copper plays an essential role in several enzyme systems, including cytochrome oxidase and tyrosinase [43]. Ascorbic acid is directly involved in the modulation of plant growth, including early embryo germination [29].

4.4 AMINO ACID COMPOSITION OF INSTANT FLOURS

The amino acid profile shows that formulated flours contain appreciable quantities of both non-essential and essential amino acids. Sprouted cereal flour generally has significantly higher amino acid levels than non-germinated maize flour. All essential amino acids are present, with high levels of phenylalanine, arginine, leucine and lysine, which may facilitate protein synthesis and the assimilation of other amino acids [44]. Incorporated sprouted maize flour has high levels of arginine, which [45] suggests is essential for children's growth. The sulphur amino acid content (methionine and cysteine) of incorporated sprouted maize flour is significantly higher than that of non-germinated maize flour, so it is essential to take account of essential amino acids in balanced proportions. Thus, [46] have shown that an excess of leucine in food interferes with the utilization of isoleucine, just as an excess of leucine would interfere with the utilization of lysine. [47] have shown that a leucine/lysine ratio of less than 4.6 is considered nutritionally correct. In this study, the ratio was below 4.6. It could therefore be concluded that the proteins in formulated flours have favorable leucine/isoleucine and leucine/lysine ratios and would not present any problem of essential amino acid imbalance.

4.5 HEDONIC TESTING OF INSTANT FLOURS

The F1 porridge was accepted by panelists on the basis of its thinner consistency than the F2 porridge. Indeed, in order to be swallowed by infants, porridges must have a viscosity not exceeding 1600 Centipoises [48]. The thinner consistency of F1 porridge compared with F2 could be explained by the hydrolytic action of alpha amylases from sprouted cereals. These enzymes hydrolyze the starch molecules into simple elements such as glucose, fructose and sucrose, which give porridges their sweet taste and make them less thick, enabling them to be prepared at sufficient energy densities [49], [50]. These results are in line with those of [51], who present cereal germination as a traditional means of improving the nutritional and organoleptic quality of infant foods. The work of [52] confirms this hypothesis by showing an increase in the activity of β amylase, an enzyme that hydrolyzes large starch molecules into smaller molecules (maltodextrins) whose swelling capacity is reduced, thus increasing the fluidity of the porridges. Also, the F1 slurry was more appreciated than the F2 slurry in terms of coloration. In fact, germination tends to further increase the vitamin (ascorbic acid, riboflavin, niacin, tocopherols and thiamine) and polyphenol content of seeds [53]. These antioxidants play a very important role in preserving foodstuffs from effects such as rancidity of taste and preventing changes in texture and color [54].

5 CONCLUSION

The local manufacture of instant infant flour is a way of adding value to little-exploited agricultural resources, and turning them into high value-added products, while also reducing post-harvest losses. With this in mind, we set ourselves the goal of developing supplementary foods rich in essential nutrients for improved infant health and growth. The use of locally available products such as plantain, peanut and corn, and technological processes such as soaking and germination, have enabled us to produce flours with high energy density, good fluidity and rich nutritional content that meet standard norms. Among these flours, the panelists were most appreciative of the slurry incorporated from germinated maize (F1). The panelists' acceptance of F1 porridge over F2 porridge for their children was mainly due to its fluidity. Composite flour incorporating sprouted maize (F1) could be recommended for infants, helping to combat infant malnutrition.

REFERENCES

- [1] C. Picq, Fouré, E. A. Frison: eds Banana and Food Security. International symposium, Douala, Cameroon, pp. 10- 14, 1998.
- [2] E. F. Assemmand, C. Fatoumata, F. Kouamé, V. Konan and P. Kouamé, « Biochemical characterization of plantain (*Musa paradisiaca* L.) fruits of the "Agnrin" variety from Côte d'Ivoire and sensory evaluation of its by-products,». *Journal of Applied Biosciences*, vol. 60, pp. 4438-4447, 2012.
- [3] K. R. Kouakou, S. Traoré, T. Koné, H. D. Ouattara, M. Koné et D. O. Dogbo, «Variations biochimiques et morphologiques au cours de la conservation des vivo plants de trois variétés de bananier plantain [*Musa x Paradisiaca*, (Musaceae)] », *Agronomie Africaine* 31 (1): 1-14, 2019.
- [4] FAOSTAT, 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat3.fao.org>. Consulté le 12 Janvier 2018.
- [5] ANADER (National Agency for Rural Development The partner: food production: a National issue, Agency newsletter National rural development, no. 14, p. 12, 2013.
- [6] Sharrock, S., et Lusty, C., Nutritive valeur of banana. In Inibap annual report 1999, Inibap valeur: Montpellier, France, 28-31, 2000.
- [7] A.E. Griel, B. Eissenstat, V. Juturu, G. Hsieh, and P.M. Krisetherton, «Improved diet quality with peanut consumption, » *Journal of the American College of Nutrition*, vol. 23, pp. 660-668, 2004.
- [8] M. Asiedu, R. Nilsen, O. Lie and E. Lied, «Effect of processing (sprouting and/or fermentation) on sorghum and maize. I: Proximate composition, minerals and fatty acids,» *Food Chemistry*, vol. 46, no. 4, pp. 351- 353, 1993.
- [9] N. Van Hoan: Conditions for using a «very low-cost cooker-extruder» to manufacture infant formula in Vietnam. Doctoral thesis in Food Science, Université Montpellier II, 2008.
- [10] A. S. Livingstone, J. J. Feng and N. G. Malleshi, «Development and nutritional quality evaluation of weaning foods based on malted, popped and roller dried wheat and chickpea,» *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 28, no. 1, pp 35-43, 1993.
- [11] D. Sushma, B. K. Yadav and J. C. Tarafdar, «Phytate phosphorus and mineral changes during soaking, boiling and germination of legumes and pearl millet. *Journal of Food Science and Technology*,» vol. 45, no. 4, pp. 344-348, 2008.
- [12] M. Ouazib: Effect of on nutritional and functional parameters of locally produced chickpea on the rheological, physicochemical and sensory properties of chickpea-based bread. sensory properties of chickpea-based bread. PhD thesis, *University A.Mira-Bejaia*, Algérie, p. 153, 2017.
- [13] O. E. Olusayo, A. B. Olusesan and A. G. Adesola, «Review of Livestock Feed Formulation Techniques. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 3, no. 4, pp. 60-77, 2013.
- [14] M. O. Afolayan and M. Afolayan, «Nigeria Oriented Poultry Feed Formulation Software Requirements,» *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 4, no. 11, pp. 1596-1602, 2008.
- [15] AOAC, Official methods of analysis, 15th Edn, Association of Official Analytical Chemists, Washington, p. 774, 1990.
- [16] FAO: Critical review of analysis methods. 7: pp. 107-228, 2002.
- [17] D. Alnwick, S. Moses et O. G. Schmidt: Improving young children's nutrition in Eastern and Southern Africa: household technology. Proceedings of a workshop held in Nairobi, Kenya, October 12-16, 1987, 16 p, 1987.
- [18] S. Trèche, Fluid porridges, well-fed babies, In: information pour le développement agricole des pays ACP, no. P. 110, 2004.
- [19] Deguine J. P. & Hau B. (2001). Influence of the plant on *Aphis gossypii*: some results of research carried out in Cameroon. CIRAD-CA, Cotton Program, TA 72/09, 122: 403-414.
- [20] S. Trèche: Techniques for increasing the energy density of weaning porridges. Paper presented at the WHO/ORSTOM Intercountry Workshop on Complementary Feeding of Young Children, pp. 20-24, Alemtrie, Egypte, Novemhe 1994.
- [21] H. Stone, J. Siedl and J. Bloomquist, «Quantitative descriptive analysis,» *Cereal food World*, vol. 25, no. 10, p.642, 1980.
- [22] J. L. Kiers, J. C. Meijer, M. J. R. Nout, F.M. Rombouts, M. J. A. Nabuurs and J. Van der Meulen, «Effect of fermented soya beans on diarrhoea and feed efficiency in weaned piglets,» *Journal of Applied Microbiology*, vol. 95, no. 3, pp. 545-552, 2003.
- [23] T. S. Hahm, S. J. Park and Lo Y. Martin, «Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds,» *Bioressource Technology*, vol. 100, no. 4, pp. 1643–1647, 2009.
- [24] M. Barros, L. F. Fleuri and G. A. Macedo, «Seed lipases: sources, applications and properties,» A review. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol. 27, no. 1, pp. 15-29, 2010.
- [25] P. F. Suma and A. Urooj, «Influence of germination on bioaccessible iron and calcium in pearl millet (*Pennisetum typhoideum*),» *Journal of Food Science and Technology*, vol. 51, no. 5, pp. 976-981, 2014.
- [26] C. B. Devi, A. Kushwaha and A. Kumar, «Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*),» *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, no. 10, pp. 6821-6827, 2015.

- [27] H. Derbew and D. Moges, «Effect of germination duration on nutritional and functional properties of sorghum (*Sorghum bicolor*): The case of Girana and Miskr varieties,» *Ethiopian Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 165-180, 2017.
- [28] P. O. Ogazi and M. C. Jones, «Pilot-scale dehydration of plantain pulp for flour production using cabinet dryer,» *Nigerian Food Journal*, vol. 8, pp. 74-77, 1990.
- [29] A. Shirvani, M. Jafari, S. A. H. Goli, N. S. Tehrani and M. Rahimmale, «The Changes in Proximate Composition, Antioxidant Activity and Fatty Acid Profile of Germinating Safflower (*Carthamus tinctorius*) Seed,» *Journal of Agricultural Science and Technology*, vol. 18, no. 20, pp. 1967-1974, 2016.
- [30] O. S. Ijarotimi and O. O. Keshinro, «Comparison between the amino acid, fatty acid, mineral and nutritional quality of raw, germinated and fermented African locust bean (*Parkia biglobosa*) flour,» *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, vol. 11, no. 2, pp. 151-165, 2012.
- [31] V. N. Enujiugha, «Nutrient Changes during the fermentation of African oil bean (*Pentaclethra macrophylla* Benth) seeds,» *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 2, no. 5, pp. 320-323, 2003.
- [32] F. M. Makinde, R. Akinoso and A. O. Adepoju, «Effect of fermentation containers on the chemical composition of fermented sesame (*sesamum indicum* L.) seeds,» *African journal of food, agriculture, nutrition and development*, vol. 13, no. 1, pp. 7122-7137, 2013.
- [33] J. M. N'zikou, L. Matos, G. Bouanga-Kalou, C. B. Ndangui, N. P. G. Pambou-Tobi, A. Kimbonguila, T. H. Silou, M. Linder and S. Desobry, «Chemical Composition on the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Grown in Congo-Brazzaville,» *Advance Journal of Food Science and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 6-11, 2009.
- [34] S. Mebdoua: Caractérisation physico-chimique de quelques populations de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Influence of technological treatments. Magister's thesis, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Algeria, 83 p, 2011.
- [35] O. S. Ijarotimi, «Influence of germination and fermentation on chemical composition, protein quality and physical properties of wheat flour (*Triticum aestivum*),» *Journal of Cereals and Oil seeds*, vol. 3, no. 3, pp. 35-47, 2012.
- [36] N. S. Stachenfeld, A. E. Splenser, W. L. Calzone, M. P. Taylor and D. L. Keefe, «Sex differences in osmotic regulation of AVP and renal sodium handling,» *Journal of Applied Physiology*, vol. 91, no. 4, pp. 1893-1901, 2001.
- [37] N. E. Saris, E. Mervaala, H. Karppanen, J. A. Khawaja and A. Lewenstam, «Magnesium: an update on physiological, clinical, and analytical aspects,» *Clinica Chimica Acta*, vol. 294, 1-26, 2000.
- [38] J. L. Buss, F. M. Torti & S. V. Torti «The role of iron chelation in cancer therapy,» *Current Medicinal Chemistry*, vol. 10, no. 12, pp. 1021-1030, 2003.
- [39] M. Y. A. Aissiou: Prevalence of iron-deficiency anemia and protein-energy malnutrition in a group of apparently healthy children aged 6 months to 5 years recruited from two centers in the Daïra of El Idrissia (Wilaya of Djelfa). Magister's thesis from the Ecole Nationale Supérieure Agronomique. El-Harrach, Alger, p. 149, 2014.
- [40] R. Imoberdorfa, M. Rühlinb, E. Peter and P. E. Ballmer, «Zinc: a vital trace element with great potential,» *Forum Med Suisse*, vol. 10, no. 44, pp. 764-768, 2010.
- [41] K. Kordas and R. J. Stoltzfus, «New evidence of Iron and Zinc interplay at the enterocyte and neural tissues,» *Journal of Nutrition*, vol. 134, pp. 1295-1298, 2004.
- [42] FAO: Cereals and other starch-based staples: are consumption patterns changing? Committee on commodity problems, 2004.
- [43] J. Garcia-Horsman, B. Barquera, J. Rumbley, J. Ma and R. Gennis, «The superfamily of heme-copper respiratory oxidases,» *Journal of Bacteriology*, vol. 176, no. 18, pp. 5587-5600, 1994.
- [44] C. Manzoni, M. R. Lovati, E. Gianazza and C. R. Sirtori, «Soybean protein products as regulator of liver low-density lipoprotein receptors. A rich commercial soy concentration and a deficient mutant differently affect low-density lipoprotein receptor activation,» *Journal of Agricultural Food Chemistry*, vol. 46, pp. 2481-2484, 1988.
- [45] Voet, D., Voet, J.G. and Pratt, C.W., *Fundamentals of biochemistry: Life at the Molecular level*, in: John Wiley and sons (2nd Eds.), Asia, p. 113, 2006.
- [46] A. E. Harper, D. A. Benton and C. A. Elvehjem, «L-Leucine and isoleucine antagonist in the rat,» *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 57, pp. 1-12, 1955.
- [47] Y. G. Deosthale, V. S. Mohan and K. V. Rao, «Varietal deficiencies in protein, lysine and leucine content of grain sorghum,» *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, vol. 18, pp. 644-646, 1970.
- [48] J. C. Favier: Nutritional value and behavior of cereals during processing. ORSTOM-CIQUAL, 16, rue Claude Bernard, 75005 Paris, France, 1989.
- [49] N. Van Hoan: Conditions of use of a «very low-cost cooker-extruder» for the manufacture of infant formula in Vietnam. PhD thesis in Food Science, University Montpellier II, 2008.
- [50] M. K. S. El khier and A. O. Hamid, «Effect of malting on the chemical constituents, antinutrition factors and ash composition of two sorghum varieties (feterita and tabat) grown in Sudan,» *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, vol. 4, no. 5, pp. 500-504, 2008.

- [51] S. Trèche, B. de Benoist, D. Benbourzid, A. Verster and F. Delpeuch: «Supplementary feeding for young children». ORSTOM Editions. P39-46, 1995.
- [52] B. Tian, B. Xie, J. Shi, J. Wu, Y. Cai, T. Xu, S. Xue and Q. Deng, «Physicochemical changes of oat seeds during germination,» Food Chemistry, vol. 119, no. 3, pp. 1195-1200, 2010.
- [53] M. Ouazib: Supplementary feeding of young childrenEffect of treatments on nutritional and functional parameters of locally produced chickpea: impact on rheological, physicochemical and sensory properties of chickpea-based bread. PhD thesis, University A.Mira-Bejaia, Algérie, p. 153, 2017.
- [54] J. W. Dziejak, «Preservatives: ANTIOYDANTS The ultimate answer to oxidation,» Food Technology, pp. 94-102, 1976.

Potentiel fourrager des arbres et arbustes en Afrique de l'Ouest: Synthèse bibliographique

[Fodder potential of trees and shrubs in West Africa: Literature review]

Idrissa SOUMANA¹, Ibrahim BIGA¹, and Ali MAHAMANE²

¹Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Départements de Productions Animales (DPA) et de Gestion des Ressources Naturelles (DGRN), BP 429 Niamey, Niger

²Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Productions Végétales, BP 78 Diffa, 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: In West Africa, fodder trees and shrubs play an important role in the socio-economic life of populations. The aim of this study is to summarize the literature on the use of these species worldwide, in Africa and in Niger. The methodological approach used in this study is documentary research via the Internet. The results show that articles (67%) are the most frequently consulted documents. Of this wealth of documentation, the subjects most dealt with were the inventory and distribution of fodder trees and shrubs (13%), followed by studies on animal husbandry systems (10.2%), the feed value of woody fodder (10.2%) and agrostological studies (9.90%). It has been shown that trees and shrubs play a major role in feeding, especially in the Sahel, where they help to alleviate the fodder deficit during long dry seasons and periods of drought. The 100 species concerned are mainly Fabaceae, Capparidaceae, Combretaceae, Malvaceae, Rubiaceae and Rhamnaceae.

KEYWORDS: forage trees and shrubs, ecology, multifunctionality, food, animal nutrition.

RESUME: En Afrique de l'Ouest, les arbres et arbustes fourragers jouent d'importants rôles dans la vie socioéconomique des populations. Cette étude a pour objectif de faire la synthèse bibliographique relative à l'exploitation de ces espèces à l'échelle mondiale, africaine et nigérienne. L'approche méthodologique qui a prévalu dans cette étude est la recherche documentaire via l'internet. Les résultats montrent que les articles (soit 67%) sont les documents les plus consultés. De cette riche documentation, les sujets les plus traités sont l'inventaire et la distribution des arbres et arbustes fourragers (13%) suivi des études sur les systèmes d'élevage des animaux (10,2%), la valeur alimentaire des fourrages ligneux (10,2%), les études agrostologiques (9,90%). Il a été prouvé que c'est surtout au Sahel que les arbres et les arbustes jouent un rôle majeur dans l'alimentation, parce qu'ils permettent d'atténuer le déficit fourrager des longues saisons sèches et des périodes de sécheresse. Les espèces concernées au nombre de 100, sont en majorité des Fabaceae, des Capparidaceae, des Combretaceae, des Malvaceae, des Rubiaceae et des Rhamnaceae.

MOTS-CLEFS: arbres et arbustes fourragers, écologie, multifonctionnalité, alimentation, nutrition animale.

1 INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, les arbres et arbustes fourragers jouent d'importants rôles dans la vie socioéconomique des populations, en particulier dans l'affouragement des herbivores pendant les périodes critiques de déficit fourrage. En effet, ils constituent un supplément de protéines, de vitamines et de minéraux importants surtout en saison sèche, où l'herbe de mauvaise qualité et dure est rare sur les parcours naturels [1]. Plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes contribuent à la ration des animaux. Les feuilles, les fruits et les fleurs sont généralement mis à la disposition des animaux après émondage, ébranchage, étêtage ou encore abattage. Ces pratiques parfois peu respectables de l'environnement, peuvent être préjudiciables à certaines espèces fourragères et parfois même à la biodiversité. La connaissance des conditions d'exploitation des espèces fourragères est capitale pour leur meilleure gestion. Cette étude présente la synthèse de la littérature existante sur les conditions d'exploitation des arbres et arbustes fourragers.

2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

La méthode utilisée a consisté à une recherche bibliographique sur l'internet en utilisant un certain nombre de mots de clé (trees, shrubs, fodder, West Africa, nutrient value, etc.) et une analyse approfondie de la documentation obtenue (figure 1). Cette dernière a concerné les travaux développés à l'échelle globale, à l'échelle africaine et Ouest africaine et des études au niveau des pays. Ensuite un tri de la documentation a été faite en tenant compte de l'année de la publication et la thématique abordée en relation avec les arbustes et arbres fourragers. Après le tri, les différents documents utilisés ont été catégorisés. On distingue les articles qui sont des publications scientifiques avec une partie « matériel et méthodes de collecte et d'analyse des données ». Les articles de synthèse sont généralement des revues bibliographiques sans une partie « matériel et méthodes de collecte et d'analyse et des données ». Les livres qui sont des documents avec ISBN et les livres sans ISBN qui sont des documents de stratégie, de projets ou de programmes, etc. Les rapports d'études évalués et validés qui sont des rapports et actes des ateliers évalués et validés. Les rapports d'études non évalués qui sont des rapports et actes des ateliers non évalués et non validés. Les rapports techniques qui sont des documents ou fiches techniques. Et les mémoires qui sont des Thèses de doctorat, de Master ou de License des étudiants. L'analyse de la documentation a consisté à un screening pour identifier les principaux sujets abordés.

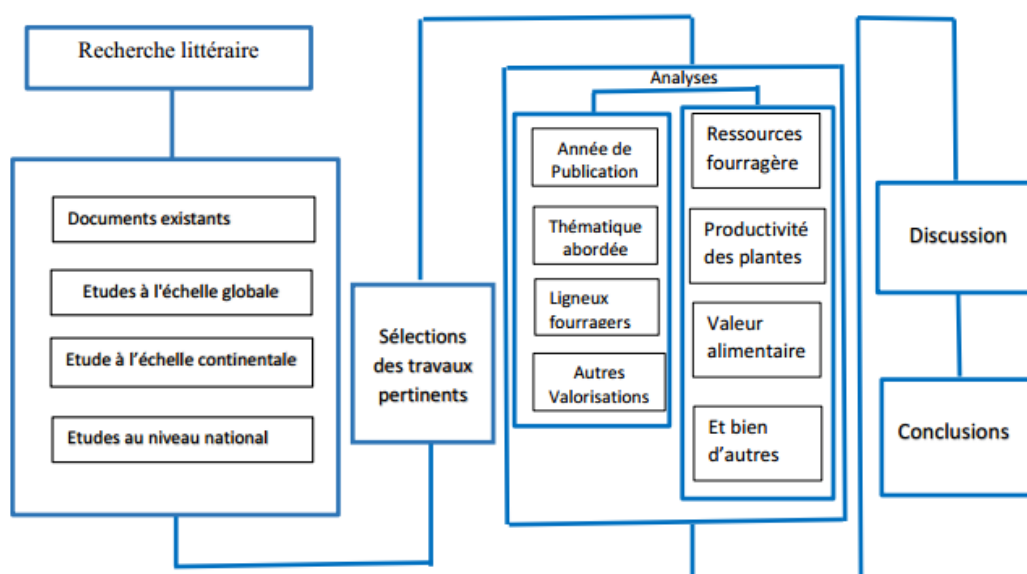


Fig. 1. Méthode utilisée dans cette étude [2]

3 RÉSULTATS

3.1 TYPOLOGIE DE DOCUMENTS CONSULTÉS

Les types de documents consultés pour mener cette étude sont au nombre de sept (7) (Figure 2). Parmi ces documents, les articles scientifiques sont les plus importants. Ils représentent au total 50% (83 articles) de la documentation abordée. Ils sont suivis des articles de synthèse (24 articles), des rapports techniques (16 articles), des mémoires (17 mémoires) et des rapports d'étude évalués (17 rapports) et validés et des livres sans ISBN. Les livres avec ISBN et les rapports d'études non évalués ont été les moins consultés.

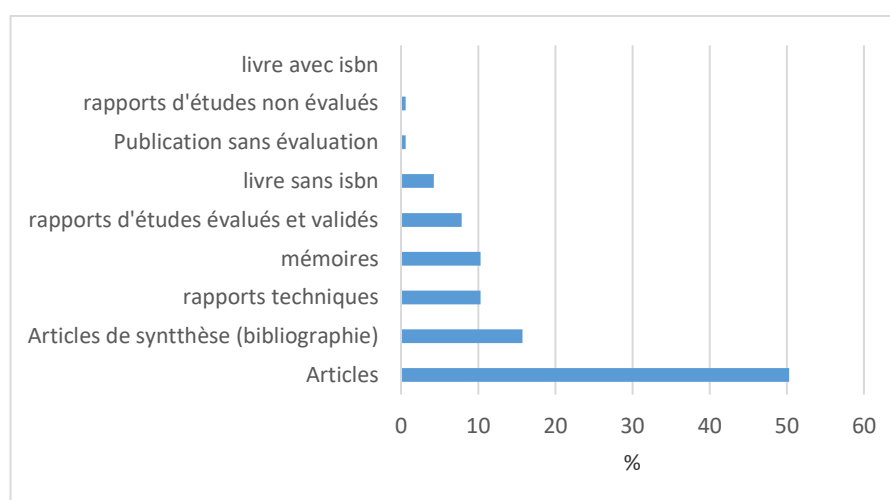


Fig. 2. Types de documents consultés

3.2 COUVERTURE GÉOGRAPHIQUE DES DOCUMENTS CONSULTÉS

Les documents consultés divergent en termes de couverture géographique (figure 3). La majorité des travaux se sont intéressés à l'Afrique de l'Ouest, un pays de l'Afrique de l'Est, l'Afrique de façon générale et le Niger. Les documents les moins consultés ne concernent pas l'Afrique.

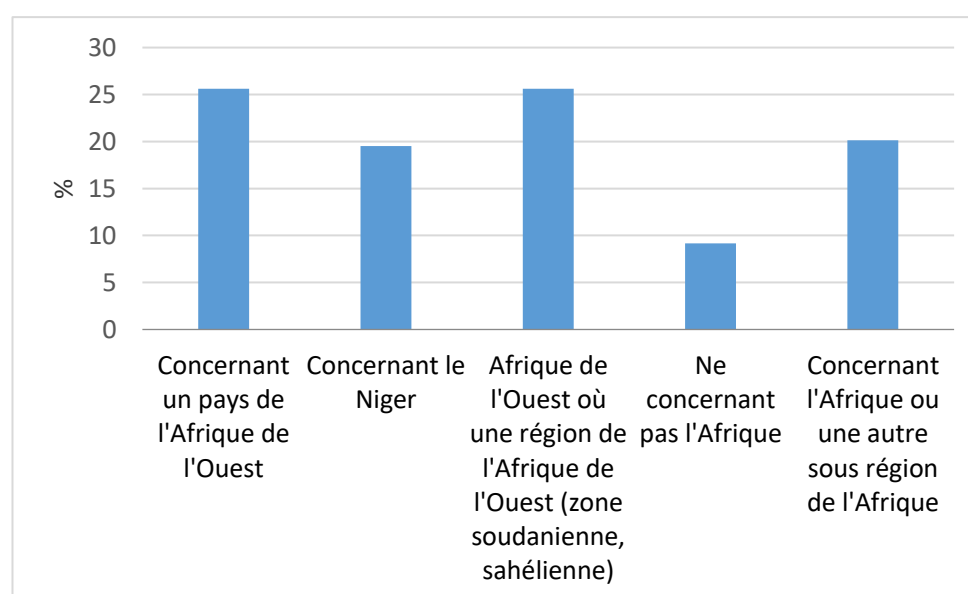


Fig. 3. Zones couvertes par les documents consultés

3.3 SUJETS ABORDES PAR LES DOCUMENTS CONSULTÉS

Les thématiques abordées au sujet des arbres et arbustes fourragers sont variées, mais la majorité de la littérature soit 13% a traité de l'inventaire et de la distribution des arbres et arbustes fourragers (Figure 4). Durant le temps, cette dernière a été l'une des thématiques dominantes des études sur les arbres et arbustes fourragers et elle a permis l'identification et la connaissance des espèces fourragères (figure 5). Cette thématique est suivie des études sur les systèmes d'élevage des animaux, la valeur alimentaire des fourrages ligneux, les études agrostologiques sur les écosystèmes pâturés, l'effet de la supplémentation avec des fourrages provenant des arbustes et arbres sur la consommation alimentaire des herbivores, etc. La question relative à l'adéquation entre le disponible et le besoin des animaux n'a pas été abordée. Cette dernière mérite mieux d'être abordée parce qu'elle permet un meilleur contrôle de la charge animale. Beaucoup d'autres aspects n'ont pas été également abordés. Il s'agit particulièrement :

- du comportement alimentaire des ruminants (bovins, camélins, caprins, ovins, etc.) sur parcours;
- de l'effet de la RNA sur la diversité, la production et la qualité des fourrages ligneux fourragers;

- de l'effet de la mise en cultures sur la production et la qualité des fourrages ligneux (potentiel fourrager des terroirs villageois);
- des tests d'utilisation des espèces ligneuses tellesque le Moringa, les espèces du genre, *Boscia*, *Cadaba*, *Maerua*, etc. dans l'alimentation des ruminants;
- de la variation de la productivité et de la valeur alimentaire des arbres et arbustes fourrages suivant le gradient pédoclimatique;
- de l'effet des parasites défoliateurs ou floricoles sur la productivité des ligneux fourragers (pathologies des ligneux fourragers);
- de l'effet de l'irrigation sur la productivité des ligneux fourragers sur les périmètres irrigués;
- des plantes envahissantes des parcours;
- des lianes ligneuses fourragères telleque *Leptadenia hastata*;
- des limites des banques fourragères;
- de l'économie de la production de la production des ligneux fourragers en Afrique de l'Ouest;
- de transformation et la conservation des ligneux fourragers, etc

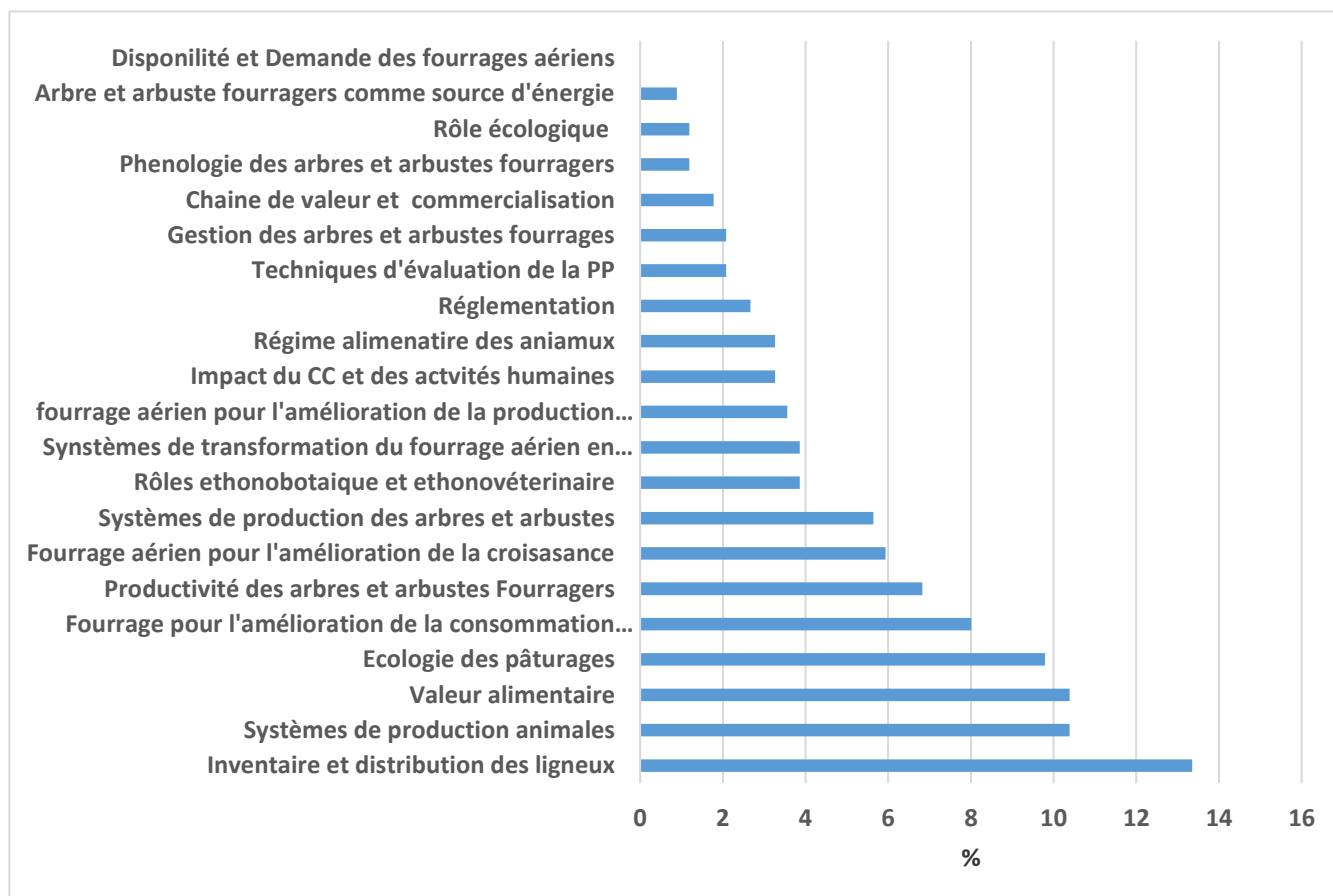


Fig. 4. Différents sujets abordés dans la littérature

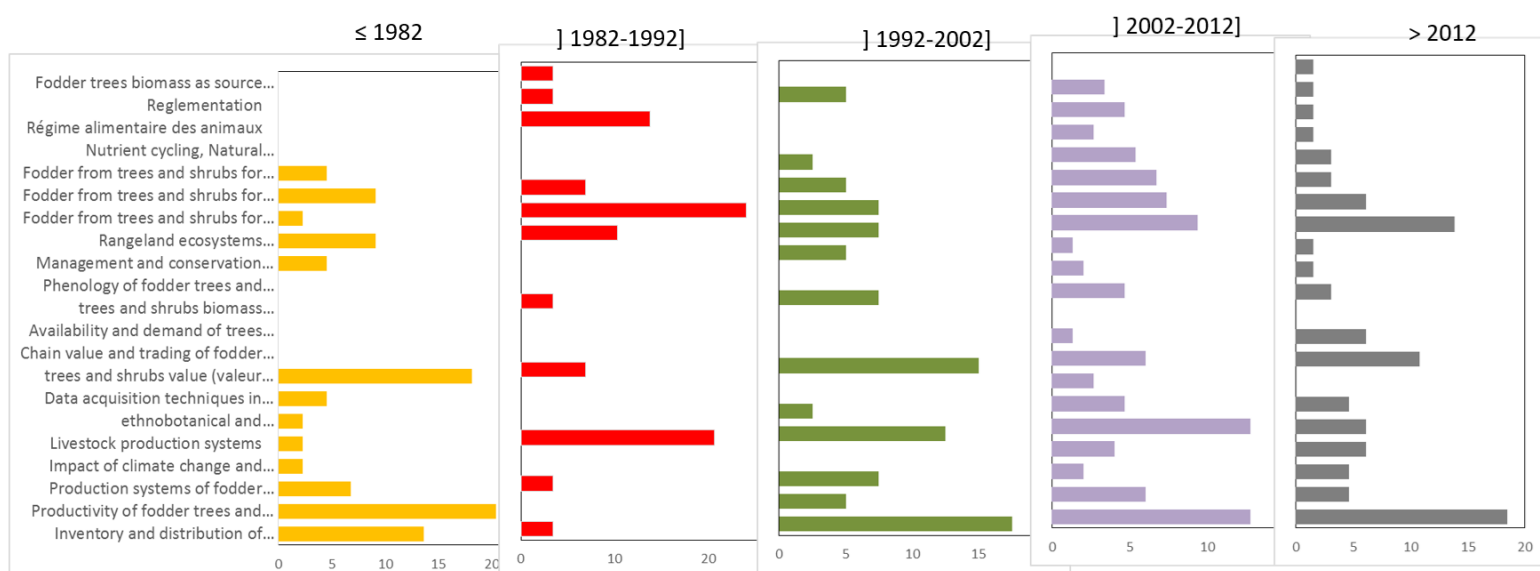


Fig. 5. Fréquences dans le temps des principales thématiques abordées dans les travaux

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Grace à leur enracinement profond, la plupart des arbres et arbustes fourragers entretiennent une production fourragère importante même pendant les périodes critiques de saison sèche et de sécheresse. Cette fonction est extrêmement importante particulièrement dans les systèmes arides parce qu'elle permet d'assurer un supplément alimentaire précieux, pendant les périodes de déficit fourrager chronique où le pâturage herbacé à maturité ou sec, rare et pauvre en protéine, vitamine et minéraux ne peut pas satisfaire le besoin des animaux.

Les arbres et les arbustes font partie des systèmes de production agricole, sylvicole et pastorale. Ils sont rencontrés presque dans toutes les formations, non seulement dans les systèmes agrosylvopastoraux comme les parcours naturels et les parcs agroforestiers, mais aussi dans les ripisylves, les aires protégées et les terrains restaurés, en dépend de l'âge du site restauré ([3]; [4]). Ils jouent d'innombrables fonctions sociales, économiques et écologiques parmi lesquelles la production alimentaire pour les humains et les animaux, les médicaments, le bois de service et d'œuvre, l'atténuation des changements climatiques, la conservation et la restitution de la fertilité des sols, et enfin ils procurent des sources importantes de revenu pour les populations (tableau 1). Ces fonctions ont valu même pour les espèces fourragères exotiques introduites un effort considérable de travaux de recherche surtout en ce qui concerne leur potentiel fourrager, leur utilisation et leur état de conservation.

Sur les 9000 espèces d'arbres et d'arbustes fourragers de l'Afrique, 6750 sont rencontrées en Afrique Subsaharienne dont 100 espèces au Sahel, parmi lesquelles les plus importantes sont de la famille des Fabaceae, des Capparidaceae, des Combretaceae, des Malvaceae, des Rubiaceae et des Rhamnaceae ([1]; [3]). Parmi les Fabaceae, les espèces du genre *Acacia*, sont les plus importantes au Sahel, elles sont suivies des Combretaceae des genres *Combretum*, *Terminalia*, *Anogeissus*, *Guiera*; et les capparidaceae des genres *Maerua*, *Cadaba*, *Boscia*, *Crataeva* et *Capparis*. Pour les Malvaceae et les Rhamnaceae c'est respectivement les espèces du genre *Grewia*, et *Ziziphus* qui sont les plus importantes.

Tableau 1. Espèces ligneuses fourragères, parties consommées et autres utilisations

Familles	Espèces	Parties utilisées	Animaux concernés	Autres utilisations	Références
Fabaceaea	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne - Redh.	Ra/feui, Fr	Ovins, caprins, bovins	pharmacopée, infection de la gencive, toux, malaria, antihelminthique (écorce), contraceptif, maux de ventre, toux, malaria, rhumatisme, maladie vénérienne (racine), lotion pour les yeux (feuilles)	[[4] ; [5] [6]; [7]]
Fabaceaea	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Feui/Fr	ovins, caprins, bovins et volailles	Artisanat, construction, pharmacopée, maux de tête, maux de ventre, maux de dents	[[8] [9] [5]] [6] [7]]
Meliaceae	<i>Khaya senegalensis</i> (Des.) A. Juss.	Ra/feui	ovins, caprins	artisanat, pharmacopée, constipation, diarrhée; fièvre, malaria, Tonique (écorce),	[[10] [5] [6] [7] [9]]
Fabaceaea	<i>Acacia raddiana</i> DC	Ra/feui, Fr	caprins, ovins, bovins, volaille	Alimentation	[[11] ;[12]]
Fabaceaea	<i>Acacia sieberiana</i> DC	Ra/feui, Fr	caprins, ovins, bovins	Morssure de serpents,	[[12] ; [13] [14] ; [15] ; [5] ; [6] [12]]
Fabaceaea	<i>Azelia africana</i> Sm. Ex Pers.,	Ra/feui		artisanat, pharmacopée	[[4] ; [10] ; [16] [17]]
Fabaceaea	<i>Cassia sieberiana</i> DC.,			pharmacopée, éléphantiasis, maladies vénériennes, dysenterie, hémorroïde (écorce), cathartique, fièvre, ulcère (feuilles), pansement de blessures (gomme), vermifuge (gousse),	[[13] ; [14]]
Fabaceaea	<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A. Chev.,	Ra/feui, fr	caprins, ovins, camelins, volailles	pharmacopée, fièvre, toux, pneumonie, vomissement, diarrhée, hémorragie, ophtalmie (écorce), ophtalmie et diarrhée (	[[13] ; [15] ; [18] ; [5] ; [6] ;[7]]
Fabaceaea	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight et Arn.	Ra/feui, fr	bovins, caprins	pharmacopée, Soupes (graines)	[[13] ; [19] [20] ; [17] ; [18] ; [7] ; [6]]
Fabaceaea	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth.) Meeuwen	Ra/feui			[4]
Fabaceaea	<i>Prosopis africana</i> (Guill. Et Perr.) Taub,	Ra/feui, fr	caprins, ovins, bovins	pharmacopée; diarrhée	[[4] ; [10] ; [20] ; [17] ; [5] ; [6]]
Fabaceaea	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir	Ra/feui, fr	ovins	artisanat, pharmacopée, constipation, diarrhée; avortement, diarrhée, dysenterie, ulcère (écorce),	[4] [21] [13] ; [22] [21] [23] ;
Apocynaceae	<i>Baissea multiflora</i> A. DC.		ovins	Cedèmes (écorce), colique et diarrhée (écorce et racines),	[13] [24]

				appendicite, rhumatisme	
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guil. et Per.	Ra/feui	bovins, ovins, caprins	Déparasitage, Artisanat, pharmacopée; ténifuge, diarrhée, fièvre, pansement des blessures (écorce), gomme (laxatif), ténifuge (graines)	[13] [10] [25] [5] [12] [26] ;
Apocynaceae	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex. A. DC	Ra/feui, fruits	bovins, ovins, caprins	pharmacopée, alimentation (fruits), folie, maux de ventre, œdèmes, alcool (fruits)	[27] [10] [6] [26] [7] [26]
Rubiaceae	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) Kuntze	Ra/feui		épilepsie, gonorrhée (écorce), fièvre, maux de ventre (feuilles),	[7]
Rutaceae	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. et Timler	Ra/feui	caprins, ovins, bovins		[6]
Fabaceae	<i>Glirichidia sepium</i>	Ra/feui	caprins, bovins	améliore le rendement des jachères; haies vives	[28] [27] [29] [30] [31]
Combretaceae	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Diarrhée	[28] [10] [6]
Fabaceae	<i>Calliandra heamatocephala</i> Hassk.	Ra/feui		haie vive	[28] [29] [31]
Fabaceae	<i>Mimosa scabrella</i>	Ra/feui	caprins		[28]
Fabaceae	<i>Sesbania sesban</i> L.) Merril.	Ra/feui	caprins	améliore le rendement des jachères	[28] [27] [29] [31]
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	Ra/feui		haie vive	[28] [27] [29] [15] [18] [31]
Arecaceae	<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Ra/feui, fr		nattes, artisanat, hématurie	[7] [10] [31] [18] [32] [5]
Malvaceae	<i>Adansonia digitata</i> L.	Ra/feui, fr	Caprins, bovins, ovins	condiments (feuilles), alimentation (feuilles et fruits), artisanat, adoucir la peau des enfants (racine), aphrodisiaque (racine), nattes (Racine), ficelles (racine), paludisme (Racine),	
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Ra/feui	Caprins, bovins	Construction, artisanat, alimentation, alcool, pharmacopée	[15] [33] [18] [5] [6] [7]
Balanitaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Ra/feui	Ovins, caprins, bovins	Artisanat, alimentation, Conservation des sols, maux de l'oreille, maux de ventre, enclos, alcool (fruit);	[10] [30] [33] [5] [26] [34] [7] [32]
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L	Ra/feui	Ovins, caprins	Pharmacopée, alimentation, soins vétérinaire	[5] [6] [26]
Fabaceae	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Ra/feui, fr	caprins, ovins, caprins, camelins	Maladies des pieds et de la bouche, construction des maisons/puits, enclos, ophtalmie, rhume, diarrhée et hémorragie (écorce, feuilles et gommages),	[5] [6] [10] [26] [7]

Anacardiaceae	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Ra/feui		Pharmacopée, Fatigue, sorcellerie	[5] [26] [10] [20]
				aromes (feuilles); alimentation (feuille et fleur), pertes urétrales, anurie, constipation	
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	Ra/feui		(racine), aphrodisiaque, gonorrhée, maux de ventre, hémorroïde (feuilles), pansement de blessures (latex),	[7]
Capparaceae	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir.	Ra/feui, fr	caprins, ovins, bovins	Pesticides, pharmacopée, maux de ventre; alimentation (fruits; feuilles), arôme (feuilles séchées); sucre (fleurs);	[10] [7] [26]
Capparaceae	<i>Maerua crassifolia</i> Forsk.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	alimentation (feuilles et les fruits)	[10] [35] [5] [6] [7]
Fabaceaea	<i>Moringa oleifera</i>	Ra/feui		Alimentation	[26]
Fabaceaea	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Alimentation	[26]
Fabaceaea	<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne.	Ra/feui, fr	caprins, camelins, ovins	émollients (gomme)	[7]
Fabaceaea	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Ra/feui, fr	caprins, ovins, bovins, camelins	Gomme arabique, Sorcellerie, enclos	([10] ; [36] [15] ; [33] ; [5]; [6] [26] ; [7])
Fabaceaea	<i>Acacia seyal</i> Del	Ra/feui, fr	ovins, bovins, caprins	gomme arabique, Enclos	([15] ; [33] ; [5] ; [6] ; [7]; [26])
Fabaceaea	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Milsp.	Ra/feui, fr	Caprins, ovins, bovins	améliore le rendement des jachères	([29] ; [31] ; [7])
Burseraceae	<i>Boswellia dalzielii</i> Hutch. = <i>B. odorata</i> Hutch.			Plaies, bains pour la fièvre, rhumatisme, douleur gastro-intestinale,	[7]
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i> (A.Rich.) Engl.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	alimentation (racines, fleurs et fruits), piqures de scorpion, morsure de serpent, malaria, inflammation des yeux (écorce), vermifuge, douleur du cou et de l'estomac (racines), sédatif, soporifique (feuilles)	([5]; [7]; [10])
Bignoniaceae	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	fleurs et graines comestibles; épilepsie, syphilis, plaies (écorce), Dysenterie, maux de ventre et de reins, maladies vénérienne (feuilles), purgatif, aphrodisiaque, pansement pour les	([10]; [32])

				ulcères, rhumatisme, dysenterie,	
Bignoniaceae	Stereospermum Kunthianum Cham.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	alimentation (fruits), hémostatique et cicatrisant, ulcère, lèpre, éruption cutanée, maladies vénériennes (écorce, feuilles), diurétique (feuilles), toux (gousses), m	(([10]; [32]))
Asclepiadaceae	Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.				
Asclepiadaceae	Calotropis procera (Ait.) R. Br.		caprins, ovins, bovins	émétique, cathartique, antidote contre les poisons (écorce), morsure de serpent (racines), latex purgatif, plaies vénériennes, asthme; diarrhée, maux de ventre (latex),	(([7] ; [10] ; [37]))
Anacardiaceae	Mangifera indica L.				
Malvaceae	Bombax costatum Pellegr.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Fièvre jaune et maux de tête (écorce), émollients (feuilles)	(([7] ; [10] ; [17]))
Fabaceaea	Bauhinia rufescens Lam.		Caprins, ovins, camelins	construction,	(([5] ; [10] ; [26]))
Fabaceaea	Burkea africana Hook.				
Fabaceaea	Cassia singueana Del.				
Fabaceaea	<i>Danielia oliveri</i> (Rolf.) Hutch. et Dalz.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Pharmacopée, Construction, Energie, ethno vétérinaire	[10]
Fabaceaea	<i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Pharmacopée, Alimentation Energie	[10] ;
Fabaceaea	<i>Isobertinia doka</i> Craib. et Stapf.	Feuilles		Pharmacopée, Construction, Energie,	
Fabaceaea	<i>Isobertinia tomentosa</i> (Harms) Craib. et Stapf.				
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. et Perr.	Feuilles		Pharmacopée, Construction, Energie,	
Combretaceae	<i>Combretum glutinosum</i> Perr ex DC	Folioles	caprins, ovins, bovins	Maladies buccales et des pieds, artisanat, pharmacopée, toux, rhume, vomissement, tétanos	(([20] ; [6] ; [26] ; [7] ; [26]))
Combretaceae	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Graines comestibles, purgatif, douleurs d'estomac, catarrhes, pansement de blessures, traitement d'ascaris (écorce), diurétique, purgatif (feuilles), trouble oculaire (sève)	(([30] ; [10] [20] ; [5] ; [7]))
Combretaceae	<i>Guiera senegalensis</i> J.G. Gmel.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins	Artisanat, construction, pharmacopée, folie, toux, rhume, diarrhée,	(([5] ; [6] ; [10] ; [26]))

				dysenterie, bronchite, fièvre, panacée universelle (feuilles), hoquet	
Combretaceae	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. Et Perr.	Ra/feui	caprins, ovins, bovins		([6] ; [10] ; [25])
Moraceae	<i>Ficus sycomorus</i> L. subsp. <i>gnaphalocarpa</i> (Miq.) Berg.	Ra/feui, fr	ovins, caprins	alimentation (fruits), alcool	([6] ; [7] ; [38])
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.			alimentation (fruits), alcool; douleur de la poitrine (écorce), dysenterie, gonorrhée, [7] abcès, tuberculose, toux écorce), toux, dysenterie (feuille infusée),	
Rhamnaceae	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.			alimentation (fruits), alcool	[7]
Sapotaceae	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.		caprins, ovins, bovins	Blessure de pieds et de la bouche, morsure de serpents, rétention placentaire	[26]
Sterculiaceae	<i>Sterculia setigera</i> Del.	Feui	caprins, ovins, bovins	Pharmacopée, Magico- mystiques, supplément alimentaire, Firewood	
Fabaceae	<i>Acacia tortilis</i> (forsk.) Hayne subsp. <i>Raddiana</i> (Savi.) Brenan.	Ra/feui, fr	caprins, ovins, bovins		([15] ; [18] ; [26])

Les parties végétales consommées dépendent des espèces végétales, néanmoins, les plus consommées sont les feuilles, les fleurs, les fruits, les bourgeons et les jeunes rameaux (tableau 1).

L'élevage au Sahel est dominé par des systèmes pastoraux où l'élément caractéristique est la mobilité des animaux [39]. L'autre forme d'élevage ce sont les systèmes hors sol urbains et périurbains où la caractéristique majeure est l'usage des intrants zootechniques. Dans les systèmes pastoraux, le fourrage aérien peut être brouté directement sur les pieds des arbres ou des arbustes ou mis à la disposition des animaux après émondage, taillage en parasol ou abattage. Par contre dans les systèmes hors sols, le fourrage frais ou sec, broyé ou non, mélangé ou non à d'autres ressources alimentaires est donné à l'auge aux animaux y compris les porcs et les volailles.

Les résultats issus des analyses bromatologiques même sur la même espèce avec les mêmes organes peuvent varier substantiellement et ne permettent pas de tirer des conclusions objectives. Au Sahel, les fourrages aériens ont généralement des teneurs élevées en protéine brute, en éléments minéraux et en vitamines, même en saison sèche, période pendant laquelle l'augmentation de la teneur en tanin dans les organes végétaux peut réduire la qualité du fourrage. En saison sèche où l'herbe devient sèche et dure, même la valeur énergétique des fourrages ligneux peut doubler celle de graminée. En dépit des pertes à travers les urines des huiles contenues les fourrages aériens, cette énergie semble être faiblement incorporée par les animaux. Les Fabaceae sont considérées comme les meilleures espèces fourragères en dépit de non seulement des rations facilement digestibles (propriété laxative) riche en azote, énergie, minéraux et vitamines et qu'elles procurent aux herbivores, mais aussi elles permettent de réduire le coût de l'alimentation en limitant l'achat des intrants. Au Sahel, certaines Capparidaceae et Combretaceae ont révélé des fortes teneurs en protéine et minéraux, et des valeurs énergiques parfois nettement supérieures à celle des Fabaceae. En fait, la matière sèche de certaines Capparidaceae est comparable à celle de beaucoup de concentrés, sous-produits agroindustriels locaux entre autres les tourteaux de coton, les drèches de brasserie, etc. Parmi les Fabaceae fourragères, les espèces du genre *Acacia* semblent être les plus importantes au Sahel, au niveau des Capparidaceae, ce sont surtout les espèces du genre *Boscia*, *Maerua*, *Crataeva* et *Cadaba* et les Combretaceae sont en particulier constituées par des espèces du genre *Combretum*, *Terminalia*, *Anogeissus* et *Guiera*. Face à l'augmentation de la pression anthropique et aux futures événements climatiques extrêmes probables, la conservation de ces espèces largement broutées par les herbivores est fondamentale ainsi que leur utilisation dans la restauration des terres et le développement des outils de gestion.

Différents travaux sur les ovins, les caprins et les bovins ont montré l'effet bénéfique de la complémentation avec le fourrage aérien sur la productivité des animaux [37]. Les travaux de recherche sur l'utilisation des ligneux fourragers comme complément alimentaire ont été initiés dans le sens de leur valorisation en vue de les substituer aux sous-produits agro-industriels (SPA) pour réduire le coût de production, puisque les concentrés reviennent chers aux éleveurs. Ces tests d'alimentation même s'ils ont été conduits sur peu d'espèces, ont permis d'avoir des résultats concluants. Le taux de complémentation couramment utilisé dans ces expérimentations varie

de 30 à 50% par rapport aux rations de base locale, consommées *ad libitum* [31]. Si ces expérimentations se sont plus accentuées sur *Glirichidia sepium*, *Calliandra heamatocephala*, *Leucaena leucocephala* dans les pays de l'Afrique Australe, dans les pays du Sahel les expérimentations ont porté particulièrement sur l'inclusion des fruits de *Piliostigma reticulatum*, *Acacia tortilis* et *Faidherbia albida* ou des feuilles *Pterocarpus erinaceus* dans la ration des herbivores tous comme celles des monogastriques surtout la volaille. Il reste à étendre ces expérimentations sur les autres espèces notamment les Capparidaceae et les Combretaceae qui ont révélé des valeurs alimentaires comparables à celles des Fabaceae et qui sont largement utilisées pour nourrir les animaux. Il ressort de ces travaux que l'utilisation des fourrages ligneux comme complément alimentaire peut augmenter substantiellement la consommation alimentaire par conséquent l'appétit des animaux et leurs performances zootechniques notamment le gain rapide de poids et la production laitière. Sources relativement importantes de protéines métabolisables, d'énergies fermentables et de minéraux (le calcium, le potassium, soufre, etc.) et de vitamines, les fourrages aériens sont favorables au métabolisme du rumen. Ces conditions propices au développement des microorganismes du rumen, favorise la digestion rapide des aliments, par conséquent leur absorption [40]. En fait, plus le fourrage est consommé par les herbivores, plus il a une forte digestibilité. Cette dernière est particulièrement influencée par la teneur en protéine. Généralement, les fourrages aériens tropicaux ont des teneurs protéiniques relativement faibles, en moyenne entre 15 et 25%, ces valeurs sont nettement supérieures aux teneurs minimales nécessaires à la digestion de 50% de matière sèche, situées entre 6.1 et 7%. Même en saison sèche les fourrages tropicaux aériens des teneurs en protéines supérieurs à 7%, en dessous de ces valeurs, les aliments sont difficilement consommés par les ruminants. Les fourrages aériens tropicaux, s'ils sont donc inclus dans une ration, peuvent permettre de digérer une partie importante de la ration en dépit de leur teneur en protéine généralement supérieur à 7% même en saison sèche. Peu de données sont disponibles sur les teneurs en minéraux et en vitamines des arbres et arbustes fourragers, on sait que les carences en minéraux peut provoquer de problèmes de reproduction chez les ruminants [40] et que les teneurs en minéraux des arbres et arbustes fourragers tropicaux sont convenables au besoin des animaux même si celles-ci varient en fonction de l'âge de la plante, des organes des végétaux, de la saison de l'année, et des conditions écologiques de la plante [41]. Il est clair que le fourrage provenant des arbres et des arbustes ont des avantages importants, sources importantes d'azotes, d'énergies, de laxatifs, de vitamines et de minéraux, ils permettent aussi de diversifier les ressources alimentaires locales et réduire le coût de production en limitant l'usage des intrants zootechniques, chers sur les marchés locaux.

Pour une meilleure compréhension du fonctionnement des systèmes agrosylvopastoraux, des études phytosociologiques et phytoécologiques ont été conduites sur les pâturages naturels soudaniens ([69]; [70], etc.) et sahélien ([71], [72]; [42]) pour l'identification et la description des communautés végétales y comprises celles inféodées aux arbres et arbustes fourragers. C'est travaux sont essentiels non seulement pour des classifications des pâturages sous régionales mais aussi parce qu'ils fournissent l'état de santé de la biodiversité et de son degré de naturalité ou de perturbation pour une meilleure gestion des ressources naturels. Il ressort pour la plupart de ces travaux, les différents pâturages, la phytodiversité, la productivité et la capacité de charge de chaque pâturage, et les paramètres écologiques majeurs déterminant la structuration de végétation. Néanmoins, les capacités de charge des différents pâturages ont été évalués sur la base de la productivité des herbacées, les ligneux ne sont pas pris en compte. La charge animale n'est pas aussi prise en compte dans ces travaux. Par conséquent, ces travaux ne permettent pas de faire une analyse de l'adéquation entre le besoin et le disponible fourrager des zones étudiées, paramètre qui est capital dans la gestion des charges.

Dans la littérature existante, le fourrage provenant des arbres et arbustes est utilisé de plusieurs façons pour l'affouragement des ruminants. Outre le broutage direct du fourrage ligneux sur les pieds des plantes, leur utilisation comme complément alimentaire ([43]; [38]), leur mise à la disposition des animaux après émondage, étêtage ou abatage des plantes [44], le fourrage ligneux est utilisé dans la formulation des rations alimentaires des ruminants comme les non ruminants en substitution des concentrés ([45]. C'est le cas des gousses de *Faidherbia albida*, d'*Acacia tortilis* et de *Piliostigma reticulatum* utilisées dans la fabrication des blocs multi nutritionnels à base de chaume de mil ou de sorgho au Niger. C'est les cas des travaux sur l'incorporation des gousses de *Piliostigma reticulatum* dans les blocs multi nutritionnels à base de *Sida cordifolia* et de chaume de mil pour les antenais de Balami; sur l'incorporation des gousses *Faidherbia albida* dans les blocs multi nutritionnels à base de chaume de mil sur les ovins; [45] sur l'incorporation des gousses d'*Acacia tortilis* en embouche ovine; sur l'utilisation des gousses d'*Acacia tortilis* ou de *Pilostigma reticulatum* dans l'alimentation des volailles. La substitution des concentrés par les ligneux permet de nourrir les animaux à moindre coût même si leur exploitation abusive peut conduire à leur disparition. Il reste à identifier les doses optimales convenables pour les différentes formes de production afin de limiter la surexploitation des ressources.

Plusieurs caractéristiques morphologiques et chimiques existant chez les plantes peuvent limiter la consommation des fourrages arbres et arbustes ([40]; [46]; [47]), il est facile de rencontrer des plantes faiblement palatables et qui ont une forte digestibilité. Résultat de la co-évolution entre les plantes et les herbivores, certaines caractéristiques morphologiques peuvent limiter l'agression des animaux en rendant non attractives pour les animaux soit par leur odeur répulsives qu'elles dégagent c'est le cas de *Cadaba farinosa* et l'abeille, par certains organismes commensaux qu'ils habitent qui sont dissuasifs pour les herbivores ou par la forme de certains organes notamment la présence de longues épines chez les *Acacia*. D'autres plantes, par contre en fonction de leur phénologie, des saisons de l'année ou des conditions pédologiques, peuvent contenir des composés chimiques, toxiques pour les animaux. Il s'agit entre autres des composés phénoliques, de certains acides aminés libres et certains alcaloïdes rencontrés généralement dans les feuilles, les écorces, les fruits et les jeunes rameaux. Parmi les composés phénoliques, le tanin est la contrainte majeure qui limite la consommation des herbivores. Selon le type hydrolysable rencontré surtout dans les gousses des fruits et les galls des végétaux (tumeurs) ou condensé

sous formes de procyanidines ou de proanthocyanidines rencontré presque dans tous les organes des végétaux, la teneur en tanin peut affecter la valeur alimentaire des fourrages en réduisant leur palatabilité et leur digestibilité des aliments. En fait, à travers des réactions biochimiques complexes, le tanin donne des dérivés qui inhibent les réactions enzymatiques du rumen et le métabolisme des microorganismes nécessaires à la digestion et l'absorption des aliments, certains dérivés du tanin comme l'acide phénol-carboxylique peuvent être toxique pour les animaux. Mais certains animaux en particulier les rongeurs, les cerfs et les caprins semblent tolérés plus les tanins que les bovins, les ovins et les volailles, à cause de la proline qu'ils produisent à travers leur salive. Les acides aminés libres comme la mimosine surtout rencontrée chez *Leucaena leucocephala* et les plantes du genre *Mimosa*, peuvent soit affecter le métabolisme normal des acides aminés notamment leur biosynthèse et leur incorporation dans les chaînes des protéines, soit bloquer le métabolisme des microbes du rumen pour les animaux qui ne sont pas habitués à consommer ces aliments. Mais cette dernière contrainte peut être levée en incorporant dans les aliments contenant la mimosine, du liquide de rumen des animaux habitué à la consommer. Un autre acide aminé toxique bien connu dans les ligneux fourragers et la canavarine rencontrée surtout chez les plantes du genre *Canavalia* et *Sesbania*. Généralement, les animaux ingérant les doses excessives de cette substance présentent les symptômes suivants température corporelle basse, des écoulements nasaux clairs, des urines claires ou même la mort. Par contre les alcaloïdes sont des composés complexes contenant habituellement de l'azote dans des structures hétérocycliques et ou aromatiques. Ces substances en particulier rencontrées chez les plantes du genre *Erythrina* sont toxiques et présentent des propriétés pharmacodynamiques importantes, mais il n'y a pas d'informations suffisantes pour tirer des conclusions générales sur les effets de ces composés sur la production animale.

Le fourrage des arbres et des arbustes en particulier les feuilles, les fleurs, bourgeons, les fruits et les jeunes rameaux qu'ils soient commercialisés ou non proviennent généralement des systèmes sylvo-pastoraux et agrosylvo-pastoraux et dans la moindre mesure des ripisylves, des terres restaurées et des banques de fourrage ([15]; [48]; [68]). Même si les travaux de recherche actuels ne permettent d'apprécier objectivement la contribution des terres restaurées. En Afrique de l'Ouest, traditionnellement, les systèmes sylvo-pastoraux, et les ripisylves se répartissent selon [49] dans quatre zones de végétation dont deux sont des centres régionaux d'endémisme et les deux autres des zones régionales de transition. En allant du Sud vers le Nord, on distingue: (i) La zone guinéo-congolaise (centre d'endémisme), (ii) la zone de transition guinéo-congolaise/soudanaise, (iii) la zone soudanaise (centre régional d'endémisme) et (iv) la zone de transition du Sahel [50].

Les systèmes sylvo-pastoraux et ripisylves des zones guinéo-congolaises et soudaniennes, en particulier les formations savanicoles qui peuvent dériver des forêts, sont surtout concernés par l'élevage. Le fonctionnement ces formations ne sont pas différents des steppes sahéniennes puisqu'elles sont constituées de trois strates de végétation: arborescente, arbustive et herbeuse [51]. La strate ligneuse est à dominance de Fabaceae, particulièrement les sous familles Papilionoideae et Caesalpinoideae. Et les herbacées dominées par les Poaceae de la sous famille des Andropogonoideae, particulièrement les espèces du genre *Andropogon* et *Hyparrhenia*. La caractéristique essentielle de ces savanes est le passage du feu qui brûlerait les Andropogonoideae de grande taille en début de saison pour permettre une nouvelle repousse de quelques jours, ce qui fournit une petite quantité de fourrage de haute qualité qui compenserait adéquatement le fourrage disponible dans les zones non brûlées. Dans ces zones les systèmes sylvo-pastoraux ne jouent pas un rôle majeur comme au Sahel mais plutôt les Andropogonoideae.

En Afrique de l'Ouest, c'est dans les systèmes sylvo-pastoraux et les ripisylves de la zone de transition du Sahel que les ligneux fourragers jouent un rôle majeur dans l'alimentation des herbivores à cause de la longue saison sèche et des épisodes d'extrême sécheresse. Ces systèmes sont essentiellement des steppes avec recouvrement et une densité des arbres et arbustes atteignant rarement 30% et 100 pieds/ha. Dans ces systèmes, c'est surtout les espèces des familles des Fabaceae, des Combretaceae et des Capparidaceae, Malvaceae, Rubiaceae et Rhamnaceae qui jouent un rôle majeur. Parmi les Fabaceae c'est surtout les *Acacia* parmi lesquelles les plus importantes sont: *Acacia ehrenbergiana* Hayne, *Acacia senegal* (L.) Willd., *Acacia seyal* Del., *Acacia tortilis* (forsk.) Hayne subsp. *Raddiana* (Savi.) Brenan, *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del. Parmi les Fabaceae, on peut évidemment inclure des espèces très importantes comme *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst., *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arn., *Pterocarpus erinaceus* Poir, etc. Les Combretaceae particulièrement du genre *Combretum*, *Terminalia*, *Anogeissus* et *Guiera*, avec les espèces *Combretum glutinosum* Perr ex DC, *Combretum aculeatum*, *Guiera senegalensis* J.G. Gmel., *Terminalia avicennioides* Guill. Et Perr. et *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. Au niveau des Capparidaceae, c'est surtout les genres *Maerua*, *Cadaba*, *Boscia*, *Crataeva*, et *Capparis* avec les espèces comme *Maerua crassifolia*, *Boscia senegalensis*, *B. angustifolia*, *B. salicifolia*, *Cadaba glandulosa*, *Crataeva adansonii*, etc. Parmi les Malvaceae, on peut citer *Grewia bicolor*, *Grewia villosa*, *Adansonia digitata* L., *Sterculia setigera* Del., etc. Les Rubiaceae sont essentiellement *Feretia apodanthera* Del., *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze, etc. et les Rhamnaceae sont constituées des *Ziziphus mauritiana* Lam., *Ziziphus mucronata* Willd., *Ziziphus spina-christi* (L.) Desf., etc. D'autres espèces très importantes sont *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica*, *Commiphora africana* des familles Balanitaceae, Salvadoraceae et de Burseraceae.

Les systèmes agrosylvo-pastoraux sont essentiellement les différents types de parcs agroforestiers classiques et modernes, conçus de façon à inclure délibérément outre les diverses fonctions classiques des parcs la production fourragère, même si cette dernière peut ne pas être la fonction primordiale ([52]; [53]). Dans les systèmes classiques, les ligneux sont plantés ou entretenus dans les cultures parce qu'ils procurent de l'ombre, du bois, des feuilles, des fruits ou des graines comestibles. Ils sont aussi utilisés pour délimiter les champs, contrôler l'érosion, améliorer et stabiliser les sols. Les systèmes modernes y compris les cultures en bandes et la RNA, ont été développées après les sécheresses de 1973, avec comme objectifs de base le contrôle de l'érosion, la production fourragère et du bois.

Les techniques agroforestières en bande alternée (ou sous forme de haie de vive) intégrant les plantes exotiques fourrages gagnent de plus en de terrain en Afrique Australe, où les espèces comme *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena diversifolia*, *Leucaena trichandra*, *Chamaecytisus palmensis* and *Sesbania sesban* sont très utilisées [54]. En Afrique de l'Ouest, c'est surtout la Régénération Naturelle Assistée (RNA) qui gagne de plus en plus terrain parce qu'elle permet rapidement le développement d'un couvert végétal qui protège le sol contre l'érosion et favorise le recyclage des nutriments. Cette technique si elle favorise les espèces ligneuses fourragères, elle peut permettre de limiter les déficits fourragers qui deviennent de plus en plus chronique en Afrique de l'Ouest.

Le concept de banque fourragère, développé à Kaduna au Nigeria dans les années 70, constitue la première tentative d'introduction de cultures fourragères dans les terroirs subsahariens [55]. La banque fourragère, permet de constituer un complément disponible aux périodes critiques pour certaines catégories d'animaux. La banque fourragère est une parcelle de quelques hectares, mise en place par un agro-éleveur, clôturée pour permettre l'installation et la gestion de légumineuses fourragères. Elle est pâturée quelques heures par jour pendant la saison sèche par les animaux en gestation et en lactation. Cette pratique reste courante dans les zones humides et subhumides de l'Afrique [15], surtout au Nigéria, et Mali où on rencontre encore des banques à *Gliricidia sepium*, *Pterocarpus erianaceus*, *P. lucens*, *Cajanus Cajan*. Au Niger, malgré les essais en station, cette pratique n'a pas connu une large diffusion chez les producteurs. Dans les systèmes arides et semi-arides comme le Niger, le développement des banques fourragères constitue une alternative importante permettant de limiter la pression sur les ressources fourragères.

Le comportement alimentaire des bovins, caprins, ovins camelins a été abordé par différents travaux de recherche pour analyser leurs régimes alimentaires et les sources des aliments consommés. Ces travaux sont essentiels pour chaque localité, parce qu'ils permettent de rendre la part de chaque espèce et/ou écosystème de ladite localité dans la ration des herbivores. Les techniques couramment utilisées sont entre autres la méthode coprologique [33], le suivi et l'observation des animaux au pâturage [10] ou par l'analyse du contenu du rumen ou de la fistule de l'œsophage. Ces travaux montrent qu'il y a une variation substantielle de la proportion des espèces et de l'apport des écosystèmes dans la ration des animaux en fonction saison de l'année et des espèces animales en raison des variations de la disponibilité et de la palatabilité des espèces en ce sens que dans chaque localité, les espèces disponibles sur les différents types de parcours sont importantes dans la détermination des régimes alimentaires des différentes espèces animales. C'est le cas des travaux qui ont montré que dans le Sahel malien, que les bovins ont une préférence pour les graminées en particulier en saison pluvieuse où 95% du fourrage consommé est composé de graminées. Au Niger, la référence [56] a analysé par la méthode coprologique le régime alimentaire de la girafe du Niger et a montré qu'il est en grande partie composé des ligneux de la famille des Fabaceae et des Combretaceae [45], par la méthode de suivi et d'observation des ovins au pâturage et ont montrés que leurs régimes alimentaires est essentiellement composé de *Guiera senegalensis*. La méthode coprologique a montré que le régime alimentaire du dromadaire à Ouargla (Algérie) varie en fonction des saisons de l'année et qu'il est composé globalement de 18 espèces dont 14 espèces ligneuses et 4 herbacées.

Les rôles des arbres et arbustes fourragers peuvent être différents en fonction de systèmes de production. Dans les systèmes sylvopastoraux par exemple, les principaux rôles des arbres et arbustes sont l'amélioration de la production animale à travers d'une part, la fourniture de fourrage de qualité relativement bonne pendant les périodes critiques de déficit notamment les saisons sèches et les périodes de sécheresse et d'autre part le contrôle de l'érosion [56]. Par contre, dans le système agrosylvopastoral, il s'agit d'améliorer la production animale et les rendements agricoles par l'intégration des arbres et arbustes dans les systèmes de culture pour une amélioration rapide de la fertilité des sols et le contrôle de l'érosion. Quand bien même les principaux résultats existants s'accordent à une multifonctionnalité des arbres et arbustes fourragers. Source d'alimentation, de fourrages, de bois d'œuvre et d'énergie, de médicaments pour les animaux et les humains et de revenu, ils contribuent à atténuer les effets néfastes des changements climatiques par leur fort potentiel de séquestration de carbone, à améliorer la productivité des terres par la protection des sols contre l'érosion et l'amélioration de leur fertilité. *Cordyla pinnata* par exemple, procure de l'alimentation humaine, du fourrage, le bois service et d'énergie et des médicaments pour l'homme [57]. Leurs parcs, en interceptant 22% des eaux de pluies et en stockant 8.81 tCO₂.ha⁻¹ de carbone contribuent respectivement à stabiliser les sols et à atténuer les effets néfastes des changements climatiques. *Balanites aegyptiaca* dont les racines infusées sont utilisées dans le traitement des maux de l'abdomen et la theilériose et les racines d'*Acacia seyal* dans le traitement de la theilériose. Ces espèces revêtent une importance capitale surtout dans les pays en développement où la majorité de la population ont des revenus limités.

L'utilisation des arbres et arbustes fourragers pour la production d'énergie sous forme de bois ou d'énergie a fait aussi l'objet de discussion dans la littérature. Certaines plantes fourragères sont des sources importantes d'énergie pour les populations. Elles subissent d'intenses mutilations soit pour la production fourragère, pour le bois ou les deux. C'est par exemple de *Azela africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniellia oliveri* où les feuilles sont intensément émondées pour l'affouragement des herbivores [58] et le bois exploités pour l'énergie et autres services. Ces pratiques courantes si elles ne sont pas contrôlées peuvent être préjudiciables à la biodiversité. L'exploitation intensive des espèces forestières est une pratique non viable. Les pratiques qui favorisent la régénération et la persistance des espèces doivent être privilégiées.

En plus de l'exploitation pastorale par les ruminants domestiques, les fourrages provenant des arbres et arbustes sont utilisés à des fins commerciales. Cette activité de plus en plus florissante, dans les zones urbaines et périurbaines où les aires de parcours naturels deviennent de plus en plus restreintes et où les animaux n'ont pas un accès direct aux pâturages a fait l'objet de plusieurs travaux de

recherche pour caractériser la chaîne de valeur du fourrage, la rentabilité et la valeur alimentaire des fourrages commercialisés. Les travaux au Burkina Faso ont montré que la commercialisation de fourrage est une activité financièrement rentable, le fourrage ligneux le plus commercialisé est constitué des feuilles *Pterocarpus erinaceus*. Au Niger, les fourrages ligneux les plus commercialisés sont constitués des fruits et des feuilles de *Faidherbia albida*, les fruits de *Acacia tortilis* et les feuilles de *Ziziphus mauritiana* [67]. Au Ghana, les feuilles de *Ficus sycomorus*, *Azizelia africa* et les feuilles de *Pterocarpus erinaceus* constituent les fourrages les plus commercialisés. la valeur alimentaire des fourrages commercialisés et les acteurs impliqués dans la commercialisation des fourrages [67]. Au Burkina Faso, le fourrage ligneux le plus commercialisé est constitué des feuilles *Pterocarpus erinaceus*.

Le développement des outils pour quantifier la productivité primaire des ligneux pour leur intégration dans l'estimation de la capacité des charges animales des pâturages naturels a été toujours une préoccupation majeure. La méthode couramment utilisée pour estimer la productivité des ligneux est celle de la récolte intégrale qui peut être préjudiciable à la biodiversité. Pour éviter de répéter ces actions plusieurs fois sur les mêmes individus et porter à la vie des plantes, des modèles allométriques d'estimation de la biomasse ont été développés sur les principales espèces fourragères des pays de la sous-région. Il s'agit de *Faidherbia albida*, *Acacia seyal*, *Pterocarpus lucens*, *Ziziphus mauritiana*, *Commiphora africana* et *Balanites aegyptiaca* au Mali [58], *Azizelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniella oliveri*, *Ficus sycomorus*, *Sterculia setigera*, *Acacia dudgeoni* et *Balanites aegyptiaca* au Burkina Faso [60], *Maerua crassifolia*, *Acacia senegal*, *Terminalia macroptera* au Sénégal ([35]; [61]), *Azizelia africana*, *Anogeissus leiocara*, *Ceiba pentandra*, *Dialium guineense*, *Diospyros mespiliformis*, *Tectona grandis* au Bénin. Au Niger le développement des équations allométriques pour l'estimation de la biomasse concernent pour la plupart les espèces agroforestières telles que *Faidherbia albida*, *Prosopis africana*, *Piliostigma reticulatum* et *Ziziphus mauritiana*. En ce qui concerne les systèmes sylvo-pastoraux, les équations allométriques existantes se limitent aux espèces *Maerua crassifolia* et *Acacia ehrenbergiana* [62]. Ces modèles doivent être développés aussi bien pour les principales espèces fourragères des parcs agroforestiers que pour les terres de parcours et les terrains restaurés puisque tous ces systèmes contribuent à l'affouragement des herbivores. Ceci va permettre une bonne appréciation de la production fourragère pour une meilleure prévision de la capacité de charge [12].

Il résulte des outils d'évaluation développés que la productivité des arbres et arbustes fourrages peut être influencée par un certain nombre de facteurs, parmi lesquels les conditions climatiques, édaphiques, géomorphologiques et sanitaires, les systèmes de production sylvo-pastoraux ou agrosylvo-pastoraux, les saisons de l'année et les méthodes de gestion y compris les techniques d'élevage, les méthodes, les hauteurs et les fréquences de coupe des plantes, les méthodes de gestion du feu d'aménagement, etc [15]. Au Sahel, les zones de hotspot de biodiversité, généralement les dépressions de talweg, présentent une texture argileuse. Dans ces zones la productivité des arbres est relativement élevée. C'est le cas des pâturages du Sahel Malien, où [63], ont observés des densités de *Pterocarpus erinaceus* de 845, 100 et 94 pieds/ha sur des sols argileux, argilo-limoneux et sableux avec respectivement une productivité de 3,5, 0,9 et 0,4 t de MS/ha. Généralement, l'émondage assure une bonne productivité que l'élagage, et les deux techniques de coupe seraient plus tolérables pour les arbres et arbustes pendant la saison sèche froide que pendant la saison sèche chaude. L'élagage excessif pendant les saisons sèches peut être fatal pour les plantes. Dans les systèmes arides où l'humidité du sol est faible, les feux peuvent affecter négativement la productivité des arbres et les arbustes. Les espèces les moins sensibles sont celles ayant un système racinaire profond se développant sur des sols sableux, par contre celles présentant des racines superficielles et se développant sur des sols argileux sont les plus sensibles au feu. La productivité des arbres et arbustes peut aussi varier en des espèces, celle régulièrement rapportée pour *Leucacena leucocephala* varie de 2 à 20 t de MS/an, en monoculture intensive, elle peut atteindre 30 à 50 t de MS/ha pour cette espèce; 2 à 10 t de MS/ha et 4 à 12 t de MS/ha pour *Gliricidia sepium* et *Cajanus cajan*. Les fortes productivités de ces plantes ont été relevées dans les zones où elles ont d'une part une forte densité ou leur optimum écologique.

L'étude de la phénologie des plantes fourragères est essentielle pour rendre compte des périodes ou des saisons de l'année de disponibilité des différentes catégories fourragères en fonction des circonstances propres au milieu ([64]; [65]). Ceci est capital pour une meilleure gestion de l'affouragement et de la pression sur les ressources fourragères parce qu'ils donnent des informations intéressantes non seulement sur le pic de production des catégories fourragères pour les mesures de la productivité mais aussi les relations entre la périodicité de la végétation et les variations des conditions du milieu. Malgré l'importance en termes de nombre d'espèces ligneuses, contribuant à l'alimentation du bétail, les travaux sur la description de cycle phénologique ne concernent que quelques espèces ligneuses. Parmi les travaux certains ont décrit le phénogramme de plusieurs espèces ligneuses, il s'agit de ceux décrivant les phénogrammes des plantes ligneuses des parcours naturels du Ferlo, sur 28 espèces ligneuses du Parc National W du Niger, décrivant la phénologie de *Azizelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Khaya senegalensis*, Béchir et sur la phénologie des ligneux des savanes du Tchad, sur les ligneux fourragers des parcours naturels du Niono et du Gourma au Mali. D'autres, par contre, se sont limités à une seule espèce, c'est le cas des travaux par exemple sur la phénologie de *Acacia tortilis*. Il ressort par exemple des travaux que les espèces *Azizelia africana*, *Pterocarpus erinaceus* et *Khaya senegalensis* ont presque le même cycle phénologique avec comme début de feuillaison, floraison et fructification entre janvier et février, correspondant à la période de rareté de pâturage herbacée sur les parcours.

L'état des ressources ligneuses sous l'effet des stress environnementaux y compris celui des herbivores, des changements climatiques et des activités humaines a été une thématique importante de travaux de recherche. La méthode couramment utilisée pour ces études est l'analyse et l'interprétation des relevés dendrométriques. Il ressort une forte sensibilité des peuplements ligneux surtout en Afrique Sub-Saharienne où on a constaté un changement substantiel de la biodiversité et une perte de certains services écosystémiques comme

par exemple la disponibilité fourragère, le contrôle de l'érosion et en particulier le rendement agricole, où on a constaté une diminution d'au moins 20% pour certains parcs agroforestiers [53].

L'optimisation des productions fourragères des arbres et arbustes dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels la période de la première coupe, les techniques (émondage, abatage ou étêtage), la hauteur, l'intensité, la fréquence et les saisons de coupe (saison des pluies ou sèches), ([47]; [15]). En effet, les périodes, les hauteurs et les techniques de coupe influencent la production et la qualité du fourrage des arbres et arbustes. Généralement, les arbres et les arbustes supportent mieux l'herbivorie à une hauteur supérieure à 2 m. *L. leucocephala* par exemple, à 30 cm, les coupes induisent un taux de survie de moins de 50% alors qu'à 60 et 90 cm, le taux de survie passe à 67 et 90% respectivement. L'âge recommandé pour la première coupe après la plantation est de 6 à 12 mois pour *Sesbania sesban*, 12 mois pour *L. leucocephala* et *G. sepium*. En deçà de ces périodes, les coupes peuvent affecter le taux de survie de ces espèces. Avec *L. leucocephala*, en augmentant la fréquence de coupe de 2 à 6 événements pendant une période de six mois, Otieno et Heineman (1992) ont observé une diminution substantielle de la biomasse produite de 2,283 à 1,637 kg/ha. Dans les zones tropicales à longue saison sèche tel que le Sahel, le stress hydrique et la chute des feuilles pendant la saison sèche peuvent conduire à une perte de feuillage sauf si la période de défoliation est judicieusement choisie. Le choix de la période de défoliation doit permettre de maximiser la production fourragère, la défoliation précoce c'est-à-dire en début de saison sèche favorise généralement la sénescence des feuilles alors que les coupes tardives, c'est-à-dire en fin des saisons optimise la production fourrage parce qu'elle permet d'augmenter le temps de récupération. En Tanzanie, des productions fourragères substantielles et de haute qualité de *L. leucocephala* ont été obtenues en fauchant la plante en fin de saison sèche. La période recommandable de fauche dans les zones à longue saison sèche semble se situer à deux mois, avant la fin de la saison, pour permettre à la plante d'avoir un temps optimal de récupération.

Pour un meilleur suivi de l'état des ressources fourragères, certains pays, en particulier ceux du Sahel ont développés des systèmes de suivi-évaluation des ressources fourragères et d'établissement de bilans fourrager. L'information sur le fourrage ligneux devrait se limiter à des observations sur la démographie des populations (mortalité, régénération), sur la phénologie (feuillaison, floraison, fructification) et sur la contribution à la valeur fourragère pour les tous systèmes de production sylvopastoraux, agrosylvopastoraux, les sites restaurés et les ripisylves. Mais, ces dispositifs même au Burkina Faso, Niger et au Sénégal où ils sont institutionnalisés dans les structures administratives, ils ne prennent pas en compte des systèmes agrosylvopastoraux, des ripisylves et des nouveaux sites restaurés. Ces derniers font l'objet d'exploitation pastorale intense. Parfois pour les sites restaurés et les parcs agroforestiers, les temps et la hauteur recommandés de défoliation ne sont pas toujours respectés, il en résulte des exploitations précoces et abusives qui peuvent inhiber la croissance voire entraîner la mortalité des jeunes individus. La taille de coupe ou les périodes/saisons recommandées pour la défoliation, s'elles sont bien connues pour certaines espèces comme *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Calliandra heamatocephala* en Afrique Australe et Australie, ces paramètres ne sont pas connus pour les espèces agroforestières et celles utilisées dans la restauration des terres et la RNA en Afrique Occidentale. Ces outils essentiels de gestion doivent être développés pour garantir une production fourragère durable.

Les stratégies en matière de développement rural disponibles font généralement mention de ressources pastorales et de parcours pastoraux. Nonobstant certains programmes de restauration des terres qui tiennent en compte des besoins des communautés locales et les systèmes agrosylvopastoraux, les ressources ligneuses ne sont pas prises en compte spécifiquement dans les stratégies de développement rurales y compris ceux de l'élevage. Parmi les besoins mis en avant dans la restauration des terres, il peut y avoir la production fourragère. Dans les systèmes agrosylvopastoraux, les paysans plantent ou entretiennent délibérément certaines plantes pour leur production fourragère. Ces actions de conservation doivent être renforcées par le développement des mécanismes de gestion, nécessaire pour réguler l'exploitation des arbres et arbustes fourragers.

Tout comme les stratégies de développement rural, il n'y a pas de législations spécifiques concernant l'usage et la préservation des arbres et arbustes fourragers. Les mesures de protection et de conservation prises pour les essences forestières dans les législations actuelles incluent les arbres et arbustes fourragers qu'elles proviennent des aires protégées ou des terres non protégées notamment les parcs agroforestiers, les systèmes sylvopastoraux, les terres restaurées, etc. Dans la loi n°2004 fixant le régime forestier au Niger, à son article 4, sont considérées, comme forêts, les formations végétales composées d'arbres, d'arbustes et d'autres végétaux non agricoles. Au Burkina Faso, selon l'article 11 de la loi N°003-2011/AN portant code forestier au Burkina Faso, sont soumis au régime forestier les terres à vocation forestière, les périmètres de restauration, les périmètres de reboisement, les parcs agroforestiers et les arbres hors forêts. Les espèces d'arbres et d'arbustes, qu'elles soient fourragères ou non sont soumises aux mêmes restrictions réglementaires.

5 CONCLUSION

Au Sahel, autour de 100 espèces d'arbres et d'arbustes provenant des systèmes sylvopastoraux, agrosylvopastoraux, des ripisylves, des terres restaurées et de banques de fourrages participent à la ration des herbivores domestiques. Ces espèces jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation du bétail dans le Sahel, mais dans les zones humides et subhumides de l'Afrique de l'Ouest, c'est surtout les espèces du genre *Andropogon* et *Hyparrhenia*. En général, les fourrages sont directement sur les pieds des arbres ou mis à la disposition des animaux après émondage, élagage ou abatage. Ces deux derniers peuvent être préjudiciables à la vie des plantes. Les systèmes de production fourragère en particulier les systèmes sylvopastoraux, agrosylvopastoraux, des ripisylves, des terres restaurées et de banques constituent des réserves importantes de fourrage surtout pendant les périodes de déficit chronique comme les longues

saisons sèches et les périodes de sécheresse. La productivité des arbres et arbustes et la qualité du fourrage produit, dépend en général des systèmes de production, des zones bioclimatiques, de la géomorphologie, des sols, des saisons de l'année, de l'intensité, la fréquence, la hauteur et la période de la première coupe. Au sahel, les zones de hotspots caractérisées par une forte densité des arbres et une bonne productivité des arbres et arbustes sont généralement les dépressions de Talweg. Plusieurs outils développés pour estimer la productivité des arbres et arbustes fourragers. La méthode couramment utilisée pour estimer la productivité des ligneux est celle de la récolte intégrale qui peut être préjudiciable à la biodiversité. Les modèles allométriques d'estimation de la biomasse s'ils sont développés pour toutes les espèces largement mutilées pour nourrir les animaux, ils peuvent permettre d'amoindrir la pression sur les ressources fourragères. En général, même en saison sèche les fourrages tropicaux aériens ont des teneurs en protéines, éléments minéraux et en vitamines convenables aux besoins des animaux, même si, souvent leur digestibilité peut être limitée par la présence de certains composés notamment le tanin. L'inclusion des fourrages des arbres et arbustes fourragers dans la ration des ovins, caprins et bovins permet d'augmenter la digestibilité des aliments, la consommation alimentaire, la production laitière et le gain rapide de poids, même si ces réponses peuvent dépendre de l'espèce animale ou végétale. Si la technologie de banques de fourrages utilisant les arbustes et arbres fourragers de qualité est largement adoptée, elle peut permettre de nourrir les animaux pendant les périodes déficitaires. La connaissance de la hauteur minimale et l'âge de la première coupe peuvent permettre de limiter la pression animale sur les espèces plantées dans les sites restaurés et celles entretenues ou plantées dans les parcs agroforestiers. La levée des facteurs sociaux, édaphiques et bioclimatiques qui limitent la productivité de fourrage de qualité est nécessaire pour assurer une production animale durable.

REFERENCES

- [1] Le Houérou, 1980. Les fourrages ligneux en Afrique de l'Ouest. Etat des connaissances.
- [2] IRENA/DBFZ, 2013.
- [3] Le Houérou H.N. 1997, The Rangelands of the Sahel. *Journal of Range Management*, 33 (1), 41-46.
- [4] Soulama S., Sanon H.O, Meda R.N.T & Boussim J.I., 2014. Teneurs en tanins de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE* 10 (4), 180 – 190.
- [5] Geesing D. and Djibo H., 2006. Country Pasture/Forage Resource 2013 Profiles. FAO.
- [6] Zampaligré Nouhoun, 2012. The role of ligneous vegetation for livestock nutrition in the sub-Saharan and Sudanian zones of West Africa: Potential effects of climate change. PhD thesis University of Kassel.
- [7] Gillet H., 1980. Observations on the causes of devastation of ligneous plants in the Sahel and their resistance to destruction. In Le Houérou, H.N.: Browse in Africa. The Current State of Knowledge. I.L.C.A., Addis Ababa, pp. 203-208.
- [8] Brah N., 2012. Effet d'une substitution du maïs (zea mays) par les gousses d'acacia raddiana (savi) sur les performances de croissance du poulet de chair. Msc thesis, EISMV.
- [9] Sanou S., & Sawadogo L. et Kabore-Zoungana C.-Y., 2010. Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (5): 1519-1528.
- [10] Onana J., 1995. Les ligneux fourragers du Nord-Cameroun, Inventaire et phénologie. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 213-219.
- [11] Brah N., 2012. Effet D'une Substitution Du Maïs (Zea Mays) Par Les Gousses D'acacia Raddiana (Savi) Sur Les Performances De Croissance Du Poulet De Chair. Msc thesis, EISMV.
- [12] Issa S., Zika M., Adamou A., Mahamadou M. A., 2005. Evaluation du potentiel fourrager ligneux et herbacé du terroir de Toukounous au Niger. *Science et technique, Sciences naturelles et agronomie*.
- [13] Soulama S., Sanon H.O, Meda R.N.T & Boussim J.I., 2014. Teneurs en tanins de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE* 10 (4), 180 – 190.
- [14] Jamala G.Y., Tarimbuka I.L., Moris D. and Mahai S., 2013. The Scope and Potentials of Fodder Trees and Shrubs in Agroforestry. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* Volume 5, Issue 4 (Sep. - Oct. 2013), PP 11-17.
- [15] Otsyina RM, BW Norton, M Djimde, 1999, fodder trees and shrubs in arid and semi arid livestock production systems.
- [16] Onana J. & Devineau J-L., 2002. *Azelia africana* Smith ex Persoon dans le Nord-Cameroun. Etat actuel des peuplements et utilisation pastorale *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 55 (1): 39-45.
- [17] Imorou H.S, Babatounde S., Imorou F.S., Mensah G.A., 2016. Ligneux fourragers des parcours naturels communautaires du Nord-Bénin: prédiction de la valeur nutritive au moyen de plusieurs approches analytiques. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.29, Issue 1: 4537-4552.
- [18] Komwihangilo D.M, Goromela E.H and Bwire J.M.N., 1995. Indigenous knowledge in utilization of local trees and shrubs for sustainable livestock production in central Tanzania. *Livestock research for rural development* 6 (3).
- [19] Jamala G.Y., Tarimbuka I.L., Moris D. and Mahai S., 2013. The Scope and Potentials of Fodder Trees and Shrubs in Agroforestry. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* Volume 5, Issue 4 (Sep. - Oct. 2013), PP 11-17.
- [20] Djenontin J.A., 2010. Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin. *Sciences de la Terre. Thèse de Doctorat, Université de Abomey-Calavi, Français.* <tel-00595277>.
- [21] Cisse S.M., 2015. Étude de l'appétence des fourrages ligneux et de leur influence sur l'évolution pondérale des ovins au Mali. Mémoire de Msc, Université de l'Aval, Quebec.

- [22] Toutain B., 1980. The role of Browse plants in animal production in the soudanian zone of West Africa. In Le Houérou, H.N.: Browse in Africa. The Current State of Knowledge. I.L.C.A., Addis Ababa, pp. 203-208.
- [23] Gillet H., 1980. Observations on the causes of devastation of ligneous plants in the Sahel and their resistance to destruction. In Le Houérou, H.N.: Browse in Africa. The Current State of Knowledge. I.L.C.A., Addis Ababa, pp. 203-208.
- [24] Cisse S.M., 2015. Étude de l'appétence des fourrages ligneux et de leur influence sur l'évolution pondérale des ovins au Mali. Mémoire de Msc, Université de l'Aval, Quebec.
- [25] Djenontin J.A., 2010. Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin. Sciences de la Terre. Thèse de Doctorat, Université de Abomey-Calavi, Français. <tel-00595277>.
- [26] Ndiaye M., Dione M. E. & Akpo L.E., 2010. Caractéristiques des ligneux dans les terroirs pastoraux de ranerou (region de matam, nord-senegal). J. Sci.Vol. 10, N° 3 12 – 27.
- [27] Jamala G.Y., Tarimbuka I.L., Moris D. and Mahai S., 2013. The Scope and Potentials of Fodder Trees and Shrubs in Agroforestry. Journal of Agriculture and Veterinary Science Volume 5, Issue 4 (Sep. - Oct. 2013), PP 11-17.
- [28] Franzel S, Carsan S., Lukuyu B., Sinja J. & Wambugu C, 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability, 6: 98–103.
- [29] Sjögren H., 2015. Agroforestry systems with trees for biomass production in western Kenya. PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.
- [30] Fall S.T., Friot D., Richard D., Diop M. et de Diaw B., 1993. Valeur nutritive de cinq espèces ligneuses d'Afrique de l'Ouest. Leur aptitude à améliorer les rations à base de fourrages pauvres distribuées aux ovins. ISRA, Document technique n°34.
- [31] Chakeredza S., Hove L., Akinnifesi F.K., Franzel S., Ajayi O.C. & Sileshi G., 2007. Managing fodder trees as a solution to human–livestock food conflicts and their contribution to income generation for smallholder farmers in southern Africa. Natural Resources Forum 31 286–296.
- [32] Wickens G.E., 1980. Alternative uses of browse species. In Le Houérou, H.N.: Browse in Africa. The Current State of Knowledge. I.L.C.A., Addis Ababa, pp. 203-208.
- [33] Sangaré M. and Pandey V.S, 2000. Food intake, milk production and growth of kids of local, multipurpose goats grazing on dry season natural Sahelian rangeland in Mali. Animal Science, 71: 165-173.
- [34] Idrissa B.; Soumana Idrissa; Biba Y.; Ambouta Karimou, 2018. Effet de *Balanites aegyptiaca* sur le niveau de fertilité chimique d'un sol de terrasse du fleuve Niger. Journal of Applied Biosciences 137: 13940 – 13950.
- [35] Houmey V.K., Sarr O., Bakhoum A., Diatta S. & AKPO L.E., 2012. Estimation de la production fourragère d'un ligneux sahélien, *Maerua Crassifolia* Forsk. Journal of Applied Biosciences 59: 4349–4357.
- [36] Ickowicz A., Friot D. & Guérin H., 2005. *Acacia senegal*, arbre fourrager sahélien ? bois et Forêts des Tropiques, 284 (2), 59-69.
- [37] Fall S.T., Friot D., Richard D., Diop M. et de Diaw B., 1993. Valeur nutritive de cinq espèces ligneuses d'Afrique de l'Ouest. Leur aptitude à améliorer les rations à base de fourrages pauvres distribuées aux ovins. ISRA, Document technique n°34.
- [38] Cissé S.M., 2015. Étude de l'appétence des fourrages ligneux et de leur influence sur l'évolution pondérale des ovins au Mali. Mémoire de Msc, Université de l'Aval, Quebec.
- [39] Dicko M.S., Djité M.A., Sangaré M., 2006. Les systèmes de production animale au Sahel. Sécheresse 2006; 17 (1-2): 83-97.
- [40] Topps J.H., 1992. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodders for livestock in the tropics. Journal of Agricultural Science, Cambridge (1992), 118, 1-8.
- [41] Le Houérou H.N., 1980b. Chemical composition and nutritive value of browse in tropical West Africa. In Le Houérou, H.N.: Browse in Africa. The Current State of Knowledge. I.L.C.A., Addis Ababa, pp. 203-208.
- [42] Soumana Idrissa, 2011. Groupements végétaux pâturés des parcours de la région de Zinder et stratégies d'exploitation développées par les éleveurs Uda'en. Thèse unique, Université de Niamey.
- [43] Sanou S., & Sawadogo L. et Kabore-Zoungrana C.-Y., 2010. Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4 (5): 1519-1528.
- [44] César J. & Gouro A., 2007. L'importance des ligneux à usage pastoral. CIRDES Burkina Faso.
- [45] Issa S., Abdoulaye M., Ibro G., Soumailou A., Seyni S., Dangomma A., 2005, Amélioration des techniques de valorisation des ressources alimentaires locales pour l'engraissement des ovins dans le Sud-Ouest nigérien. Science et technique, Sciences naturelles et agronomie.
- [46] Bryant et al, 1991. Interactions between woody plants and browsing Mammals Mediated by secondary metabolites. Annu. Rev. Ecol. Syst. 1991. 22: 431-46.
- [47] Paterson R.T., Karanja G. M., Roothaert R.L., Nyaata O.Z. & Kariuki I.W., 1998. A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. Agroforestry Systems 41: 181–199.
- [48] Kessler J.J. & Breman H., 1991. The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. Agroforestry Systems 13: 41-62.
- [49] Franzel S, Carsan S., Lukuyu B., Sinja J. & Wambugu C, 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability, 6: 98–103.
- [50] Hahn-Hadjali K., Wittig R., Schmidt M., Zizka G., Thiombiano A., Sinsin B., 2010. Etat actuel de la biodiversité en Afrique de l'Ouest. In Brice Sinsin & Dorothea Kampmann: Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest. Biodiversity Atlas of West Africa.

- [51] Le Houerou H.N., 1996. Use of Fodder Trees and Shrubs (Trubs) in the Arid and Semi-arid Zones of West Asia and North Africa: History and Perspectives. In Editors Gustave Gintzburger, Mustapha Bounejmate and Ali Nefzaoui: Fodder Shrub Development in Arid and Semi-arid Zones. Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones 27 Oct-2 Nov 1996, Hammamet, Tunisia.
- [52] Kessler J.J. & Breman H., 1991. The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Agroforestry Systems* 13: 41-62.
- [53] Lasco R.D., Delfino R.J.P., Catacutan D.C., Simelton E.S. & Wilson D.M., 2014. Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6: 83–88.
- [54] Hesse C. & Gregor J.M., 2006, Le pastoralisme, richesse cachée des zones arides ? IIED, n° 142.
- [55] Klein H.D and Grimaud P., 2014. L'amélioration des ressources fourragères en Afrique subsaharienne subhumide: Etude de cas n° 4 publiée en complément de l'ouvrage Les cultures fourragères Ed. Quae. Versailles: Ed. Quae, 23-29.
- [56] Morou B., 2010. Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafe de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat, Université de Niamey.
- [57] Diatta A.A., Ndour N., Manga A., Sambou B.S., Faye C.S., Diatta L., Goudiaby A, Mbow C. & Dieng S.D., 2016. Services écosystémiques du parc agroforestier à *Cordia pinnata* (Lepr. ex A.Rich.) Milne-Redh. dans le Sud du Bassin Arachidier (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10 (6): 2511-2525.
- [58] Sèwadé C., Azihou A.F., Fandohan A.B., Houéhanou T.D., Houinato M., 2016. Diversité, priorité pastorale et de conservation des ligneux fourragers des terres de parcours en zone soudanoguinéenne du Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 20 (2), 113-129.
- [59] Cissé M.I. 1980a. Effects of various stripping regimes on foliage production of some browse bushes of the Sudano-Sahelian zone. In Le Houérou, H.N.: Browse in Africa. The Current State of Knowledge. I.L.C.A., Addis Ababa, pp. 211-214.
- [60] Bognounou, F., M. Savadogo, I. J. Boussim, S. Guinko, 2008. Foliage biomass production equations of five Sudanian woody species of Burkina Faso. *Sécheresse*, 3 (19): 201-205.
- [61] Mbow M.A, TRAORE E.H, r DIOUF M. AKPO L.E, 2013. Valeurs bromatologique et nutritive de jeunes feuilles de *Sterculia setigera* Del. en milieu soudanien au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (1): 203-212.
- [62] Chaibou M., Faye B., Ali M. et Vias G., 2012. Evaluation du potentiel fourrager aérien du bassin laitier d'Agadez au Niger en Afrique de l'Ouest. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*.
- [63] Cisse M.I., Hiernaux P., Diarra L. 1993. Intégration agro-pastorale au Sahel: dynamique et potentiel fourrager des jachères. In: Floret C. (ed.), Serpantié Georges (ed.). La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris: ORSTOM, 405-413. (Colloques et Séminaires).
- [64] Grouzis M. & Sicot M., 1980. A method for the phenological study of browse population in the sahel: the influence of ecological factors.
- [65] Hiernaux P.H.Y., Cissé M., Diarra L., & de Leeuw P.N, 1994. Fluctuations saisonnières de la feuillaison des arbres et des buissons sahéliens. Conséquences pour la quantification des ressources fourragères.
- [66] Sanou S., & Sawadogo L. et Kabore-Zoungana C.-Y., 2010. Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (5): 1519-1528.
- [67] Soumana., Rabiou H., Issaharou I.M., Mahamane A. & Saadou M., 2017. Biodiversity and Structure of Woody Plants of Sahelian Rangelands of Baban Rafi, Niger. *International Journal of Biology*; Vol. 9, No. 4, 1-9.
- [68] White F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco / AETFAT / UNSO, ORSTOM / UNESCO, p 384.
- [69] Sinsin B., 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences Agronomiques. Université Libre de Bruxelles. Section Interfacultaire d'Agronomie, Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie, p 390.
- [70] Ouédraogo O., 2009. Phytosociologie, dynamique et productivité de la végétation du parc national d'Arly (Sud-Est du Burkina Faso). Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, p 140.
- [71] Togola M., 1982. Contribution à l'étude de la végétation sahélo-soudanienne et des potentialités pastorales de la région de Kaarta (Mali). Thèse de Doctorat Spécialité Ecologie végétale. Université de Paris – Sud Centre d'Orsay, p 85.
- [72] Djitéye M., 1984. Composition, structure et production des communautés végétales sahéliennes: Application à la zone de Niono (Mali). Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, Spécialité Sciences de la vie, p 150.

Agro-pedological impacts of different crop rotations on a ferric Acrisol in Burkina Faso

Pouya Mathias Bouinzemwendé, GNANKAMBARY Zacharia, KIBA Delwendé Innocent, ZONGO Nongma, and Sedogo Michel

Institute of Environment and Agricultural Research (INERA), 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: Low crop yields are often explained by unfavourable rainfall conditions, the natural poverty of the soil in terms of nutrients and the low use of fertilisers. In order to find appropriate solutions for the sustainable management of soil fertility, a study was carried out on the Fertility Maintenance Trial (FTM), an experimental system established in 1960 in central western Burkina Faso, where organic and/or mineral fertilisation regimes combined with crop rotations have been tested. The approach of this study consisted of a synthesis of existing agronomic data from 2011-2019 on the three (03) crop rotations. Soil samples were taken from a depth of 0-20 cm for physico-chemical analysis. We also measured yields on the cotton and sorghum plots during the 2018 and 2019 seasons. The results show that yield variability can be attributed not only to fertilisation, but also to crop rotations and the annual rainfall recorded over the period. The sorghum-cotton and sorghum-cowpea rotations produced the highest average sorghum yields, at 547 kg.ha⁻¹ and 642 kg.ha⁻¹ respectively. Sorghum monoculture recorded the lowest sorghum production. Chemical analyses revealed higher phosphorus use in the sorghum-cowpea rotation compared with the other rotations. The study of cropping system efficiency also revealed the role of legumes in crop rotations in maintaining and preserving soil fertility. In addition, we recommend integrated soil fertility management (organic and mineral fertilisation, crop rotations, etc.) for sustainable management of productive capital on cotton farms in Burkina Faso.

KEYWORDS: Impacts, production, crop rotations, ferric Acrisol, fertility, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Strong demographic growth in recent years has led to high pressure on arable land resources. This high pressure on vegetation cover influences the capacity of soils to produce the biomass required to meet the needs of a growing population (Haddaway et al., 2014; FAO, 2018). By way of illustration, almost 60% of soil depletion has been attributed to various degrees of soil ecological processes, with agricultural practices becoming one of the main contributors (Affholder et al., 2013; Baize, 2017; Bolinder et al., 2020). Thus, research is exploring taking a significant position in the overall resilience of agricultural objectives by transforming scientific information about soils into real techniques that increase farmers' understanding of the sustainability of their farming activities (Han et al., 2016; Borchard et al., 2019; Krauss et al., 2020). One approach to sustainable agricultural management is to increase soil organic matter and reduce soil erosion through crop rotation (Laberge et al., 2011; Hopkins and Hansen, 2019; Krupnik et al., 2019; Rinot et al., 2019).

Crop rotation perturbs the reproduction of insects and pathogens, and therefore their life cycle. Plant nutrients are restored when certain plant species are included in the crop rotation, requiring less chemical fertiliser. Crop rotation is a useful technique in the practice of sustainable agriculture (Fontaine et al., 2011; Voisin et al., 2015; Guinet et al., 2019; FAO, 2018). Nevertheless, careful selection of a crop rotation pattern has the potential to reduce trade-offs between crop viability and environmental impacts, maintain long-term soil fertility and disrupt weed and disease cycling processes through intrinsic nutrient recycling (Bouthier and Trochard, 2015; Jeudy et al., 2016; Eva, 2019; Sierra et al., 2019).

The advantages of rotations including a legume in terms of food security and maintaining soil health are well established. After the rotation, the increasing heterogeneity of the agricultural production system will maintain or improve soil performance by increasing crop residues and various root systems, as well as increasing and developing activity (FAO, 2018; Bünemann et al., 2018; Eva, 2019; Chabert and Sarthou, 2020). To understand how soil fertility changes under crop rotations and to improve

the sustainable management of soil fertility, an experiment was conducted at Saria, in the Centre-West region of Burkina Faso. Several research projects have been carried out on this experimental system, known as the Fertility Maintenance Trial (FTM). They focused on the impact of soil fertilisation options on carbon fractions, mineral balances, forms of phosphorus, soil organic matter and soil biology. Very little work has been done on the impact of the three (03) crop rotations on soil and crop productivity. This summary will make it possible to evaluate the evolution of sorghum and soil production under the influence of the different crop rotations tested since 1960.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The study was conducted in the long-term trial plots at the research station of the Institute of Environment and Agricultural Research (INERA) in Saria, a village located at 2°16'N, 2°9'W at an altitude of 300 m in central western Burkina Faso. The average rainfall in 2015, 2017 and 2019 was 964, 898 and 992 mm, corresponding to 67, 65 and 74 days of rain respectively in the area. The vegetation type was an open woody savannah and the main species were *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, and *Tamarindus indica*. The herbaceous component was dominated by *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon* sp., *Loudetia togoensis*, and *Schoenfeldia gracilis*.

2.2 METHODS

2.2.1 EXPERIMENTAL DESIGN: FERTILITY MAINTENANCE TRIAL (FTM)

The Fertility Maintenance Trial (FTM) was implemented in 1960 to study the fertility of a leached tropical ferruginous soil (ferric acrisol) under the influence of different cropping practices. These practices include mineral and organo-mineral fertilisation and three cropping systems: (i) sorghum monoculture (*Sorghum bicolor* L.), (ii) sorghum-cotton (*Gossypium hirsutum*) rotation and (iii) sorghum-leguminous rotation (groundnut until 1973, cowpea thereafter cowpea (*Vigna unguiculata* L.)).

Six identical treatments were applied to each of the three systems. The dose of mineral fertiliser depends on the nature of the crop and is expressed in kg of N, P₂O₅ and K₂O.

The main treatments were:

- **te**: control without any fertilizer addition,
- **fmr**: low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B) + recycling of sorghum residues once every two years,
- **fmo**: low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B) + low rate of cow manure (5 t MS ha⁻¹ 2ans⁻¹),
- **fm**: exclusive low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B),
- **FMO**: high mineral fertilization (60-23-44-6S-1B) + high rate of cow manure (40 t MS ha⁻¹ 2ans⁻¹) + export of sorghum straw,
- **FM**: exclusive high mineral fertilization (60-23-44-6S-1B)

2.2.2 STUDY APPROACH

In this study, the available data on the three (03) rotations: sorghum-cotton, sorghum-cowpea and sorghum-sorghum from 1981 onwards, over a six-year period in the cotton-growing year (odd-numbered year) were used. Then, under this rotation systems based on sorghum, we assessed the agronomic and pedologic impact of the continuous application of mineral, organic and organic+mineral fertilisers. This will enable to assess the sorghum yield growth performance and soil chemical parameters evolution under the various soil fertilisation practices in sorghum-based rotations systems. In addition, to compare the agro-pedological efficiency of the three systems, we considered the years in which the trial was cultivated with sorghum (even-numbered years since 1960). In principle, this comparison evaluates the after-effects of sorghum, cotton and cowpea cultivation respectively in the sorghum-sorghum (a), sorghum-cotton (b) and sorghum-cowpea (c) rotation systems. These cropping systems were compared to a fallowed field since 1961. As a result, the impact of each crop cultivation in the rotation could be assessed. Soil carbon, soil phosphorus and pH as chemical parameters and the sensitivity to soil degradation as physical property were the concerning studied property. The study focused on years when all the plots were cultivated with sorghum.

The efficiency of the systems was studied by considering the individual and cumulative effects of the six fertilisers applied.

The soil degradation sensitivity (St) is determined by the method of Pieri (1989):

$$(St) = MO * 100 / (A + Lf)$$

Where: *MO* = organic matter, *A* = clay and *Lf* = fine silt.

- $St < 5$, the soil is physically degraded and highly susceptible to erosion;
- $5 < St < 7$, the soil is at high risk of physical degradation;
- $St > 7$, the soil is not at risk of degradation.

2.2.3 SOIL SAMPLING AND CHEMICAL ANALYSIS

Analysis Soil samples were taken at the end of the cropping season of 2011. Three soil samples were taken per plot with an auger at 20 cm depth after harvest. The soil samples were then pooled and air dried and sieved at 2 mm. The soil organic carbon content was determined according to Walkley and Black (1934). The soil total N and P contents were determined after a wet digestion with H_2SO_4 solution, as described in Novozamsky et al. (1983) and a measurement using an automatic colorimeter (SKALAR SAN plus SYSTEM). Available phosphorus was extracted according to the Bray and Kurtz (1945) and then, its content determined with the automatic colorimeter. Soil pH was determined, using the electrometric method, in a soil solution with soil and water ratio of 1/2.5.

2.2.4 STATISTICAL ANALYSIS

Rstudio was used for the Principal Component Analysis and to produce the boxplots. Genstat 9th edition was used for the analysis of variance of the data and the Newman Keuls test for the separation of means at the 5% probability level.

3 RESULTS

3.1 SORGHUM YIELD EVOLUTION OVER THE FIVE YEARS UNDER THE VARIOUS FERTILISATION PRACTICES AND SORGHUM CROPPING ROTATION SYSTEMS

The Table 1 shows a large variability in sorghum yields induced by different manures applied over time. The Newman Keuls test revealed a highly significant difference between the fertilisers, between years and the combined effects of fertilisers and years of cultivation. There was inter- and intra-annual variation between treatments.

Table 1. Average change in sorghum yield in cropping rotations under the impact of fertiliser options

Years	te	fmr	fm	fmo	FMO	FM
2007	350 ± 45	840 ± 58	598 ± 37	833 ± 35	912 ± 56	781 ± 41
2009	389 ± 18	617 ± 27	757 ± 37	946 ± 64	1074 ± 35	955 ± 16
2011	290 ± 85	619 ± 57	398 ± 21	829 ± 14	911 ± 30	634 ± 11
2013	319 ± 98	648 ± 92	427 ± 12	858 ± 12	940 ± 31	663 ± 12
2015	393 ± 40	782 ± 107	597 ± 39	804 ± 30	810 ± 17	731 ± 34
Newman Keuls test at the 5% level					v.r.	p.r
Treatements					27,48	< 0,001
Years					13,52	< 0,001
Treatements * Years					2,27	< 0,001
Rotations* Treatements					3,82	< 0,001
Rotations * Treatements *Years					2,57	< 0,001

te: control without any fertilizer addition, **fmr:** low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B) + recycling of sorghum residues once every two years, **fmo:** low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B) + low rate of cow manure (5 t MS ha⁻¹ 2ans⁻¹), **fm:** exclusive low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B), **FMO:** high mineral fertilization (60-23-44-6S-1B) + high rate of cow manure (40 t MS ha⁻¹ 2ans⁻¹) + export of sorghum straw, **FM:** exclusive high mineral fertilization (60-23-44-6S-1B).

Statistical analysis of average sorghum yields for the three crop rotations showed a highly significant difference between treatments (Table 1). The control had the lowest yields. It was followed respectively by the fm, fmr, FM, fmo and FMO manures. The organic+-mineral fertilisers had the highest annual yields. Annual increases of 31 to 56 % of sorghum yields with mineral fertilisers application are reached by sorghum residues annual returning to plots. However, the manure addition to mineral fertilised plots increases the sorghum yields by 25-39%, or at least double them. When the higher rates of manure are applied

to plots fertilised with higher rates of mineral fertilisers, the sorghum yield increases range from 10 to 44%. The increase of sorghum yield in sorghum-cotton rotation was 19.4 % as compared to continuous sorghum-sorghum cropping system while in the case of sorghum-cowpea rotation, the yield increased by 40.2 %.

Analyses of variance and probability on crop rotations revealed strong interactions between rotations and fertilisers on the one side, and their combined interaction with time on the other side. Thus, highly significant probabilities were recorded with these interactions.

3.2 AGRONOMIC EFFICIENCY OF CROPPING SYSTEMS ON SORGHUM YIELD

Figure 1 shows the efficiency of the preceding cropping systems on sorghum yield. The Newman Keuls test revealed highly significant differences between sorghum, cotton and cowpea. The sorghum-cotton and sorghum-cowpea rotations had the highest average yields, at 547 kg.ha⁻¹ and 642 kg.ha⁻¹ respectively. Sorghum monoculture had the lowest yield, at 458 kg.ha⁻¹.

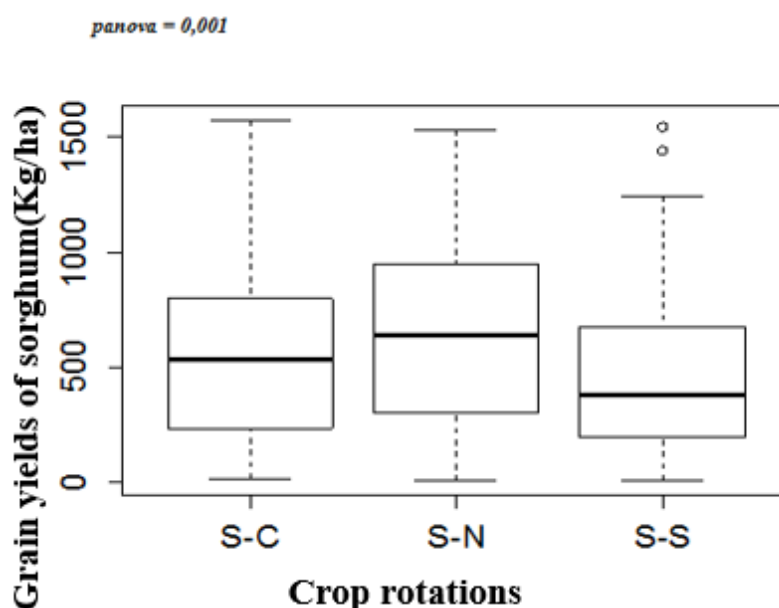


Fig. 1. Efficiency of the preceding cropping systems on sorghum yield

S-C: sorghum-cotton rotation; S-N: sorghum-cowpea rotation; S-S: pure sorghum.

3.3 SOIL FERTILITY IMPACT OF THE VARIOUS FERTILISATION PRACTICES IN SORGHUM CROPPING BASED ROTATION SYSTEMS

3.3.1 EFFICIENCY OF CROP ROTATIONS ON SOIL ORGANIC MATTER, ASSIMILABLE PHOSPHORUS AND SOIL ACIDITY

The figure 2 shows the impact of set-aside and crop rotations on soil organic matter. Soil organic matter content under set-aside and the sorghum-cowpea rotation is higher than under the other cropping rotations. The sorghum-cotton rotation had the lowest organic matter content.

A comparison of available phosphorus levels under the three crop rotations shows relatively higher levels under the sorghum-cotton and sorghum-sorghum rotations (Figure 2). The lowest levels were found on plots under set-aside and sorghum-cowpea rotations. The same observations were made regarding soil acidity (Figure 34) where pH_{water} 1: 2.5 S-C > pH_{water} 1: 2.5 S-N > pH_{water} 1: 2.5 set-aside.

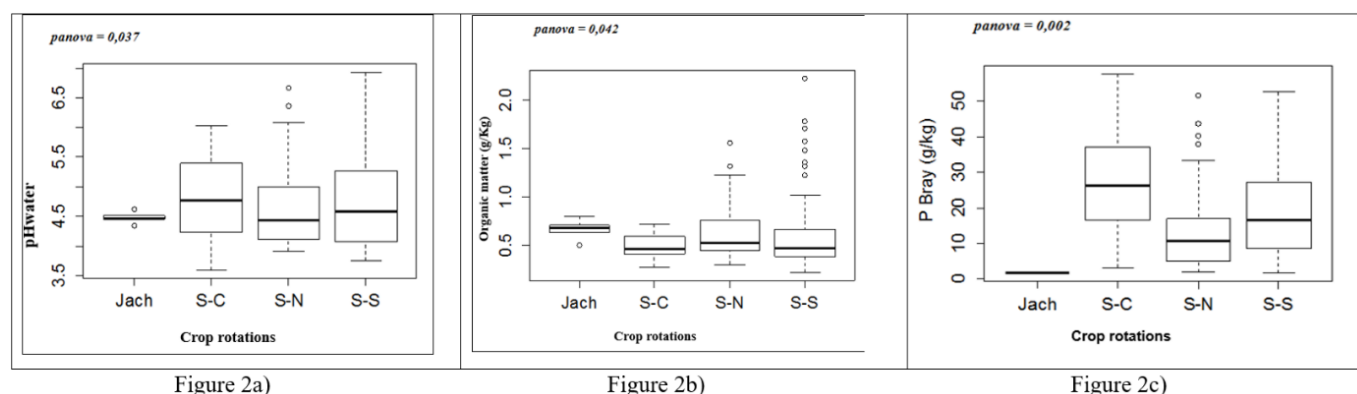


Fig. 2. Impact of cropping systems on soil organic matter, available phosphorus and $pH_{water\ 1:2.5}$

Jach: set-aside; S-C: sorghum-cotton rotation; S-N: sorghum-cowpea rotation; S-S: pure sorghum. The horizontal line inside the box plot represents the median.

3.3.2 EFFICIENCY OF SET-ASIDE AND CROP ROTATIONS ON SOIL GRANULOMETRIC FRACTIONS

The crop rotations led to a change in soil granulometric composition comparatively to the **set-aside** (Figure 3). The clay content is higher on plots under sorghum-cowpea, sorghum-sorghum and sorghum-cotton rotations. The silt fraction is in increasing order on plots in sorghum-sorghum, sorghum-cowpea and sorghum-cotton rotations. The plots under sorghum-cotton and sorghum-sorghum rotations are very sandy. In most cases, these soils are predominantly silty-sandy. The clay fraction is low.

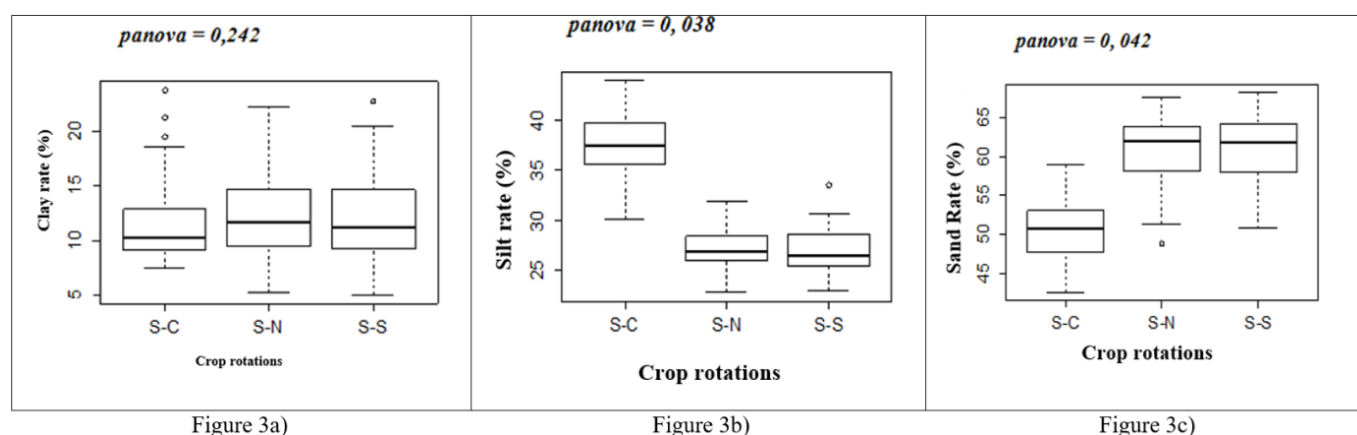


Fig. 3. Impact of crop rotations on soil granulometric fractions

Jach: set-aside; S-C: sorghum-cotton rotation; S-N: sorghum-cowpea rotation; S-S: pure sorghum. The horizontal line inside the box plot represents the median.

3.4 SOIL FERTILITY MANAGEMENT IMPACTS ON THE SENSITIVITY TO SOIL DEGRADATION

The results on sensitivity to soil degradation (Table 2) show that most of the plots cultivated after 52 years are vulnerable to physical degradation. All the treatments are sensitive to soil degradation, except for the high rates application of organic + mineral fertilisers. (40 t.ha-1.2y⁻¹). The recommended dose of manure (5 t.ha-1.2y-1), show a weak sensibility of soil degradation after 52 years of farming. This sensitivity to soil degradation is more pronounced with the continuous application of low and high mineral fertilisers and in mining agriculture practice (control).

From another point of view, the soil degradation sensitivity induced by the Control, the low mineral fertiliser + sorghum residues and the low mineral fertiliser + low manure rate treatments under the three cropping rotations shows that the sorghum-cotton rotation has the lowest levels. That result to a relatively high sensitivity to degradation. As to sorghum-Cowpea rotation, the low values of soil degradation sensitivity were assessed with treatments high rate of mineral fertiliser and with

high rates of mineral + organic fertilisers application. A comparison between crop rotations shows that plots in the sorghum-cotton rotation are more exposed to degradation.

Table 2. Sensitivity to soil degradation under different fertilization and cropping rotations

Treatements	Sorghum-Sorghum	Sorghum-Cotton	Sorghum-Cowpea	Cumulative effects of fertilisation
Te	2.33 ± 0.63 a	2.26 ± 0.79a	2.63 ± 0.36 a	2.48 ± 0.9 a
Fmr	2.47 ± 0.02 a	2.13 ± 0.91a	3.45 ± 0.8 a	3.04 ± 0.34 ab
Fmo	4.88 ± 0.39 a	3.44 ± 0.60a	4.42 ± 0.16 a	4.65 ± 0.28 ab
Fm	2.37 ± 0.12 a	3.65 ± 0.36a	3.70 ± 0.56 a	2.96 ± 0.41 ab
FMO	11.83 ± 3.84 b	8.60 ± 3.55b	8.53 ± 2.27 b	10.18 ± 2.81 c
FM	3.08 ± 0.42 a	3.40 ± 0.65a	2.81 ± 0.45 a	2.94 ± 0.43 a
Probability	< 0,001	< 0,005	< 0,001	< 0,001
Newman keulhs	S	S	S	S
Crop rotations	4,49 ± 0,54	4,05 ± 0,25	4,26 ± 0,29	
Probability	0, 124			

te: control without any fertilizer addition, **fmr:** low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B) + recycling of sorghum residues once every two years, **fmo:** low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B) + low rate of cow manure (5 t MS ha⁻¹ 2ans⁻¹), **fm:** exclusive low mineral fertilization (37-23-14-6S-1B), **FMO:** high mineral fertilization (60-23-44-6S-1B) + high rate of cow manure (40 t MS ha⁻¹ 2ans⁻¹) + export of sorghum straw, **FM:** exclusive high mineral fertilization (60-23-44-6S-1B).

4 DISCUSSION

4.1 AGRONOMIC AND SOIL EFFICIENCY OF CROPPING SYSTEMS (SORGHUM-SORGHUM, SORGHUM-COTTON, SORGHUM-NIEBE, FALLOW)

By studying the agronomic and soil efficiency of cropping systems, it is possible to assess their potential for sustainable fertility management. This efficiency depends on the practices intrinsic to each system.

4.1.1 AGRONOMIC EFFICIENCY OF THE THREE (3) CROP ROTATIONS

The average yields obtained over time with sorghum cropping rotation systems comparatively to pure cropping sorghum system show a higher performance. The sorghum-cowpea and sorghum-cotton rotations largely contributed to improving sorghum yields. Similar performance of cereal yields are found in rotations and associations cropping systems that include cowpea (Zingore et al., 2008; Tittonell et al., 2013; Ripoché et al., 2015). Effect and residual effect of N symbiotic fixation by the leguminous crops in the rotation or association (cowpea and groundnut) are advanced to explain the cereal yields increase. Bado (2002) and Bado et al. (2006) in Burkina Faso has shown that groundnut and cowpea are able to cover 27-34% and 52-56% of their N requirements respectively through symbiotic nitrogen fixation process. This fixed nitrogen makes a greater contribution to plant growth than nitrogen fertilisers application (Bado et al., 2006; Carroué et al., 2012; Guinet et al., 2019). Leguminous crop residues are richer in nitrogen and help to enrich the soil in this element (Asimi, 2009; Haddaway et al., 2014; Jeudy et al., 2016).

Sorghum following cowpea and cotton can benefit indirectly from nutrients through the residues left by the two crops or residual fertilisers applied (Beillouin et al., 2015; Voisin et al., 2015; Sierra and Tournebize, 2019). These effects identified as "rotational effects" are explained by the improvement of soil chemical and biological properties by the leguminous crops which later can enable the physical one. Crop rotation also has other advantages, such as reducing pest attacks (Constantin et al., 2012; Ouandaogo et al., 2016; Guinet et al., 2019). However, crop rotation is not practised systematically by farmers, no doubt because of the limited available land. Combining cereal crops with leguminous plants is the most common practice. In Burkina Faso, more than 80% of sorghum and cowpea are grown in association.

4.1.2 SOIL EFFICIENCY OF CROPPING SYSTEMS

The Set-aside and the sorghum-cowpea rotation contributed to maintaining the organic status of the soil compared to the pure sorghum cultivation and sorghum-cotton rotation. Improving soil organic status in set-aside could be explain by the presence of plant biomass, which turned to increase the soil organic C content. In the case of the sorghum-cowpea rotation, the improved soil organic status is the result of cowpea biomass residual stock and the increase of soil N content due to

symbiotic fixation. Otherwise, soil N content is always linked to that of C. The contribution of fallow and crop rotations can be attributed both to carbon sequestration through the roots and to various crop exports. Somé et al (2007), in the case of improved fallows, recorded a significant increase in soil organic matter stock of over 40% due to litter. They asserted that, given that the spiked biomass of set-aside is mown and exported at the end of each season, its contribution to observed variations in soil chemical elements is low. The subsurface litter parts of the grasses largely contribute to the increase in fallow soil C content (Craheix et al., 2012; Krupnik et al., 2019; Krauss et al., 2020). Subsurface litter parts (root) can vary between 2 and 7 t C ha⁻¹ year⁻¹ (Garay et al., 2000; Douchamps et al., 2010; Fontaine et al., 2011). That probably explains the difference in organic matter content between the set-aside and the three rotations. The difference can be attributed to the difference in root biomass ploughed in by each cropping system. In addition, the different manures influence crop nutrient uptake at different levels. This explains the differences in nutrient reserves within each fertilisation regime. Added to this are the biological processes under the impact of these fertilisation practices, on which depend the degree of mineralisation and the capacity of each system to store carbon in the soil.

As regards available phosphorus under these cropping systems, the biennial sorghum-cotton rotation and continuous sorghum-cultivation provide a better supply of available phosphorus. This is due to the yields obtained in these cropping systems, which imply relatively low Phosphorus or nutrients? exports compared with those obtained in the sorghum-cowpea rotation. It should be noted that cowpea allows good use of P by the subsequent cereal crop. In Burkina Faso, Bado (2002) showed that after groundnut and cowpea precedents, sorghum took up 2 to 3 times more nitrogen and twice as much P to enhance the yields increases by about 60 to 300% respectively. This explains the lower P content and higher yields of sorghum in this rotation, compared with the continuous sorghum cropping and sorghum-cotton rotation systems.

Crop rotations influenced the soil granulometric composition. The fine fractions [(0-50 µm), (50-200 µm)] shows that the plots under sorghum-cowpea and sorghum-cotton rotations were more clayey and silty respectively.

With total sand content (200-2000 µm), we have the same trend as that on soil organic matter content (Sorghum-Cotton Sands < Sorghum-Sorghum Sands < Sorghum-Cowpea Sands). This confirms once again the close relationship between the coarse fraction and soil organic matter content. This difference can be justified by the soil protection function provided by each crop in the rotation. In the sorghum-cowpea rotation, the cowpea, as it develops, acts as a biological cover, and thus protects the soil against erosion factors (wind, run-off). It also acts as an anti-erosion agent by retaining fine fractions. When we compare the biomass of continuous sorghum cropping system and sorghum-cotton rotation over one rotation cycle, we obtain a higher production under the continuous sorghum cropping system. Sorghum often has a branched surface structure, which reduces runoff and hence the loss of the fine fraction.

4.2 SENSITIVITY TO SOIL DEGRADATION

The study on soil sensitivity to degradation argues in favour of integrated soil fertility management strategies. The mining agriculture and the continuous application of mineral fertilisers are not recognised for sustainable soil use. In the long term, these agricultural practices expose soils to degradation (Luo et al., 2010; Kiba, 2012; Pouya et al., 2013b). Only the high-rate input of organic and mineral fertilisers has been able to conserve the soil better. Low rate of organic and-mineral fertilisers reduced the soil degradation. Our results confirm the benefits of crop rotations for soil fertility management. A rational crop rotation balances in nutrients exports and is an excellent farm management plan (Ly et al., 2020; Young et al., 2021).

5 CONCLUSION

After 50 years cultivation, the lixisol in the West-central part of Burkina Faso lead to a general fluctuation of crop yields linked not only to rainfall patterns but above all to different fertilisation practices. The risks of the mining agriculture on the decreasing cotton yields and on soil fertility depletion have been demonstrated Fertilisation practices that combine organic matter and mineral fertilisers are recognised to sustainable production. We recommend applying manure or compost at the rate of 6 t.ha⁻¹.2y⁻¹ plus an annual input of 100Kg.ha⁻¹ of NPK and 50 Kg.ha⁻¹ of urea to the cotton plant. The dose of 5t. ha⁻¹.2y⁻¹ of organic matter seems unsuitable to maintain the soil fertility. Crop diversification through rotations, especially by the incorporating of leguminous (cowpea or groundnut), offers definite agronomic and soil-related advantages over the continuous sorghum cultivation. We therefore recommend a triennial sorghum-cotton-cowpea rotation for cotton cultivation. In this case, an annual input of 3t.ha⁻¹ of compost or manure is suitable. In addition, the cotton residues can be transformed into compost by using an appropriate and proven technic to, thereby helping to diversify the sources of organic soil improvers.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the “Laboratoire Sol-Eau-Plante” of the “Institute of the Environment and Agricultural Research (INERA)”, Burkina Faso, for supporting this research. We are grateful to the field technician Sanon Martin for their assistance during the fieldwork, and to Moyenga Momini, Ramdé Martin and Kaboré Jean-Paul for the lab analysis.

COMPETING INTEREST

The authors declare that they have no competing interest concerning this article.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

All authors contributed to the realization of the work and to the manuscript preparation.

REFERENCES

- [1] Affholder F, Poeydebat C, Corbeels M, Scopel E, & Titttonell P. 2013. The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: Assessment and analysis through field surveys and modelling. *Field Crops Research*, 143, 106–118. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.10.021>
- [2] Asimi S. 2009. Influence des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'activité microbienne dans un système de cultures de longue durée au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/ Institut du Développement Rural, 159 p.
- [3] Bado BV. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne au Burkina- Faso. Thèse de doctorat de troisième cycle, université Laval Québec, 148p.
- [4] Bado BV, Bationo A, Cescas MP. 2006. Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum yields in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa), *Biology and Fertility of Soils*, 2, 171-176.
- [5] Baize D. 2017. Du taux de carbone à celui de matières organiques dans les sols — Les Mots de l'agronomie [WWW Document]. URL: https://lorexplor.istex.fr/motsagronomie.fr/index.php/Du_taux_de_carbone_%C3%A0_celui_de_mati%C3%A8res_organiques_dans_les_sols (accessed 6.6.22).
- [6] Bolinder MA, Crotty F, Elsen A, Frac M, Kismányoky T, Lipiec J, Tits M, Tóth Z, Kätterer T. 2020. The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, 25 (2020), pp. 929-952, 10.1007/s11027-020-09916-3.
- [7] Borchard M, Schirrmann ML, Cayuela C, Kammann N, Wrage-Mönnig JM, Estavillo T, Fuertes-Mendizábal G, Sigua K, Spokas JA, Ippolito JN. 2019. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: a meta-analysis. *Sci. Total Environ.*, 651 (2019), pp. 2354-2364, 10.1016/j.scitotenv.2018.10.060.
- [8] Beillouin D, Schneider A, Carrouée B, Champolivier L, Le Gall C, Jeuffroy M H. 2014. Short and medium term effects on nitrogen leaching of the introduction of a pea or an oilseed rape crop in wheatbased successions Poster avec extended abstract, 18th Nitrogen Workshop Lisbon, 30 June - 3 July 2014.
- [9] Bouthier A, Trochard R. 2015. Incidence d'apports répétés d'engrais de ferme sur la fertilité physique, chimique et microbiologique des sols sous rotation de cultures annuelles et sous prairie temporaire, *Fourrages*, 223, 211-219.
- [10] Bray RH, Kurtz LT. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- [11] Bünemann EK, Bongiorno G, Bai Z, Creamer RE, De Deyn G, Goede R, Flesskens L, Geissen V, Kuypers TW, Mäder P, Pulleman M, Sukkel W, van Groenigen JW, Brussaard L, 2018. Soil quality – a critical review. *Soil Biol. Biochem.*, 120 (2018), pp. 105-125, 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.
- [12] Carroué B, Scheider A, Flénet F, Jeuffroy MH, Nemecek T. 2012. Introduction of dry pea crop in rotation of cereals and rapeseed: impact on the economic and environmental performances. *Innovations. Agronomiques* 25, 125-142.
- [13] Chabert A, Sarthou JP. 2020. Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services. *Agric. Ecosyst. Environ.* 292, 106815. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106815>.
- [14] Constantin J, Beaudoin N, Launay M, Duval J, Mary B. 2012. Long-term nitrogen dynamics in various catch crop scenarios: Test and simulations with STICS model in a temperate climate. *Agriculture Ecosystems and Environment* 147, 36-46.

- [15] Craheix D, Angevin F, Bergez JE, Bockstaller C, Colomb B, Guichard L, Reau R, Doré T. 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* 20, 35-48.
- [16] Douxchamps S, Humbert FL, Hoek R, Mena M, Bernasconi SM, Schmidt A, Rao I, Frossard E and Oberson A. 2010. Nitrogen balances in farmers fields under alternative uses of a cover crop legume: a case study from Nicaragua. *Nutr Cycl Agroecosyst* 88: 447-462.
- [17] Eva T. 2019. Effet de la diversification spatiale et temporelle des cultures à l'échelle du paysage agricole sur le biocontrôle et les ravageurs de culture. *Sciences agricoles. COMUE Université Côte d'Azur (2015 - 2019)*, 2019. Français. ffNNT: 2019AZUR6032ff. fftel-03135557f.
- [18] FAO. 2018. Etat de la situation alimentaire et de la nutrition dans le monde, renforcer la résilience face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition, Rome (Italie).
- [19] Fontaine L, Garnier JF, Bonte JB, Aubert C, Fourrié L, Colomb B, Glachant C, Maurice R, Gouraud JP, Morand P, Perret C. 2011. Rotations en grandes cultures biologiques sans élevage, 8 ferme-types, 11 rotations. *Repères agronomiques, économiques, techniques et environnementaux. Restitution du projet RotAB, ITAB*, 132 p. + annexes.
- [20] Guinet M, Nicolardot B, Durey V, Revellin C, Lombard F, et al. 2019. Fixation symbiotique de l'azote et effet précédent: toutes les légumineuses à graines se valent-elles ? *Innovations Agronomiques*, 2019, 74, pp.55-68. ff10.15454/jj5qvfff. ffhal-02158172f.
- [21] Haddaway NR, Söderström B, Hedlund K, Jackson LE, Kätterer T, Lugato E, Thomsen IK, Bracht Jorgensen H. 2014. What are the effects of agricultural management on soil organic carbon (SOC) stocks? *Environ. Evid.*, 3 (2014), p. 2, 10.1186/2047-2382-3-2.
- [22] Han P, Zhang W, Wang G, Sun W, Huang Y. 2016. Changes in soil organic carbon in croplands subjected to fertilizer management: a global meta-analysis. *Sci. Rep.*, 6 (2016), p. 27199, 10.1038/srep27199.
- [23] Hopkins BG, Hansen NC. 2019. Phosphorus management in high-yield systems. *J. Environ. Qual.*, 48 (2019), pp. 1265-1280, 10.2134/jeq2019.03.0130.
- [24] Jeudy C, Adrian M, Baussard C, Bernard C, Bernaud E, Bourion V, Busset H, Cabrera-Bosquet L, Cointault F, Han S. 2016. RhizoTubes as a new tool for high throughput imaging of plant root development and architecture: test, comparison with pot grown plants and validation. *Plant methods*. 12, 31.
- [25] Kiba DI. 2012. Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, péri-urbaine et rurale au Burkina Faso. Thèse de doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 172 p.
- [26] Krupnik TJ, Andersson JA, Rusinamhodzi L, Corbeels M, Shennan C, Gérard B. 2019. Does size matter? A critical review of meta-analysis in agronomy. *Exp. Agric.*, 55 (2019), pp. 200-229, 10.1017/S0014479719000012.
- [27] Krauss M, Berner A, Perrochet F, Frei R, Niggli U, Mäder P. 2020. Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years. *Sci. Rep.*, 10 (2020), pp. 1-12, 10.1038/s41598-020-61320-8.
- [28] Laberge G, Haussmann RIG, Ambus P, Hogh Jensen H. 2011. Cowpea N rhizodeposition and its below-ground transfer to a co-existing and to a subsequent millet crop on a sandy soil of the Soudano-Sahelian eco-zone. *Plant and Soil*, 340: 369-382.
- [29] Luo Z, Wang E, Sun OJ. 2010. Soil carbon change and its responses to agricultural practices in Australian agro-ecosystems: A review and synthesis. *Geoderma* 155, 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.12.012>
- [30] Lv F, Song J, Giltrap D, Feng Y, Yang X, Zhang S. 2020. Crop yield and N₂O emission affected by long-term organic manure substitution fertilizer under winter wheat-summer maize cropping system. *Sci. Total Environ.*, 732 (2020), Article 139321, 10.1016/j.scitotenv.2020.139321.
- [31] Ouandaogo N, Ouattara B, Pouya BM, Gnankambary Z, Nacro BH, Sedogo PM. 2016. Effets des fumures organominérales et des rotations culturales sur la qualité des sols. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (2): 904-918.
- [32] Pieri C. 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de 30 ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. CIRAD/Ministère de la Coopération et du Développement, 444 p.
- [33] Pouya M, Bonzi M, Gnankambary Z, Traore K, Ouédraogo J, Somé A, & Sédogo M. 2013. Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la production du cotonnier et sur le sol dans les exploitations cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso. *Cahier D'agriculture*, vol.22, n°4, Juillet-Août 2013, 22, 282– 292. <http://doi.org/10.1684/agr.2013.0643>.
- [34] Rinot O, Levy GJ, Steinberger Y, Svoray, Eshel G. 2018. Soil health assessment: a critical review of current methodologies and a proposed new approach. *Sci. Total Environ.*, 648 (2019), pp. 1484-1491, 10.1016/j.scitotenv.2018.08.259.
- [35] Ripoche A, Crétenet M, Corbeels M, Affholder F, Naudin K, Sissoko F, ... Tittone P. 2015. Cotton as an entry point for soil fertility maintenance and food crop productivity in savannah agroecosystems—Evidence from a long-term experiment in southern Mali. *Field Crops Research*, 177, 37–48. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.013>

- [36] Sierra J, Tournebize R. 2019. Fixation symbiotique d'azote par les légumineuses en association. Résultats obtenus en Guadeloupe. [O] 9, Inconnu. 2019, 12 p. fahal-02373208.
- [37] Somé NA, Traoré K, Traoré O, Tassembedo M. 2007. Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp. Dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). BASE. 2007 11 (3): 245–252.
- [38] Tittonell P, & Giller KE. 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 143, 76–90. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.10.007>.
- [39] Voisin AS, Pierre Cellier, Jeuffroy MH, 2015. Fonctionnement de la symbiose fixatrice de N₂ des légumineuses à graines: Impacts agronomiques et environnementaux. *Innovations Agronomiques*, 2015, 43, pp.139-160. fahal-01173363f.
- [40] Young MD, Ros GH, de Vries W. 2021. Impacts of agronomic measures on crop, soil, and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 319, 107551. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107551>.
- [41] Walkley A & Black A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- [42] Zingore S, Murwira HK, Delve RJ, Giller KE. 2007. Influence of nutrient management strategies on variability of soil fertility, crop yields and nutrient balances on smallholder farms in Zimbabwe, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 112–126.

Intégration des soins de maternité respectueux: Tendances et pratique à l'hôpital général de référence de Mvuzi de Matadi

[Integrating Respectful Maternity Care: Trend and Practice at Mvuzi General Referral Hospital in Matadi]

KENA KAPINGA KENURE

Section Sage-femme, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kisantu, Kongo central, 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: The lack of Respectful Maternity Care (SMR) is a significant failure in birth facilities in many low-income countries. Mvuzi maternity ward at the hospital of the same name in Matadi Kongo Central, DR. Congo is not to be outdone. The specific objectives of this study were to assess the knowledge of birth attendants and midwives on respectful maternity care; determine the time at which practitioners integrate this care, and describe the main reasons for the low integration of SMR. Twenty (20) health professionals assigned to the maternity unit made up the sample size. The observation technique complemented by the face-to-face interview were used as data collection tools. The present study found that the mean age was 39.5 (range 23–56 years); 50% of them had a low level of education (graduates and nurses from basic school); 65% had less than five years of professional experience. SMR are integrated with a long delay (75% at delivery, 20% at reception and 5% at consultation). Among these types of care, those relating to women's rights are almost unknown (5%); Physical care is also less and less applied (20%) and safe care (75%). Lack of motivation (60%) is the main reason for not integrating SMR into this health facility. We conclude that the integration of SMR through staff training and the establishment of a monitoring and enforcement unit is a necessity to enhance women's rights to motherhood.

KEYWORDS: Respectful maternity care; quality of care; Quality Maternity.

RESUME: L'absence des Soins de maternité respectueux (SMR) constituent un manquement important dans les structures de naissance dans plusieurs pays à faible revenu. La maternité de Mvuzi à l'hôpital du même nom à Matadi Kongo Central en RD. Congo n'est pas en reste.

La présente étude avait pour objectifs spécifiques d'évaluer les connaissances des accoucheuses et sages-femmes sur les soins de maternité respectueux; déterminer le moment d'intégration de ces soins par les praticiens enfin décrire les principales raisons de la faible intégration des SMR.

Vingt (20) professionnels de santé affectés à la maternité avaient constitué la taille de l'échantillon. La technique d'observation complétée par l'interview face à face ont servi d'outils de récolte des données.

Il ressort de la présente étude le constat suivant: l'âge moyen était de 39,5 (extrêmes de 23 – 56 ans); 50 % d'entre elles avait un faible niveau d'étude (bacheliers et infirmières de l'école de base); 65 % avait une ancienneté professionnelle de moins de cinq ans. Les SMR sont intégrés avec un grand retard (75 % à l'accouchement, 20 % à la réception et 5 % à la consultation). Parmi ces soins, ceux ayant trait aux droits de la femme sont quasiment méconnus (5 %); les soins physiques aussi de moins en moins appliqués (20 %) et les soins sécuritaires (75 %). Le manque de motivation (60 %) est la principale raison de non intégration des SMR dans cette formation sanitaire. Nous concluons que l'intégration des SMR par la formation du personnel et la mise en place d'une unité de suivi et application est une nécessité pour valoriser les droits des femmes à la maternité.

MOTS-CLEFS: Soins de maternité respectueux; qualité des soins; maternité de qualité.

1 INTRODUCTION

Les soins de maternité respectueux peuvent être définis comme une approche des droits fondamentaux des femmes, des nouveau-nés et des familles, favorisant un accès équitable aux soins fondés sur des preuves, tout en reconnaissant les besoins et les préférences uniques des femmes et des nouveau-nés [1].

Bien que reconnu comme un problème depuis 1950, ce n'est qu'en 2007 que les organisations des droits de l'homme ont commencé à documenter officiellement les incidents dus à la non-intégration de soins de maternité respectueux [2].

Les soins de maternité respectueux permettent l'amélioration des conditions de travail et des rapports respectueux et collaboratifs entre les différents professionnels de santé. Ces soins aident le client à se sentir écoutés, non jugés et en sécurité. Partout dans le monde, plusieurs femmes font l'expérience de soins non respectueux au cours de la période périnatale dans les structures d'accouchement.

Ce genre de comportement constitue non seulement une violation de leurs droits aux soins fondés sur le respect, mais également une menace à leurs droits à la vie, à la santé, à l'intégrité physique et à l'absence de discrimination [3].

C'est en 2014, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) publie la déclaration « La prévention et l'élimination du manque de respect et des mauvais traitements lors de l'accouchement dans des établissements de soins ». Cette déclaration a été soutenue par plus de 80 organisations, qui reconnaissent le droit de toute femme à recevoir des « soins dignes et respectueux pendant la grossesse et l'accouchement », ainsi qu'à être libre de discrimination et de violence pendant l'accouchement [4].

Tuncalp et al, [5] identifient les soins dignes et respectueux comme l'une des composantes essentielles pour améliorer les résultats en santé périnatale. Les soins maternels et néonataux respectueux sont une approche centrée sur la personne basée sur les droits humains. Pour sa part, Figo [6], préconise que naturellement avec le concours de soins de maternité respectueux, les sages-femmes peuvent réduire de moitié voir à zéro le décès maternel et périnatal dans les structures sanitaires.

L'étude entreprise par Lavader en 1999, auprès de 3500 femmes ayant accouchées dans les hôpitaux d'Indonésie, de Malaisie et de Thaïlande, a montré que l'intégration de soins de maternité respectueux avait des effets positifs pendant la grossesse, le travail d'accouchement, à l'accouchement et en suite des couches [7].

Une étude similaire menée en Afrique subsaharienne en 2021 par le groupe interinstitutionnel réunis pour l'initiative de maternité à moindre risque [8] conclut que les soins de maternité respectueux en tant que composante essentielle et fidèle qui aide la sage-femme de tisser de relation soignant-soigné permet de réduire le stress lié à l'état de santé maternelle. De même l'auteur (op.cit.) renchérit que, la prise en charge des femmes n'exige pas nécessairement l'emploi des machines ou des techniques spécialisées, mais demande un soutien psychoaffectif et un regard positif de soins de maternité respectueux. Plusieurs auteurs ont fait remarquer que, dans la plupart des hôpitaux et centres de santé en Afrique, les infirmières accoucheuses et Sages-femmes ne donnent plus d'importance à l'approche soins de maternité respectueux. Cette négligence qui réduit les possibilités de dialogue entre soignant-soigné, a comme conséquence l'administration des soins non consentis, non confidentiels, ne respectant pas la dignité de la personne humaine. Il s'observe l'abandon et le refus de ces soins par les bénéficiaires; avec comme retombés la détention au centre et la prise de décision tardive qui font courir le risque d'accouchement par voie haute et/ou la mort materno-fœtale [9].

Le manque d'intégration de soins de maternité respectueux occasionne de nombreuses complications lors de la grossesse, du travail d'accouchement, de l'accouchement et en post-partum. Cependant, elle doit préoccuper les infirmières accoucheuses et sages-femmes pour une meilleure prise en charge et une promotion conséquente de la santé.

Une étude menée en Afrique subsaharienne, particulièrement en Afrique centrale a démontré que les principales causes de non intégration des soins de maternité respectueux sont: l'incompétence et le comportement des soignants, le manque de motivation et l'absence de supervision de soutien [8].

Par ailleurs l'OMS en 2018 a mené une étude en République Démocratique du Congo (RD. Congo et a trouvé que le taux de maltraitance morale et physique, traumatisme émotionnel durable, perte de confiance, arrêt d'utilisation de service et décès materno-fœtale ne cessent d'accroître suite à la mauvaise intégration de soins de maternité respectueux [10].

Au cours de nos différentes périodes de prestation en stage effectués dans certaines institutions médicales du Kongo central, précisément à Matadi, ce constat nous a incité et nous a poussé à émettre une réflexion autour de la qualité des soins administrés aux femmes lors du travail et de l'accouchement. Le manque des soins respectueux, dignes et prenant en considération les préférences des femmes ainsi que leurs expériences antérieures a été constaté. Ceci peut laisser place à une réticence des femmes dans le recours aux établissements de santé, pour bénéficier de différentes prestations relevant de la santé de reproduction dont elles ont besoin.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

La présente étude est réalisée dans une approche quantitative du type descriptif. Les données sont récoltées à l'hôpital Général de Référence de Mvuzi de Matadi par enquête prospective, techniques d'interview et observation.

Vingt et six (26) infirmières accoucheuses y compris les sages-femmes de ladite formation sanitaire affectées au service de maternité ont servi de population d'étude. Vingt (20) d'entre elles étaient sélectionnées de manière aléatoire et ont constitué à cet effet un échantillonnage occasionnel.

Le personnel enquêté était interviewé individuellement, ensuite suivies dans une observation participante durant l'exécution des soins auprès des gestantes à la réception, durant le travail d'accouchement et pendant l'accouchement. Un guide d'entretien complété par une grille d'observation a servi d'instrument de collecte des données durant cinq (5) mois soit du 29 Mars au 29 Aout 2023. Les données de l'enquête ont été codifiées ensuite compilées sur le logiciel SPSS 20 avant de les convertir en résultats.

La présentation des résultats a consisté en une analyse descriptive en pourcentage conformément aux différents paramètres et objectifs de l'étude qui ont été retenus. Ces résultats sont regroupés en deux catégories: la première concerne les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles; la deuxième est axée sur les soins de maternité respectueux (SMR). Ces résultats sont présentés sur des figures suivant les différentes variables.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET PROFESSIONNELLES

L'âge moyen de personnel travaillant à la maternité de Mvuzi à la période de l'étude est de 39,5 avec des extrêmes de 23 – 56 ans. Dans une répartition par tranche de 10 ans, nous avons retenu 3 tranches parmi lesquelles il a été constaté 40 % appartenait aux moins âgés (23 – 32 ans); 35 % de la tranche intermédiaire (33 – 42 ans) et 25 % étaient des personnes âgées jeunes (43 ans et plus).

L'histogramme ci-dessous présente le résultat de l'étude du point de vue âge

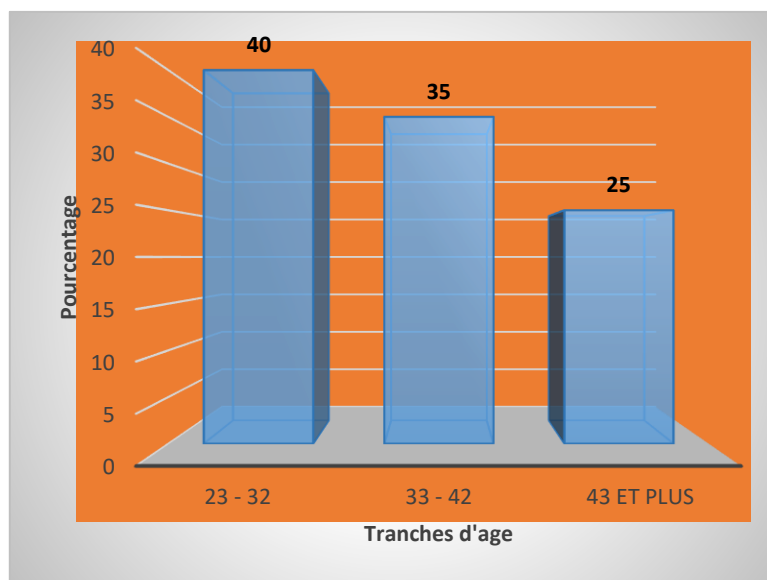


Fig. 1. Représentation de personnel de maternité enquêté par tranche d'âge

Par ailleurs, dans ce service ces accoucheuses et sages-femmes diffèrent du point de vue leurs niveaux d'étude. Les gradués représentent 45 %; suivis des brevetés dit A3 à 40 %; les diplômés de l'école infirmière de base 10 % et les licenciés 5 %.

Ci-dessous la figure qui représente les différents enquêtés selon le niveau d'étude.

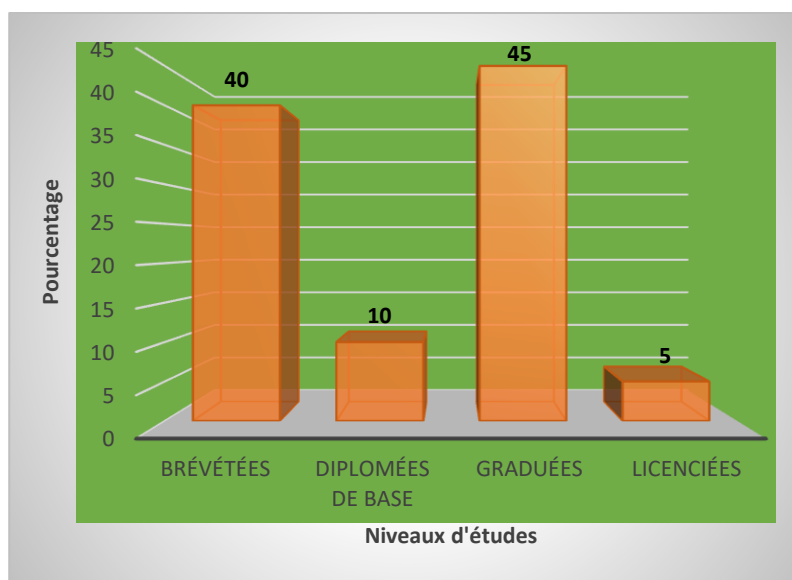


Fig. 2. Représentation de personnel de maternité enquêté par niveau d'étude

Il ressort de nos analyses du point de vue ancienneté professionnelle qu'à 65 % ces professionnels avaient une ancienneté inférieure ou égale à cinq (5) ans; 20 % leurs ancienneté variée de six (6) à dix (10) ans; 10 % était dans la fourchette de onze (11) à quinze (15) et 5 % leurs anciennetés était supérieur ou égale à seize (16) ans.

La troisième figure présente les pourcentages des enquêtés du point de vue ancienneté professionnelle.

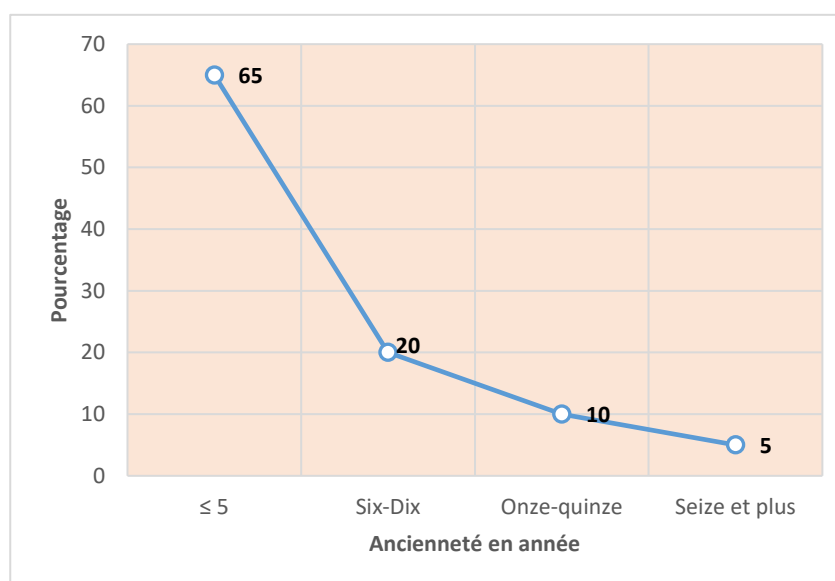


Fig. 3. Représentation de personnel de maternité enquêté par ancienneté professionnelle

3.2 RESULTATS RELATIFS AUX SOINS DE MATERNITE RESPECTUEUX (SMR)

La mise en pratique de soins de maternité respectueux est le reflet de la qualité de la prise en charge des femmes. L'absence de cette approche constitue un manque criant des droits des gestantes aux soins de santé de qualité.

Il a été constaté dans les analyses de la présente étude que seul 25 % des personnels en charge des gestantes et parturientes connaissent l'approche de SMR. De même, dans leur pratique quotidienne, ces personnels divergent quant au moment d'intégrer cette approche à la maternité. Pour certains c'est lors de l'accouchement (75 %); d'autres estiment que c'est à la réception (20 %); et d'autres encore disent que l'intégration de SMR doit se faire à la réception de la femme. Ci-dessous la représentation graphique de ces tendances.

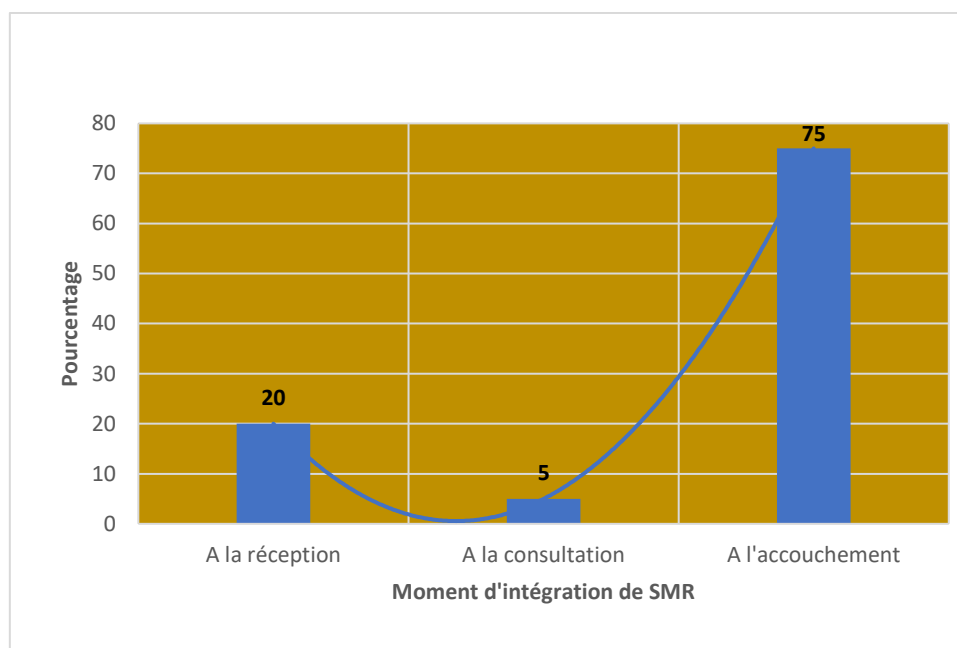


Fig. 4. Réponses des enquêtés du point de vue moment d'intégration de SMR

La connaissance des soins proprement dit de maternité respectueux est une nécessité pour le professionnel de santé. Sur trois (3) dimensions des soins attendus la présente étude révèle 75 % des répondants connaissent les soins sécuritaires au moment de l'accouchement; 20 % les soins physiques et 5 % sur le respect des droits de la patiente. Ci-dessous la figure y afférente.

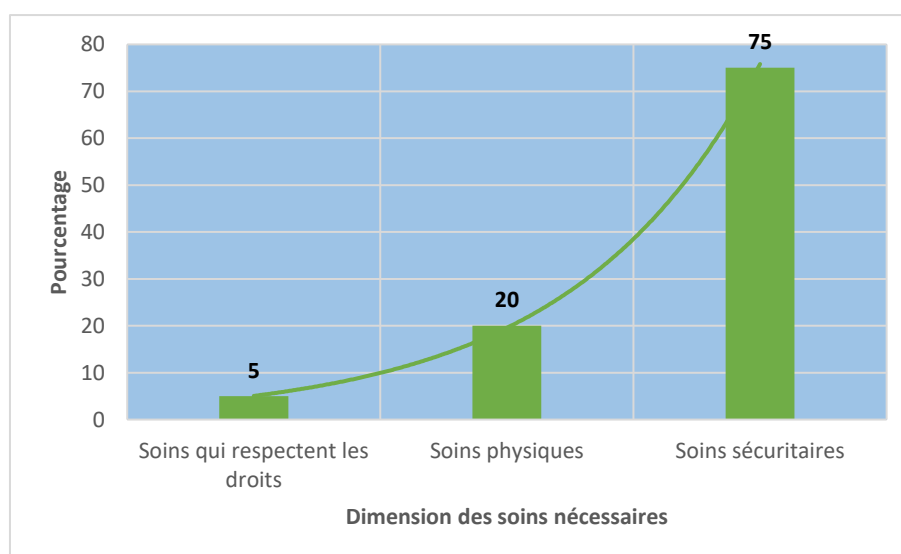


Fig. 5. Réponses des enquêtés du point de vue dimensions des soins respectueux attendus

La faible application des SMR dans les maternités serait attribuable à plusieurs motifs soit d'ordre individuel, soit d'ordre professionnel. Le constat fait dans cette étude révèle que le manque de motivation occupe la première place à 60 %; l'incompétence du personnel n'est pas en reste avec 20 %; la négligence du personnel et l'ignorance ont respectivement 10 % chacun. Ces résultats peuvent être visualisés sur la figure 6.

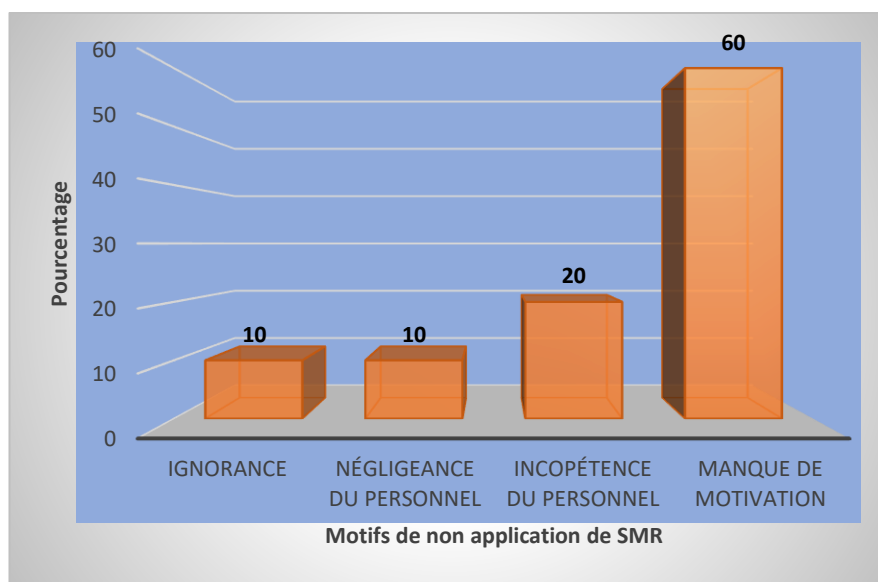


Fig. 6. motifs de non application des SMR

4 DISCUSSION

La promotion des soins de maternité respectueux contribue à la fois à la valorisation de la dignité humaine et à l'augmentation du taux d'accouchement dans les maternités. Il est fort probable que l'approche d'utilisation des services de soins de maternité respectueux dans les pays à faibles revenus est presque méconnue. Les droits des gestantes et parturientes sont aussi ignorés par les prestataires des soins. Cette difficulté ne fait pas exception à l'hôpital de Mvuzi où cette étude a eu lieu.

S'agissant des caractéristiques sociodémographiques des professionnels de santé enquêtée; l'âge moyen est de 39,5 avec des extrêmes de 23 – 56 ans. L'âge a une certaine influence sur la qualité de soins. L'âge en milieu des soins augmente la fatigue et le désintéressement dans l'accomplissement de certaines.

Le niveau d'étude d'un personnel de soins a une propension sur la qualité de ses prestations. Il est fort probable que la méconnaissance de soins de maternité respectueux soit associée au faible niveau d'étude des prestataires de soins dont la moitié (50 %) sont des brevetées et les accoucheuses de l'école infirmière de base. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) soutient que plus l'agent a un niveau d'étude supérieur, mieux il a les connaissances et la maîtrise des techniques de base [11]. L'étude menée par Bohren et al., en 2019 en rapport avec le niveau d'instruction, a démontré que l'instruction est un élément capital avec le renouvellement de connaissance pour s'adapter à la technologie [12]. Les connaissances très poussées sont nécessaires, en vue de bien intégrer les soins de maternité respectueux pour prendre en charge les femmes et filles durant la période préconceptionnelle, prénatale et postnatale enfin de détecter les anomalies qui peuvent survenir au cours de ses périodes de vie.

Quant à l'ancienneté professionnelle, plus de la moitié de ce personnel a moins de cinq ans dans le service. Nous ne pensons pas que l'ancienneté peut empêcher une accoucheuse à remplir correctement ses tâches dans la mesure où les SMR sont liés à la formation complète de l'agent.

Une divergence a été observée dans les réponses des enquêtées en ce qui concerne le moment d'intégration de cette approche. Pour certains c'est lors de l'accouchement (75 %); d'autres estiment que c'est à la réception (20 %); et d'autres encore disent que l'intégration de SMR doit se faire à la réception de la femme.

Luyeye en 2019, soutient que la non intégration de SMR occasionne des nombreuses complications durant l'hospitalisation [13]. Cette étude s'approche également de l'étude menée par Kabuiku J. (2008), sur l'évaluation de connaissance infirmières sur l'approche centrée sur la personne lors de leur prise en charge à la maternité du centre de santé de référence Nganda à Kinshasa, qui a conclu que, les prestataires de soins ont de faible connaissance quant aux soins de maternité respectueux chez une accouchée (40%) [14]. Cependant, elle doit préoccuper les prestataires de soins pour une meilleure prise en charge et une promotion de la santé conséquente de cette nouvelle approche.

Nos résultats vont dans le même sens que le constat de USAID selon lequel, malgré les nombreuses études publiées qui évaluent les manifestations, la prévalence et, dans une moindre mesure, les facteurs des SMR et des mauvais traitements, il existe encore peu de preuves pour éclairer la conception, la mise en œuvre et le suivi au niveau local des interventions des SMR dans le cadre de programmes complets de santé maternelle et néonatale (SMN) [15].

Sur trois (3) dimensions des soins attendus à 75 % les répondants connaissent les soins sécuritaires au moment de l'accouchement; 20 % les soins physiques et 5 % sur le respect des droits de la patiente. Ces connaissances insuffisantes sont attribuables à plusieurs autres complications obstétricales. Les soins sécuritaires occupent la première place car les prestataires s'intéressent plus à ceux qui sont lié à l'éthique et déontologie que d'autres aspects.

Dans ses écrits, ANAES [16], a montré que les décès materno-infantile pourraient être évités si cette approche était enseigné et insérer partout dans nos structures sanitaires. Et en plus, chaque prestataire de soins se mettait à respecter concrètement tous les droits de femme et de bébé dans leur prise en charge.

Concernant les motifs de faible application de l'approche SMR, à la maternité de Mvuzi, le manque de motivation occupe la première place à 60 %; l'incompétence du personnel n'est pas en reste avec 20 %; la négligence du personnel et l'ignorance ont respectivement 10 % chacun. Ces résultats peuvent être visualisés sur la figure. Ces résultats sont réconfortés par l'OMS, qui estime que les facteurs d'ordre organisationnel et personnel sont à l'origine de faible application de l'approche de MSR [17].

Nous disons que les soins de maternels respectueux (SMR) sont des soins « organisés et dispensés à toutes les femmes d'une manière préservant leur dignité, leur intimité et leur confidentialité, garantissant leur liberté contre toute forme de préjudice ou de mauvais traitement et leur permettant de formuler une décision éclairée et de bénéficier d'un soutien continu durant la phase de travail et l'accouchement [17]. Ces dimensions ayant trait aux droits de la femme enceinte ne peuvent être respectées que si les prestataires disposent au préalable des connaissances en la matière. Les résultats de la présente étude dans toutes ses dimensions ne reflètent pas une quelconque tendance dans le sens de cette définition.

Malgré le progrès accomplis au niveau national avec la politique de la gratuité des maternités dans certaines structures cibles, il est difficile de garantir aux femmes bénéficient des soins compétents et respectueux pendant l'accouchement.

Soulignons que la politique de la maternité gratuite lancée par le gouvernement central vient de renforcer la méconnaissance des droits à la maternité respectueux: les prestataires de ces structures abandonnent les soins, réduisent le temps d'accompagnement des femmes enceintes parce que les frais alloués pour cette gratuité n'en bénéficient pas jusqu'à présent. D'où la nécessité de requalifier cette politique qui ne doit pas aller à l'encontre des soins de maternité respectueux.

5 CONCLUSION

Les soins de maternité respectueux sont ceux qui prennent en compte la dimension physique, sécuritaire et les droits de la femme enceinte dès la réception, pendant le travail d'accouchement, jusqu'à l'accouchement. L'efficacité de ses soins requière leurs connaissances auprès des accoucheuses, ainsi que la mise en place de mécanismes de suivis pour leur effectivité. Cette approche n'a pas encore connue son effectivité à la maternité de Mvuzi à Matadi en RD. Congo. Ceci met en péril les droits à la santé et la dignité humaine de la femme qui accouche.

La présente étude descriptive à petit échantillon fournit des données probantes pour des études futures à grand échelle quant au potentiel des solutions axées sur l'amélioration des comportements des accoucheuses pour accroître la qualité des SMR. Les résultats de cette étude démontrent la nécessité d'une stratégie d'intervention à mettre en œuvre afin de prouver le potentiel d'impact de cette approche. Ces résultats nécessitent enfin une étude à grand échantillon afin de confirmer l'efficacité des solutions et d'identifier les effets relatifs aux composantes de SMR.

REFERENCES

- [1] OMS, Soins centrés sur la personne, Cent trente-huitième session 18 décembre 2015 <http://applications.emro.who.int/docs/Technical>, WHO 2016.
- [2] Batungwanayo C.; Dujardin B.; QuestauxG.; Dusabemaria B. Résultat de l'introduction de le SMR à l'hôpital de Kabgayi (Rwanda) Médecine d'Afrique Noire 1995 PP 628-635.
- [3] Boivent C. Impact de l'informatisation du partogramme en salle de naissance (Etude réalisée au sein de la maternité du CHU de Nantes), Diplôme d'état de Sage-Femme. Université de Nantes, UFR de Médecine, Ecole de Sages-Femmes. 2010.
- [4] WHO, La prévention et l'élimination du manque de respect et des mauvais traitements lors de l'accouchement dans des établissements de soins /RHR/ Organisation mondiale de la Santé 2014.
- [5] Tuncalp et al. Bjog; Qualité des soins pour les femmes enceintes et les nouveau-nés: vision de l'OMS, Article gratuit, juillet 2015: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
- [6] Figo.Org, Cadre éthique pour des soins maternels respectueux pendant la grossesse et l'accouchement 2021: <https://www.figo.org>.
- [7] Lavandaer EA, The graphic analysas of labor, AM Obst Gynecol; 1954.
- [8] Groupe interinstitutionnel, *Initiative maternité à moindre risque*, 2021: https://appsWho.int.pdf_files.
- [9] Bonalliance et al; *les soins de maternité respectueux*, 2015.<https://www.jhpiego.org>

- [10] OMS, Suellen Miller et, Andre Lalonde The global epidemic of abuse and disrespect during childbirth: History, evidence, interventions, and FIGO's mother-baby friendly birthing facilities initiative. Published by Elsevier Ireland Ltd. on behalf of International Federation of Gynecology and Obstetrics 2018 doi.org/10.1016.
- [11] OMS, La Stratégie Mondiale pour la santé de la femme, de l'enfant et de l'adolescent (2020).
- [12] Bohren, Meghan A. et al. 2019. « How women are treated during facility-based childbirth in four countries: a cross-sectional study with labour observations and community-based surveys, » The Lancet 394 (10210): 1750–63.
- [13] Luyeye Malonda, 2019, Sur les conséquences de mauvais traitement dans la prise en charge des patients en consultation gynéco-obstétrique.
- [14] Kabuiku J, 2008, Sur l'évaluation de connaissance infirmières sur l'approche centrée sur la personne lors de leur prise en charge en post- à la maternité du centre de santé de référence NGANDA.
- [15] USAID (2020) Assurer des soins de maternité respectueux pour les femmes, les nouveau-nés et les familles Directives opérationnelles flexibles <https://www.mcsprogram.org>
- [16] ANAES. Intérêt et indications des modes de SMR dans la surveillance du rythme cardiaque fœtal au cours de l'accouchement normal. Paris: Anaes Ed; 2002 Audipog. Dossier du Réseau sentinelle Audipog. <http://audipog.inserm.fr>.
- [17] Bibliothèque en santé génésique de l'OMS, 2018. « *WHO recommendation on respectful maternity care*, » Bibliothèque en santé génésique de l'OMS. Genève: Organisation mondiale de la Santé.

Profil épidémiologique et risque probable du diabète gestationnel à l'hôpital général de référence de Kimbanseke à Kinshasa, RD Congo

[Epidemiological profile and probable risk of gestational diabetes at the Kimbanseke General Referral Hospital in Kinshasa, DR Congo]

B.N. Mukuna¹, A. Ndomba¹, A.K. Muzingu², K.K. Kena², J.B.M. Kawumbu³, and G.K. Mutshipayi¹

¹Filière Sciences Infirmières, Faculté des Sciences de la santé, Université Pédagogique Nationale Kinshasa Ngaliema, RD Congo

²Filière Sage-femme, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kisantu, province du Kongo Central, RD Congo

³Filière Sciences Infirmières, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Tshofa, province de Lomami, 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: Gestational diabetes is a public health problem that requires special monitoring given the diversity of factors involved. The specific objectives of this study are: to describe the epidemiological profile of pregnant women in order to identify the particularities of those who develop gestational diabetes; and then calculate the relative risk of gestational diabetes in pregnant women. Nine Teen (19) pregnant women were being investigated at the Kimbanseke maternity hospital in the eastern part of the city of Kinshasa. Data are collected through interviews and observations. These data concerned socio-demographic characteristics, paraclinical examinations (blood glucose), family, medical, gynaecological and obstetric history as well as dietary habits. Seven (7) pregnant women had developed gestational diabetes, an incidence rate of 36.84%. Regarding history: the risk of gestational diabetes increases with lack of occupation (1.61 times); in the first and second trimester of pregnancy (1.60 times) and with large mass (1.15 times). This risk is higher if the pregnant person has a history of diabetes (2.76 times); hyperglycemia (2.28 times); if the pregnant woman has had surgery for ovarian cyst (2.13 times) and if she had given birth with malformation with malformation in the past (1.50 times). For pregnant women with glycosuria (5.40 times); angina infection (3.73 times); if high blood pressure (2.76 times); in case of genital infection (1.81 times); obesity (1.62 times); if fasting blood glucose is high (1,15 times). As for treatment habits: the risk is 8.25 times higher for pregnant women taking insulin; and 5.41 times more for pregnant women on diet. We conclude that the risk of gestational diabetes increases with sociodemographic profile, medical, surgical, obstetric history, and treatment habits.

KEYWORDS: Gestational diabetes in Kinshasa; Risk of gestational diabetes in Kinshasa; Gestational diabetes in Kinshasa.

RESUME: Le diabète gestationnel constitue un problème de santé publique qui nécessite une surveillance particulière compte tenu de la diversité des facteurs en cause. La présente étude a pour objectifs spécifiques de décrire le profil épidémiologique des gestantes afin de relever les particularités de celles qui développent le diabète gestationnel ; et calculer le risque relatif du diabète gestationnel chez les gestantes.

Dix et neuf (19) gestantes étaient enquêtées à la maternité de Kimbanseke dans la partie Est de la ville de Kinshasa. Les données sont récoltées sur interview et observation. Principalement les caractéristiques sociodémographiques, les examens para cliniques (glycémie), les antécédents familiaux, médicaux, gynécologiques, obstétricaux ainsi que les habitudes alimentaires et thérapeutiques.

Sept (7) gestantes avaient développé le diabète gestationnel soit un taux d'incidence de 36,84 %. Concernant les antécédents : le risque du diabète gestationnel augmente avec le manque d'occupation (1,61 fois); au premier et deuxième trimestre de la grossesse (1,60 fois) et en cas de grande masse (1,15 fois). Ce risque est plus élevé si la gestante a des antécédents du diabète (2,76 fois); en cas d'hyperglycémie (2,28 fois); si la gestante a été opérée de Kyste ovarien (2,13 fois) et si elle avait donné naissance avec malformation dans le passé (1,50 fois). Pour les gestantes avec glycosurie (5,40 fois); infection d'angine (3,73 fois); si hypertension artérielle (2,76 fois);

en cas d'infection génitale (1,81 fois); si obésité (1,62 fois); si la glycémie à jeun est élevée (1,50 fois); et si prise de poids excessive (1,15 fois). Quant aux habitudes thérapeutiques : le risque est de 8,25 fois plus pour les gestantes sous insuline; et 5,41 fois plus pour les gestantes sous régime.

Nous concluons que le risque du diabète gestationnel augmente avec le profil sociodémographique, les antécédents médicaux, chirurgicaux, obstétricaux et les habitudes thérapeutiques.

MOTS-CLEFS: Diabète gestationnel à Kinshasa; Risque de diabète gestationnel à Kinshasa; Diabète de gestante à Kinshasa.

1 INTRODUCTION

Le diabète gestationnel (DG) est un trouble de la tolérance glucidique, de sévérité variable, diagnostiqué pour la première fois pendant la grossesse, quelle qu'en soit l'étiologie, l'ancienneté et l'évolution après la grossesse [1].

Le diabète gestationnel (DG) est l'une des complications les plus fréquentes de la grossesse¹ [2]. Sa prévalence varie entre 3,6 % et 13,6 % dans le monde et peut atteindre 20 % avec les critères diagnostiques adoptés par l'International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups (IADPSG)²³⁴ [3, 4, 5]. Dans l'ensemble, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord affichent la prévalence la plus élevée du DG (prévalence médiane de 12,9 % et de 11,7 %)⁵ [6].

La prévalence du diabète gestationnel est très variable selon les populations étudiées⁶ [7]. Chez les femmes australiennes, cette prévalence est de 4,3 %, contre 15 % chez les femmes nées dans le sous-continent indien⁷ [8]. En Afrique subsaharienne, les prévalences rapportées sont plus fortes. Au Sénégal, la prévalence par rapport au nombre de cas de grossesse était de 33,1 % en 2015⁸ [9]. En Côte d'Ivoire elle était de 38,8 % en 2008 [10]. Le diabète gestationnel représente un problème de santé publique dans le monde, du fait de sa fréquence qui a considérablement augmenté et de son retentissement maternel et fœtal⁹ [11]. Les complications du diabète gestationnel sont redoutables et s'observent à court, moyen et long terme justifiant une prise en charge optimale multidisciplinaire¹⁰ [8]. Elles sont dominées chez la mère par l'hypertension artérielle gravidique et la pré-éclampsie dont leur fréquence est doublée par rapport à la population générale, passant respectivement de 3,3 % à 7,3 % et de 3,9 % à 8 %¹¹ [10]. Chez le fœtus on peut noter le risque de retard de croissance in-utero, de mort in-utero et de macrosomie fœtale¹² [11].

Le DG est associé à court terme à des complications, aussi bien maternelles (hypertension gravidique, pré éclampsie, taux de césarienne élevé), que néonatales (macrosomie, dystocie des épaules, détresse respiratoire, etc...)¹³ [12]. De même, il est associé à long terme à un risque plus élevé de développer un diabète de type 2 chez les mères et à un risque de maladies métaboliques chez les enfants¹⁴ [12, 13]. Par conséquent, le dépistage précoce et le traitement du DG s'avèrent indispensables afin de garantir un bon développement fœtal et de prévenir les complications fœtales et néonatales liées à l'hyperglycémie maternelle¹⁵ [14].

La prise en charge des femmes ayant un DG nécessite une auto surveillance glycémique, un renforcement des mesures hygiéno-diététiques et, en cas de non atteinte des objectifs glycémiques, un traitement par insuline qui constitue, à l'heure actuelle, le seul traitement médicamenteux approuvé par la Food and Drug Administration (FDA) pour le traitement du DG¹⁶ [15, 16], en raison de son efficacité prouvée sur la réduction de la morbidité maternelle et fœtale¹⁷ [17, 18].

¹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0001

² <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9387649/> - R150066725686110

³ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9387649/> - R150066725685944

⁴ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9387649/> - R150066725686112

⁵ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0001

⁶ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0002

⁷ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0003

⁸ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0004

⁹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0004

¹⁰ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0003

¹¹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0005

¹² <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0006

¹³ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0006

¹⁴ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0006

¹⁵ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0006

¹⁶ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0006

¹⁷ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6859047/> - cit0006

Plusieurs femmes développent le diabète gestationnel parfois qui se solde par une fatalité faute d'une prise en charge efficace. Nous pensons que la connaissance des facteurs des risques ainsi que la prise en compte des caractéristiques des femmes prédisposées à en développer serait une approche très capitale pour réduire les taux de morbidité et de mortalité associés à cette pathologie.

En République Démocratique du Congo (RDC), l'augmentation modérée de la fréquence des malformations en cas de diabète gestationnel par rapport à la population générale est vraisemblablement liée à l'existence de cas de diabète type 2 méconnu. Le risque d'asphyxie néonatale et de décès périnatal n'est pas augmenté dans le cadre du diabète gestationnel. Les traumatismes obstétricaux et les atteintes du plexus branchial sont des événements rares et l'augmentation du risque en cas de diabète gestationnel n'est pas formellement démontrée [19]. Les risques de détresse respiratoires toute cause confondue est difficile à apprécier. Il n'existe pas de données pour établir un lien entre les troubles respiratoires néonataux et le diabète gestationnel.

La fréquence rapportée de l'hypoglycémie est faible mais le risque est difficile à apprécier en raison de l'hétérogénéité de la définition de l'hypoglycémie dans les différentes études. Le risque d'hypocalcémie en cas de diabète gestationnel est comparable à celui de la population général [20].

Malgré la connaissance des risques et l'attention portée à l'équilibre alimentaire, la prise en charge demande une grande discipline et beaucoup de rigueurs sur les facteurs en cause.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 TYPE DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude analytique transversale non aléatoire occasionnelle, conduite entre le premier Aout et le trente Novembre 2023. La maternité de Kimbanseke au sein de l'hôpital et de la commune du même nom est une institution créée par l'église Kimbanguisme dont la gestion est partagée avec l'Etat congolais. Elle est située dans la partie Est la plus peuplée de la ville de Kinshasa. Les accouchements sont trop fréquents aux différents âges. La population de cette contrée est majoritairement originaire de la province du Kongo Central.

2.2 PARTICIPANTS

Les femmes enceintes en consultation prénatale (CPN) au premier, deuxième et troisième trimestre de la grossesse étaient sélectionnées. Outre les plaintes et signes cliniques, les résultats de laboratoire sur la glycémie et la glycosurie pour chaque gestante ont servi de guide pour distinguer les gestantes avec diabète gestationnel de celles qui n'en avait pas.

2.3 PROCÉDURES

Dix et neuf (19) gestantes étaient suivies dans ladite maternité pendant 4 mois. Les informations relatives à leurs caractéristiques sociodémographiques, les examens para cliniques (glycémie), les antécédents familiaux, médicaux, gynécologiques, obstétricaux ainsi que les habitudes alimentaires et thérapeutiques avaient constitué l'essentiel des informations récoltées auprès des gestantes.

Les données récoltées étaient compilées sur le logiciel SPSS 20. Leurs analyses ont consisté aux calculs des fréquences en pourcentages et aux risques relatifs (RR) du diabète gestationnel. Les résultats ont été mis en comparaison entre deux groupes à savoir les gestantes qui avaient développé le diabète (groupe exposé) et celles qui n'en avait pas (groupe non exposé).

Le risque du diabète pour une hyperglycémie positive était indiqué pour une valeur du RR supérieur à 1 avec un intervalle de confiance à 95 %.

2.4 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

La participation à l'étude était volontaire et le consentement libre et éclairé de la gestante, était requis au préalable verbalement soit par écrit. Les données de cette étude sont exploitées uniquement par les personnes impliquées dans l'étude et les informations pouvant favoriser l'identification des gestantes ne sont pas publiées. A cet effet, les identités des participantes étaient codifiées, l'interview s'était effectuée dans la discrétion. L'anonymat a été garanti pendant et après l'étude.

2.5 CONFLIT D'INTÉRÊT

Nous attestons qu'aucun conflit d'intérêt n'a été signalé. Toutes les personnes ci-haut identifiées comme co-auteurs ont participé significativement à la rédaction de cet article.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES ET SANITAIRES DES GESTANTES

Sur un échantillon de 19 gestantes suivies, 7 avaient le diabète gestationnel soit une incidence de 36,84 %.

Tableau 1. Profil sociodémographique, sanitaire et risque du diabète gestationnel

Tranche d'âge	Diabète gestationnel		Total	RR (IC95%)
	Oui	Non		
< 35 ans	3 (42,9%)	5 (41,7%)	8 (42,1%)	1,03 (0,31 – 3,38)
35 ans et plus	4 (57,1%)	7 (58,3%)	11 (57,9%)	0,98 (0,314 - 3,38)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	1,05 (0,15 – 6,92)
Niveau d'étude				
Analphabète et Prim	1(14,3%)	2 (16,7%)	3 (15,8%)	0,88 (0,15-4,96)
Secondaire et Univ	6 (85,7%)	10 (83,3%)	16 (84,2%)	1,06 (0,44-2,58)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	0,83 (0,06-11,27)
Occupation				
Sans occupation	5 (71,4%)	6 (50,0%)	11 (57,9%)	1,81 (0,46-7,11)
Employée	2 (28,6%)	6 (50,0%)	8 (42,1%)	0,72 (0,37-1,42)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,50 (0,3-18,33)
Age de la grossesse				
1er et 2ème trimestre	6 (85,7%)	9 (75,0%)	15 (78,9%)	1,60 (0,26-9,74)
3ème trimestre	1(14,3%)	3 (25,0%)	4 (21,1%)	0,80 (0,39-1,61)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,00 (0,16-24,06)
N'a pas suivi de la CPN				
Oui	5 (71,4%)	6 (50,0%)	11 (57,9%)	1,81 (0,46-7,11)
Non	2 (28,6%)	6 (50,0%)	8 (42,1%)	0,72 (0,37-1,42)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,50 (0,34-18,32)
Masse corporelle				
Grande masse	7 (100,0%)	9 (75,0%)	16 (84,2%)	1,15 (0,30-4,33)
Petite masse	0	3 (25,0%)	3 (15,8%)	0,92 (0,45-1,87)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	1,25 (0,16-9,53)

*Prim = primaire; *Univ = Universitaire; CPN = Consultation prénatale

Il ressort de ce tableau que 58,3 % des femmes de 35 ans et plus avaient développé le diabète gestationnel; à 84,2 % elles étaient du niveau secondaire; 50 % étaient sans occupation spécifique donc ménagères et n'ont pas suivis la CPN; à 75 % elles avaient développé le diabète gestationnel au premier et deuxième trimestre de la grossesse; et étaient de grande masse. En termes de risque, il est de 1,61 fois plus chez les gestantes sans occupation; 1,60 fois plus au premier et deuxième trimestre de la grossesse; 1,15 fois plus pour les gestantes de grandes masses.

3.2 ANTÉCÉDENTS (ATCD) ET DIABÈTE GESTATIONNEL

Tableau 2. ATCD médicaux, chirurgicaux, obstétricaux et risque du diabète gestationnel

ATCD du diabète Gestationnel	Diabète gestationnel		Total	RR (IC95%)
	Oui	Non		
Oui	7 (100,0%)	5 (41,7%)	(63,2%)	-
Non	0	7 (58,3%)	7 (36,8%)	0,41 (0,37-1,42)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	8,70 (4,16-16,50)
ATCD Macrosomie				
Oui	7 (100,0%)	8 (66,7%)	15 (78,9%)	-
Non	0	4 (33,3%)	4 (21,1%)	0,53 (0,33-0,85)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	-
ATCD diabète en famille				
Oui	6 (85,7%)	7 (58,3%)	13 (68,4%)	2,76 (0,42-18,20)
Non	1 (14,3%)	5 (41,7%)	6 (31,6%)	0,64 (0,34-1,19)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	4,28 (0,38-47,62)
ATCD mort in-utéro				
Oui	4 (57,1%)	8 (66,7%)	12 (63,2%)	0,77 (0,24-2,50)
Non	3 (42,9%)	4 (33,3%)	7 (36,8%)	1,16 (0,54-2,48)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	0,66 (0,09-4,54)
ATCD nais. malformation				
Oui	2 (28,6%)	2 (16,7%)	4 (21,1%)	1,50 (0,44-5,04)
Non	5 (71,4%)	10 (83,3%)	15 (78,9%)	0,75 (0,26-2,12)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,00 (0,21-18,68)
ATCD hyperglycémie				
Oui	4 (57,1%)	3 (25,0%)	7 (36,8%)	2,28 (0,70-7,37)
Non	3 (42,9%)	9 (75,0%)	12 (63,2%)	0,57 (0,22-1,42)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	4,00 (0,54-29,17)
ATCD opération Kyste				
Oui	2 (28,6%)	1 (8,3%)	3 (15,8%)	2,13 (0,72-6,28)
Non	5 (71,4%)	11 (91,7%)	16 (84,2%)	0,48 (0,09-2,48)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	4,40 (0,31-60,61)

S'agissant des ATCD, il ressort de nos analyses que 41,7 % avaient les ATCD du diabète gestationnel; 66,7 % ceux de macrosomie; 58,3 % sont issues des familles avec le ATCD du diabète gestationnel; 68,7 % de mort in-utéro; 25 % d'hyperglycémie; 16,7 % de naissance avec malformation et 8,3 % d'opération de kyste. Quant au risque du diabète gestationnel; il est de 2,76 fois plus pour celles qui ont les ATCD de diabète; 2,28 en cas d'hyperglycémie; 2,13 fois plus pour celles qui avaient les ATCD de Kyste ovarien, 1,50 en cas d'ATCD de naissance avec malformation.

Tableau 3. Autres problèmes cliniques et risque du diabète gestationnel

Prise de poids excessive	Diabète gestationnel		Total	RR (/C95%)
	Oui	Non		
Oui	5 (71,4%)	8 (66,7%)	13 (68,4%)	1,15 (0,30-4,33)
Non	2 (28,6%)	4 (33,3%)	6 (31,6%)	0,92 (0,45-1,87)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	1,25 (0,16-9,53)
Glycosurie				
Oui	6 (85,7%)	4 (33,3%)	10 (52,6%)	5,40 (0,79-36,68)
Non	1 (14,3%)	8 (66,7%)	9 (47,4%)	0,45 (0,20-0,99)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	12,0 (1,05-136,79)
Hypertension artérielle				
Oui	6 (85,7%)	7 (58,3%)	13 (68,4%)	2,76 (0,42-18,20)
Non	1 (14,3%)	5 (41,7%)	6 (31,6%)	,64 (0,34-1,19)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	4,28 (0,38-47,62)
Présente l'angine				
Oui	4 (57,1%)	1(8,3%)	5 (26,3%)	3,73 (1,24-11,15)
Non	3 (42,9%)	11 (91,7%)	14 (73,7%)	0,25 (0,43-1,50)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	14,66 (1,16-185,23)
Glycémie à jeun				
Oui	2 (28,6%)	2 (16,7%)	4 (21,1%)	1,50 (0,44-5,04)
Non	5 (71,4%)	10 (83,3%)	15 (78,9%)	0,75 (0,26-2,12)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,00 (0,21-18,68)
Signe d'obésité				
Oui	3 (42,9%)	3 (25,0%)	6 (31,6%)	1,62 (0,51-5,09)
Non	4 (57,1%)	9 (75,0%)	13 (68,4%)	0,72 (0,30-1,73)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,25 (0,30-16,41)
Infection génitale				
Oui	5 (71,4%)	6 (50,0%)	11 (57,9%)	1,81 (0,46-7,11)
Non	2 (28,6%)	6 (50,0%)	8 (42,1%)	0,72 (0,47-1,42)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,50 (0,34-18,33)

Il s'observe dans ce tableau que 66,7 % des enquêtées avec diabète gestationnel avaient un poids excessif; 58,3 % l'hypertension artérielle; 50 % une infection génitale; 33,3 % une glycosurie; 25 % l'obésité et 16,7 % une glycémie élevée à jeun.

En termes de risque probable, il est de 5,40 fois plus chez les femmes qui avaient présentaient une glycosurie; 3,73 fois plus chez celles qui souffraient de l'angine; 2,76 fois plus en cas d'hypertension artérielle; 1,81 fois plus en cas d'infection génitale; 1,62 fois chez les obèses; 1,50 si la glycémie à jeun est élevée; et 1,15 fois plus en cas de prise de poids excessive par la gestante.

Tableau 4. Régime alimentaire, habitudes thérapeutiques et risque du diabète gestationnel

Grignotage aliment sucre	Diabète gestationnel		Total	RR (IC95%)
	Oui	Non		
Oui	1 (14,3%)	8 (66,7%)	9 (47,4%)	0,18 (0,02-1,25)
Non	6 (85,7%)	4 (33,3%)	10 (52,6%)	2,22 (1,00-4,91)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	0,08 (0,00-0,95)
Femme sous régime				
Oui	5 (71,4%)	1 (8,3%)	6 (31,6%)	5,41 (1,44-20,36)
Non	2 (28,6%)	11 (91,7%)	13 (68,4%)	0,19 (0,03-1,19)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	27,50 (1,99-378,83)
Femme sous insuline				
Oui	6 (85,7%)	2 (16,7%)	8 (42,1%)	8,25 (1,22-55,77)
Non	1 (14,3%)	10 (83,3%)	11 (57,9%)	0,27 (0,08-0,92)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	30,00 (2,21-405,98)
Pratique activités physiques				
Oui	2 (28,6%)	2 (16,7%)	4 (21,1%)	1,50 (1,50-5,04)
Non	5 (71,4%)	10 (83,3%)	15 (78,9%)	0,75 (0,26-2,12)
Total	7 (100,0%)	12 (100,0%)	19 (100,0%)	2,00 (0,21-18,68)

A la lumière de ce tableau sur le régime et habitudes thérapeutiques, 66,7 % des femmes avec diabète gestationnel pratiquaient le grignotage; 16,7 % étaient sous insuline et pratiquaient les activités physiques (sports); à 8,3 % ces femmes étaient sous régime. Par ailleurs, le risque est de 8,25 fois plus pour les gestantes sous insuline; et 5,41 fois plus pour les gestantes sous régime.

4 DISCUSSION

La présente étude révèle que le risque du diabète gestationnel est significativement associé à plusieurs paramètres, d'une part individuels et familiaux et d'autres parts médico-sanitaires. Le taux d'incidence du diabète gestationnel est important et à ne pas sous-estimé 36,84 % soit plus ou moins 4 / 10 gestantes.

Plusieurs écrits renseignent que le risque du diabète gestationnel augmente avec l'âge de la gestante (35 ans et plus). Les résultats de cette étude du point de vue âge ne se marient pas avec cette déclaration. Il a été observé un risque nul $0,98 \pm 1$ chez les femmes de 35 ans et plus; nous admettons que l'âge de la femme enceinte est un facteur protecteur du diabète gestationnel. Par ailleurs, la petitesse de l'échantillon serait à l'origine de ce manque d'association. Les femmes sans occupations spécifiques et celle n'ayant pas suivi la CPN étaient 1,81 fois plus à risque.

Le diagnostic a été posé principalement au premier et deuxième trimestre de la grossesse à près de 78,8 % avec un risque probable de 1,60 fois plus. Contrairement à l'étude de Boumezbeur Soumia en 2019, le diagnostic a été posé au premier trimestre dans 55,6% des cas, au deuxième trimestre dans 33,3% et 11,1% au troisième trimestre [21].

La masse corporelle n'est pas en reste, le risque a été estimé à 1,15 fois plus chez les gestantes de grande masse; soit 100 % des gestantes avec diabète était de grande masse. Ce résultat corrobore l'étude de Boumezbeur Soumia qui fait état de 36,8 % des diabétiques gestationnels chez qui l'Indice de Masse Corporelle (IMC) a été prouvé très élevé [21].

Concernant les antécédents, les gestantes issues des familles où l'on trouve les diabétiques étaient 2,76 fois plus à risque; les antécédents d'hyperglycémie 2,28 fois plus; les antécédents d'opération des kystes 2,13 fois plus, et celles qui avaient donné naissance dans le passé les enfants avec malformation congénitale 1,50 fois plus de développer le diabète gestationnel. Ces paramètres trouvés dans cette étude avaient aussi prouvé des associations statistiques avec des Khi-carrés variant de 2 à 6 dans les études similaires [8, 11, 21].

Tout diabète sucré est caractéristique de certaines manifestations cliniques telles que la glycosurie et l'hyperglycémie. Il ressort de nos analyses des risques de 5,40 fois et 1,50 fois plus. Les gestantes à l'avance hyperglycémie ont une propension de développer le diabète gestationnel que celles dont la glycémie est stable [6]. De même, certaines maladies infectieuses comme l'angine et les infections urinaires en période de grossesse influencent la tendance du diabète gestationnel. Le constat fait dans cette étude révèle des risques respectivement de 3,73 et 1,81 fois plus [8].

Il existe une comorbidité entre le diabète et l'hypertension artérielle. Cette comorbidité n'est pas à exclure chez les gestantes hypertendues [22]; nos analyses renseignent un risque de 2,76 fois plus que si la femme enceinte ne souffrait pas de l'hypertension. Il

s'ensuit que la prise de poids et l'obésité par manque de régime diététique approprié durant la grossesse augmente le risque du diabète de 1,15 à 1,50 fois plus.

L'insulinothérapie est le moyen souvent utilisé en cas de diabète insulino-dépendant [22]. Bien que le diabète gestationnel soit passager, les femmes sous insuline sont préalablement malade diabétique et la gestation déstabilise d'avantage leur taux de sucre d'où le diabète gestationnel. Il ressort dans cette étude les risques de l'ordre de 5,41 et 8,25 fois plus chez les femmes enceintes sous régime et sous insuline.

Il est nécessaire pour une femme enceinte de pratiquer régulièrement les activités physiques durant 30 minutes trois à cinq fois par semaine. Ces activités doivent être adaptés à l'état de la grossesse, c'est-à-dire endurantes et atraumatiques [23]. Faute de ces activités physiques la gestante court 1,50 fois plus le risque de développer le diabète gestationnel. Même si cette dernière est déjà diabétique gestationnel, l'activité physique doit être effectué pour son bien-être.

5 CONCLUSION

Le diabète gestationnel constitue une importante préoccupation de santé publique tant pour la femme enceinte, le professionnel de santé que pour toute la communauté. Les risques de développer cette pathologie sont réels et relatifs à plusieurs paramètres à la fois sociodémographiques, obstétricaux, médicaux, chirurgicaux, le mode de vie ainsi que certaines habitudes alimentaires et thérapeutiques de la gestante. Déterminer le risque du diabète gestationnel c'est savoir prévenir et orienter une prise en charge efficace.

REFERENCES

- [1] Sqalli Houssaini FZ. *Diabète et grossesse (Etude rétrospective à propos de 45 cas)* Thèse de Med n° 044/2010 Fès. [Google Scholar].
- [2] Wery E, Vambergue A, Goueff Le, Vincent F, Deruelle D, P. *Impact of the new screening criteria on the gestational diabetes prevalence.* J Gynecol Obstet Biol Reprod. 2014; 43 (4): 307–313. [PubMed], [Google Scholar].
- [3] Deputy Nicholas P, Kim Shin Y, Conrey Elizabeth J, Bullard Kai Mckeever. MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report. 43. Vol. 67. Centers for Disease Control MMWR Office; 2018. *Prevalence and Changes in Preexisting Diabetes and Gestational Diabetes Among Women Who Had a Live Birth — United States, 2012–2016*; pp. 1201–1207. [Article PMC gratuit], [PubMed], [Google Scholar].
- [4] Szmuiłowicz Emily D, Josefson Jami L, Metzger Boyd E. *Endocrinology and Metabolism Clinics.* 3. Vol. 48. Elsevier; 2019. *Gestational diabetes mellitus*; pp. 479–493. [Article PMC gratuit], [PubMed], [Google Scholar].
- [5] Zhu Yeyi, Zhang Cuilin. *Current Diabetes Reports.* 1. Vol. 16. Springer Science and Business Media LLC; 2016. *Prevalence of Gestational Diabetes and Risk of Progression to Type 2 Diabetes: a Global Perspective*; pp. 7–7. [Article PMC gratuit], [PubMed], [Google Scholar].
- [6] BE Metzger, LP Lowe, AR Dyer, ER Trimble, U Chaovarindr. *Hyperglycemia and adverse pregnancy outcomes.* N Engl J Med. 2008; 358 (19): 1991–2002. [PubMed], [Google Scholar].
- [7] Busch-Brafin MS, Pinget M. *Le diabète gestationnel.* Méd Nucl Imag Fonct Métab. 2001; 25 (2): 137–141. [Google Scholar].
- [8] Lesluyes L, Vialettes B. *Le diabète gestationnel.* Diabetes Metab. 1996 Oct; 22 (5): 359–63. [PubMed], [Google Scholar].
- [9] Leye A, Diaba Diack N, Ndiaye Sarr N, Faye C, Mohamed Lèye Y, Diouf A, et al. *Caractéristiques épidémiologiques du diabète gestationnel dépisté selon les recommandations de l'IADPSG dans une population noire africaine en milieu hospitalier dakarois.* Diab & Métab. 2015; 41 (1): A44–A45. [Google Scholar].
- [10] Djohan YF, Niamke AG, Monde AA, Koffi G, Dere KA, Camara-Cissé, et al. *Dépistage du diabète gestationnel par le screening test de O'Sullivan.* J Sci Pharm Biol. 2008; 9 (2): 77–83. [Google Scholar].
- [11] Chadli-Chaieb M, Maaroufi A, Slim I, Kacem M, Ach K, Chaieb L. *Le diabète gestationnel: profil clinique, modalités de dépistage et de prise en charge.* Diab & Metab. 2014; 40 (1): A41–A42. [Google Scholar].
- [12] Berger H, Gagnon R, Sermer M, Basso M, Bos H, Brown R N. *Diabetes in Pregnancy.* J Obstet Gynaecol Can. 2016; 38 (7): 667–679. [PubMed], [Google Scholar].
- [13] Kautzky-Willer Alexandra, Harreiter Jürgen, Winhofer-Stöckl Yvonne, Bancher-Todesca Dagmar, Berger Angelika, Repa Andreas, Lechleitner Monika, Weitgasser Raimund. *Wiener klinische* [PubMed], [Google Scholar].
- [14] Jovanovic L. *Diabetes Care.* 11. Vol. 30. American Diabetes Association; 2007. *Point: Oral* [PubMed], [Google Scholar].
- [15] Jovanovic Lois, Pettitt David J. *Diabetes Care.* Supplement_2. Vol. 30. American Diabetes Association; 2007. *Treatment With Insulin and Its Analogs in Pregnancies Complicated by Diabetes*; pp. S220–S224. [PubMed], [Google Scholar].
- [16] Landon M B, Spong C Y, Thom E, Carpenter M W, Ramin S M, Casey B. *A multicenter, randomized trial of treatment for mild gestational diabetes.* N Engl J Med. 2009; 361 (14): 1339–1348. [Article PMC gratuit], [PubMed], [Google Scholar].
- [17] Crowther Caroline A, Hiller Janet E, Moss John R, Mcphee Andrew J, Jeffries William S, Robinson Jeffrey S. *New England Journal of Medicine.* 24. Vol. 352. Massachusetts Medical Society; 2005. *Effect of Treatment of Gestational Diabetes Mellitus on Pregnancy Outcomes*; pp. 2477–2486. [PubMed], [Google Scholar].

- [18] L'assurance maladie: agir ensemble et protéger chacun Diabète gestationnel (diabète de grossesse): définition et conséquences | ameli.fr | Assuré 23 janvier 2023/ le 04/12/2023.
- [19] Kodjo Agbeko Djagadou, Toyi Tchamdja, Komi Dzidzonu Némi, Abago Balaka, et Mohaman Awalou Djibril, Aspects diagnostiques, thérapeutiques et pronostiques du diabète gestationnel au Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio In, *The Pan african Medical Journal*, <http://www.panafrican-med-journal.com/> le 04/12/2023.
- [20] Olfa Lajili, Yosra Htira, Aroua Temessek, Imen Hedfi, Sarra Ben Amara, et Feika Ben Mami Incidence des complications materno-fœtales au cours du diabète gestationnel in *Journal of de Tunisian Society of Medical Sciences* <http://www.latunisiemedicale.com/?Codelang=en> le 04/12/2023.
- [21] Boumezbeur Soumia, *Diabète et grossesse: Facteur de risque et prise en charge (à propos de 70 cas)*, mémoire de master en sciences de la nature et de la vie; filière sciences biologiques; Université des Frères Mentouri, Algérie, 2019.
- [22] Tran C, Boulvain M et Philippe J. Prise en charge du diabète gestationnel: nouvelles connaissances et perspectives futures; Rev. Med. Suisse, 2011 n° 7; p 1250-4.
- [23] Holleville Guillaume M, Le diabète gestationnel: causes et ses conséquences pour la mère et son enfant. Role du pharmacien d'officine dans sa prise en charge, Mémoire du diplôme d'Etat de docteur en pharmacie 2017 (<https://dumas.ccsd.cnrs.fr>).

La répression de l'infraction de viol sur mineur à l'épreuve des pratiques judiciaires en RDC: Cas du Tribunal de Grande Instance de Mbandaka, de 2020 à 2023

[The repression of the offense of rape of a minor put to the test of judicial practices in the DRC: Case of the Mbandaka High Court, from 2020 to 2023]

Cédric IMPOELA BOTULI

Assistant à l'ISRD-MBANDAKA, 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: Rape of minors is a recurring social phenomenon, a worrying situation and a permanent danger for Congolese society. The effective repression of this offense remains the only remedy allowing the harmonious protection of Congolese children in general and those of the province of Equateur in particular.

The Congolese legislator, in order to protect the child against all forms of sexual violence, has developed laws that can constitute the guardian of the life of the Congolese child in the image of the shield and the sword. Very unfortunately the judicial actors (OPJ and magistrates) supposed to repress do not properly repressing and condemning the offender to 20 years of penal servitude.

In the judicial practice of the Mbandaka high court and its attached prosecutor's office, the repression of the said offense is not appropriate due to the fact that on the one hand there are always amicable negotiation between the two families before the judicial body and on the other hand the fanciful sentence of 6 months, 2 or 3 years of SPP, yet Congolese legislation provides for a sentence of up to 20 years of SPP.

Faced with this worrying situation Congolese children, the repression of rape of minors often proves to be contrary to the best interests of the child. Not only do minors have difficulty accessing justice, but also the fear of reprisals and the impunity of perpetrators of rape of minors is a recurring phenomenon. Alongside the laws and mechanisms which are failing, one of major gaps in the DRC is the cost of a criminal trial. Indeed, without the intervention and assistance of the state, the minor or his parents are incapable of meeting the costs of the procedures. Either the parents prefer to compromise to the detriment of best interests of the child, or they file a complaint but abandon the proceedings, no longer able to pay for the services of a lawyer.

This study therefore confirms the need to strengthen the protection of minors through effective repression of rape of minors. This requires the improvement of standards and mechanisms, as well as the development of alternatives such as legal aid. Significant efforts have been made to protect minors through the establishment of more or less effective laws and more or less effective mechanisms for repressing rape in the best interests of the Child.

KEYWORDS: Repression, offense, minor, judicial practices.

1 INTRODUCTION

Le viol et les autres formes de violences sexuelles sont un phénomène social majeur pour la société congolaise et une préoccupation constante devant les cours et tribunaux, ceci est d'ailleurs l'idéal pour un Etat de droit afin d'assurer le bien-être social et le respect des droits humains de toutes les catégories sociales.

Toutefois, le nombre de viols sur mineur et d'autres crimes de violence sexuelle demeurent élevé en RDC et le viol continu à être utilisé dans nos différentes sociétés comme un fonds de commerce pour les familles victimes d'une part et d'autre part

comme un moyen d'enrichissement pour les acteurs judiciaires véreux de la province de l'Equateur (OPJ et Magistrats) pourtant censés servir la société.

Dans la culture africaine, la femme est considérée comme gardienne de la vie, des enfants et les violences sexuelles dont elle est victime brise cette chaîne de la vie, détruit le tissu social et même l'homme aussi en tombe victime, lui, qui est l'être physiquement fort à qui incombe la mission de défendre la femme, se trouve incapable d'assurer cette mission face à l'homme armé qui tue et viole, souvent sous ses yeux, la femme qu'il est censé protéger. Le mari ou tout autre parent qui ose s'y opposer est lui-même tué.

Les enfants qui sont l'avenir de la nation qui doivent être protégés pour leur épanouissement physique, moral et psychologique se voient être objet de multiples menaces des hommes majeurs qui abusent d'eux.

Le législateur Congolais de la troisième République prudent, conscient et soucieux de la condition de l'enfant congolais en raison de sa vulnérabilité, de sa dépendance par rapport au milieu, de son manque de maturité physique, intellectuelle et émotionnelle a accordé une place centrale à l'enfant en tant que renouvellement de l'être et de la vie. Il s'est résolument engagé dans la voie de faire de la protection de l'enfant son cheval de bataille en adhérant à plusieurs conventions intentionnelles y afférentes et en élaborant un texte spécial porteur d'espoir et de sécurité juridique de l'enfant qu'est la loi n°09/001 du 10 janvier 2009 portant protection de l'enfant en 2009.

Cependant, en dépit des efforts déployés, de nombreux enfants congolais continuent d'être maltraités, discriminés, accusés de sorcellerie, violés, infectés ou affectés par le VIH/SIDA ou, sont l'objet de trafic; ils sont privés de leur droit à la succession mais aussi aux soins de santé et à l'éducation.

Pire encore, de nombreux enfants vivent dans la rue, victimes d'exclusion sociale, d'exploitation économique et sexuelle tandis que d'autres se retrouvent victimes des jugements dolosifs et arrangements à l'amiable nonobstant le fait qu'ils soient victimes des actes d'immoralité de certains hommes majeurs.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes sentis dans l'intérêt et en besoin pressant d'aborder cette étude afin de démontrer d'avantage les pratiques judiciaires et sociales qui empêchent la protection harmonieuse de l'enfant, et ce, malgré tous les efforts consentis par le gouvernement congolais et les activistes des droits de l'homme pour garantir, protéger et promouvoir l'enfant congolais en général et celui de l'équateur en particulier.

Notre étude hormis l'introduction et la conclusion, traitera trois points essentiels:

- Le premier point se focalisera sur l'aperçu général de l'infraction de viol;
- Le deuxième point, nous présenterons l'état de lieux de la répression de l'infraction de viol sur mineur par le TGI/MBANDAKA et son parquet attaché;
- Le troisième point sera axé sur le Constat sur terrain et propositions des solutions

2 APERCU GENERAL SUR L'INFRACTION DE VIOL

En dépit du fait que certaines ONG et mouvements associatifs de défenses des droits de l'homme ont travaillé pour éradiquer le phénomène de violences sexuelles, ce phénomène, et surtout du viol a pris une allure plutôt inquiétante ces derniers temps dans la province de l'Equateur. En effet, ce fléau gagne du jour au lendemain beaucoup plus de terrain semant ainsi une grande terreur dans le pays d'autant plus que sa preuve est Généralement très difficile à apporter.

Dans cette partie, nous allons la définition de l'infraction de viol (2.1), donner les éléments constitutifs de viol (2.2) et ses formes (2.3).

2.1 DÉFINITION DE L'INFRACTION DE VIOL (DEFINITION OF THE OFFENSE OF RAPE)

Sans le définir, la législation congolaise dans la loi n°09/001 du 10 janvier 2009, loi portant protection de l'enfant en son article 171 n'a pas défini clairement de ce qu'on entend par viol sur mineur, il s'est limité juste à énumérer les éléments pouvant constituer l'infraction de viol et entraîner les sanctions pénales pour son auteur, et les circonstances aggravantes relatives à l'infraction de viol¹. Il le dispose en ces termes « commet un viol d'enfant, soit à l'aide de violences ou menaces

¹ Loi n°09/001 du 10 janvier 2009 portant protection de l'enfant.

graves ou par contrainte à l'encontre d'un enfant, directement ou par intermédiaire d'un tiers, soit par surprise, pression psychologique, soit à l'occasion d'un environnement coercitif, soit en abusant d'un enfant qui, par le fait d'une maladie, par l'altération de ses facultés ou par toute autre cause accidentelle a perdu l'usage de ses sens ou a été par quelques artifices...

Quant à loi n°06/018 du 20 juillet 2006 modifiant et complétant le décret du 30 janvier 1940, portant code pénal congolais « est puni de servitude pénale de 5ans à 20 ans celui qui aura commis viol, soit à l'aide de violences ou menaces graves, soit par ruse, soit en abusant d'une personne qui, par effet d'une maladie, par l'altération de ses facultés ou par toute autre cause accidentelle, aurait perdu l'usage de ses sens ou en aurait été privé par quelques artifices².

Face à cette précarité d'une définition claire, le viol étant un mot polysémique ayant à son sein plusieurs formes, Pour renchérir notre définition et avoir des éléments nécessaires, nous lisons VERON qui nous dit: « Qu'il y a viol quand un homme impose à une femme une injonction sexuelle contre son gré ou sans son consentement libre. Le coupable ne peut être qu'un homme et la victime qu'une femme³.

Selon le dictionnaire juridique, le viol est défini comme étant un crime consistant en tout acte de pénétration sexuelle de quelque nature que ce soit commis sur la personne d'autrui par violence menace, contrainte ou surprise⁴.

Quant au dictionnaire pratique du droit humanitaire, le viol consiste dans le fait de soumettre un individu par la force ou la violence à une relation sexuelle non volontaire⁵.

Dans la législation française par contre, la définition du viol est allée en évoluant selon RASSAT⁶. En effet, la loi de 1910 de la législation française ne définissait pas le viol et la doctrine considérait que le viol consistait dans le fait de « connaître charnellement une femme sans la participation de sa volonté ou encore dans « le coït illicite avec une femme qu'on sait n'y point consentir. » le caractère matériel de viol consistait spécifiquement dans une conjonction sexuelle, c'est-à-dire l'introduction d'un membre viril de l'homme dans la cavité vaginale.

Avec l'évolution du droit, le domaine du viol a été élargi afin de supprimer toute discrimination de nature sexuelle entre les auteurs potentiels de l'infraction. Le viol devient donc avec le code de 1980 « tout acte sexuel de quelque nature qu'il soit imposé à autrui ».

Cette définition se montrât très vague et ne permettait pas de faire une distinction du viol avec les infractions de nature sexuelle notamment l'attentat à la pudeur.

On adopta donc à la fin, une autre définition selon laquelle le viol tout acte de pénétration sexuelle de quelque nature qu'il soit commis sur la personne d'autrui par violence, contrainte, menace ou surprise. Cette définition a été reprise par le code français actuel.

Il ne fait l'ombre d'aucun doute que Cette définition marque un progrès considérable dans la recherche d'une définition précise et stable. Elle offre de nombreuses possibilités de poursuivre le viol sur toute ses formes, notamment les actes de pénétration (sodomisation) ou buccale (fellation) commis au moyen de sexe. Elle permet de poursuivre également le viol avec introduction d'objet quelconque dans le vagin ou l'anus de la victime dans un but sexuel.

Quant à nous, nous préférons retenir comme définition qui va nous guider au cours de notre travail, le fait que le viol est : « tout acte de pénétration sexuelle de quelque nature qu'il soit commis sur la personne d'autrui par violence, menace, contrainte, surprise ou en abusant de la personne de la victime ».

2.2 ELEMENTS CONSTITUTIFS DE VIOL (CONSTITUTIVE ELEMENT OF RAPE)

Le viol ainsi défini présente quelques éléments qui le caractérisent et permettent de le distinguer à d'autres infractions. Ce sont ces éléments que nous allons analyser dans ce paragraphe.

² Loi n°06/018 du 20 juillet 2006 modifiant et complétant le décret du 30 janvier 1940, portant code pénal congolais

³ VERON, M., *Droit pénal spécial*, 2^{ème} éd., paris, Masson, 2003, P.192

⁴ CORNU, G., *vocabulaire juridique*, 4^{ème} éd., paris, PUF, 2003, P.931

⁵ BOUCHET-SAULINE R.F, *Dictionnaire pratique du droit humanitaire*, paris, la découverte et Syros, P.381

⁶ RASSAT, M.L., *Droit pénal spécial, infractions des et contre les particuliers*, 3^{ème} éd., paris, Dalloz, 2001, P.484

A l'instar de toute infraction qui exige la réunion de trois éléments essentiels pour être sanctionnables, le viol à son tour pour qu'il soit réprimé doit remplir les éléments ci-après:

- Élément légal
- Élément Matériel
- Élément morale

2.2.1 ÉLÉMENT LÉGAL (LEGAL ELEMENT)

Le législateur doit définir l'incrimination en la précisant, et notamment en décrivant les moyens de parvenir à ce résultat qui, seuls seront incriminés.

L'infraction consiste dans la violation de la loi pénale. L'élément l'égal réside donc dans le fait que cette infraction soit prévue et punie par la loi. En effet, la définition fournie par le texte doit être la plus précise possible par ce que d'une part la précision de la loi est une condition de la légitimité de l'incrimination, d'autre part la règle correspond à une pure exigence technique, dans la mesure où elle est une condition de l'efficacité de l'incrimination.

L'infraction de viol est punie et prévue par le code pénal congolais livre II à ses articles 170, 171, 172 et de la loi n°09/001 du 10 janvier 2009 loi portant protection de l'enfant en son article 170 et 171.

2.2.2 ÉLÉMENT MATÉRIEL (MATERIAL ELEMENT)

L'élément matériel est l'action ou l'omission illicite permettant de parvenir au résultat prohibé. Une action existe par son activité matérielle qui est la manifestation extérieure de l'infraction.

L'élément matériel du viol est composé non seulement d'un acte qui implique le recours à la violence, la menace, la contrainte, la faiblesse ou la surprise mais aussi et surtout de la pénétration sexuelle commise sur la personne.

2.2.2.1 NOTION DE PÉNÉTRATION SEXUELLE

La qualification du viol doit être retenue dès lors qu'une pénétration sexuelle a été réalisée sur la personne victime. Le résultat du viol est ainsi également réalisé en cas de pénétration buccale (fellation), pénétration vaginale, pénétration anale (sodomisation) ou même en cas d'introduction d'un objet dans le vagin ou l'anus de la personne de la victime. Mais pour que la pénétration vaginale puisse être valablement retenue comme qualifiant le viol, il doit revêtir deux caractères principaux.

Premièrement, la pénétration doit être commise sur la personne d'autrui. Ceci implique que le viol ne peut être commis que sur une personne vivante. La pénétration sexuelle sur un cadavre peut en revanche tomber sous le coup de la qualification d'atteinte à l'intégrité du cadavre⁷.

Deuxièmement, la pénétration doit être de nature sexuelle. Ceci désigne toute pénétration par le sexe, qu'elle soit vaginale ou orale et toute introduction de corps étranger dans le sexe ou l'anus dans le but sexuel; que ce soit par la main ou d'autres objets. Et dans ce cas, le viol d'un homme par une femme est envisageable.

Le critère de pénétration sexuelle évite donc que de simples attouchements ou des comportements analogues soient considérés comme viol. Il ne peut y avoir de viol en absence de pénétration par le sexe ou par un autre objet quelconque, il doit s'agir d'une pénétration sexuelle. Des actes de pénétration dépourvus de cette dominante sexuelle ne pourront être qualifiés de viol.

2.2.2.2 ABSENCE DE CONSENTEMENT

Le consentement de la victime est l'adhésion donnée d'avance par une personne à une infraction portant atteinte à ses droits. Il ne supprime pas légalement l'infraction sauf si celle-ci exige pour sa constitution une fraude ou une violence⁸.

⁷ GATTEGNO, P., Droit pénal spécial, 5^{ème} éd., Paris, Dalloz, 2003 ; P.80

⁸ CCORNUS, G., Vocabulaire juridique, 6^{ème} éd., Paris, P.U.K., 1996, P.196

En matière de viol, c'est le non consentement de la victime qui caractérise le viol. Ce défaut de consentement peut résulter des moyens employés par l'agresseur pour imposer sa volonté. C'est notamment la violence, les menaces, la ruse, la contrainte, surprise ou en abusant de la personne de la victime.

Quand la victime est un mineur, cette absence de consentement n'est pas requise pour que l'infraction soit constituée. En effet, la loi présume qu'un enfant de moins de 18 ans ne peut pas donner un consentement légalement valable. Ce qui fait que la personne majeure qui a des relations sexuelles avec un mineur même consentant se rend coupable d'une infraction de viol.

2.2.2.3 ELÉMENT MORAL (MORAL ELEMENT)

Par élément moral, on entend aussi l'élément intellectuel ou psychologique. Cet élément détermine la psychologie, l'attitude intellectuelle, l'état d'esprit lors de la commission de l'infraction.

Le viol est un crime, donc une infraction intentionnelle. Cette intention est constituée dès lors que l'auteur a la volonté ou la conscience d'imposer de rapports non désirés à la victime. Il existe une difficulté lorsque l'auteur explique qu'il s'est mépris sur l'absence de consentement. Les tribunaux vont apprécier le défaut d'intention de l'auteur selon les circonstances.

2.3 LES FORMES DE VIOL

L'acte de viol revêt différentes formes. On essaiera de citer et de définir quelques formes qui sont couramment constatées. Il s'agit ainsi du viol individuel, viol collectif, viol avec violence, et selon la qualité de l'auteur du viol, le viol incestueux, le viol conjugal, le viol par une autorité morale et enfin le viol en temps de guerre.

2.3.1 LE VIOL INDIVIDUEL

Est considéré comme viol individuel si l'acte a été réalisé par une seule personne. Souvent le viol individuel est prémédité car il est préparé et généralement l'agresseur connaît la victime.

2.3.2 VIOL COLLECTIF

Est considéré comme viol collectif si l'acte est réalisé par deux ou plusieurs personnes sur une seule victime. Ce cas est généralement constaté en cas de conflits armés. Ce cas nous le constatons plus dans l'est de la République Démocratique du Congo auxquels les femmes et jeunes filles sont régulièrement violées par un groupe des rebelles.

2.3.3 VIOL AVEC VIOLENCE

Le viol avec violence est constaté quand le violeur a fait recours à la force pour arriver à ses fins. Par force on sous-entend par exemple les coups qui peuvent causer des blessures ou parfois même entraîner la mort.

2.3.4 VIOL INCESTUEUX

Le viol incestueux est réalisé quand le violeur est une parenté de la victime. Il peut s'agir du père, de la mère, d'un frère ou un oncle,... rappelons aussi que c'est une forme aggravante de l'infraction de viol.

2.3.5 VIOL PAR UNE AUTORITÉ MORALE

Il s'agit d'une forme de viol qui est constaté dans les organisations et communautés où les autorités profitent de leur position pour abuser de leurs subalternes. C'est aussi une circonstance aggravante de l'infraction de viol.

2.3.6 VIOL CONJUGAL

Les violences sexuelles conjugales ébranlent le fondement de relations hommes-femmes dans une société où la sexualité, même tabou, définit l'essence des relations féminin-masculin. Celui qui est censé être protecteur pour la femme devient dans ce cas l'agresseur, un loup qui s'ignore.

En effet, le viol conjugal est un rapport sexuel forcé par un des conjoints sans le consentement de l'autre.

2.3.7 VIOL EN TEMPS DE GUERRE

Comme son appellation l'indique, cette forme de viol s'observe en temps de conflits armés. En effet, ces conflits armés explosent les femmes à un risque accru, souvent massif de violences sexuelles.

2.3.8 VIOLS SUR MINEUR (RAPE OF A MINOR)

Le code pénal congolais dispose que: « est puni de servitude pénale de 5ans à 20 ans celui qui aura commis viol, soit à l'aide de violences ou menaces graves, soit par ruse, soit en abusant d'une personne qui, par effet d'une maladie, par l'altération de ses facultés ou par toute autre cause accidentelle, aurait perdu l'usage de ses sens ou en aurait été privé par quelques artifices est réputé viol ».

A défaut d'une définition claire et précise, La législation congolaise tient comme âge de mineur toute personne qui a moins de 18 ans et l'âge de la majorité à 18 ans révolus.

On comprend que dans l'esprit du législateur congolais pour un mineur, il ne faut pas nécessairement qu'il ait pénétration mais aussi toutes les manœuvres tendant obtenir de cette personne les rapports sexuels constituent l'infraction de viol. Ici il sied de noter que tous les mobiles qu'évoquerait le violeur sur le consentement sont inopérants même si le mineur a 17ans et 11 mois.

Bref, parler de viol sur mineur c'est parler de l'exercice de tout acte de portée sexuelle avec des personnes moins de 18 ans.

3 ETAT DE LIEU DE LA REPRESSION DE VIOL SUR MINEUR DANS LE TRIBUNAL DE GRANDE INSTANCE DE MBANDAKA

Dans cette partie de notre étude, nous allons présenter en forme de tableaux comment l'infraction de viol sur mineur est réprimée.

Le premier paragraphe nous permettra de présenter d'une part en forme de tableaux un état de lieu des cas de viol sur mineur enregistrés, fixés et classés sans suite au parquet près le tribunal de grande instance de Mbandaka (1) et de l'autre part présenter un tableau chiffré des cas de viol sur mineur saisis, condamnés et ceux acquittés par le tribunal de grande instance de Mbandaka et le deuxième paragraphe sera constitué de l'interprétation des données. Cette étude se focalisera sur les cas connus depuis 2020 jusqu'à nos jours.

3.1 CAS DE VIOL ENREGISTRES PAR LE PARQUET DE GRANDE INSTANE DE MBANDAKA, CAS CONDAMNES ET ACQUITTES PAR LE TGI/MBANDAKA

Tableau 1. Cas de viol connus par le parquet de près le TGI/MBAKA de 2020 à nos jours

N° D	N° RMP	PREVENU	PREVENYION	OBSERVATION
01	4100/KM	KOTE NDIYE	VIOL D'ENFANT, art 171 et 170 LPPE	En cours
02	4120/KM	MBOO ELENGA JACQUES	VIOL D'enfant	En cours
03	4142/KM	LIKELEBA MONZELI GYSRAVE	Viol sur mineur	En cours
04	4157/KM	BOVIDE BOKWANGO	Viol sur mineur	OMLD du 20/09/2020
05	4173/JOM	IKOLI MPOTO	Viol sur mineur	Transmis au TPE/O23/P/ lettre n°88
06	4205/JOM	BASILAWA BANGA DANIEL	Viol sur mineur	Envoyé en fixation pour TP. 273 à TGI
07	4207/KM	IMBANDA BONGENGO AMERICAIN	Viol sur mineur	En cours
08	4208/KM	NYANKISI NSELE JEAN	Viol sur mineur	OMLD du 14/05/2022
09	4212/JOM	BOMBONGO BOIKA JOEL	Viol sur mineur	En cours
10	4226/NK	ALIO LOKANGO	Viol sur mineur	CLSS pour.....
11	4235	TONO DIONGO ALIAS	Viol d'enfant	En cours
12	4237/KM	EFIPU KAPASEKO	Viol sur mineur	En cours
13	4241/JOM	LIANZA EFUSA DIEU	Viol d'enfant	En cours
14	4270/NK	IFOMBA LOFALO BIENVENU	Viol sur mineur	CLSS

15	4286/KM	MUTUMONA BALALI JULIEN	Viol d'enfant	En cours
16	4299/JOM	ELIA -MAMA CHANTAL -FILS ENOCK	Viol d'enfant	En cours
17	4318/KM	BOPEKO PEKOSI	Viol sur mineur	En cours
18	4229/KM	ATAKA IYONGO RACHIDI	Viol d'enfant	En cours
19	4335/NK	-LOKULI BASULU -LILEMBE LOTOI KOSTA	Viol d'enfant	En cours
20	4342/KM	MAGBENZE MOLA	Viol d'enfant	En cours
21	4345/KM	NKUMU KOKO BEYOKO	Viol d'enfant	En cours
22	4398/NK	BOYOKO LOTSUTSU	Viol sur mineur	En cours
23	4404/NK	BOSENGA KANGA ISAAC		En cours
24	4407/KM	NDEKELE BALEKA	Viol sur mineur	En Cours
25	4423/KM	IKOMBE TANTINE -BETOKO FAUSTIN	Viol sur mineur	En cours
26	4472/JOM	-MOLEMBO TANTINE -BOLEMBO DIVINE - BATELEMI	Viol sur mineur	En cours
27	4473/KM	SALO MOTOKEI GETRO	Viol d'enfant	En cours
28	4477/KM	EMATA BOTAKA	Viol d'enfant	En cours
29	4478/KM	MONGU IYANZA DORA	Viol d'enfant	En cours
30	4493/KM	STAMYS	Viol d'enfant	En cours
31	4505/JOM	LILANGA MOMBULA	Viol d'enfant	En cours
32	4509/KM	IFALE BOKOMBO	Viol d'enfant	En cours
33	4519/KM	BOSENGE WETSI ALIAS	Viol d'enfant	OMLD DU 16/04/.....
34	4520/KM	NZANE IBALE PATRICE	Viol d'enfant	En cours
35	4522/JOM	NKANGA WESE JOSUE	Viol d'enfant	En cours
36	4533/JOM	ANGANEA DAVIN	Viol d'enfant	En cours
37	4557/JOM	BOKWANE BLAISE	Viol d'enfant	En cours
38	4574/JOM	MANA	Viol d'enfant	En cours
39	4585/KM	MBOMBO PAPY	Viol d'enfant	En cours
40	4593/JOM	MBOMBA BASENGE ROGER	Viol d'enfant	Relaxé Requisition du 04/04/2022
41	4594/KM	BOWEKELA WENDJA	Viol d'enfant	En cours
42	4605/KM	JEANS(NAI)	Viol d'enfant	
43	4619/KM	LIYONGO BONONGA	Viol d'enfant	OMLD du 12/05/2022
44	4632/KM	IKELI EKANDA	Viol d'enfant	En cours
45	4676/KM	ASMBA SERAPHIN -NABILA PAPY -TSOKI BRIGITTE	Viol d'enfant	OLMD DU 25/05/2022
46	4686/KM	EKOLONGA MBOMBA JEREMIE	Viol d'enfant	En cours
47	4692/KM	NDEKELE HERITIER	Viol d'enfant	En cours
48	4723/KM	BOSELE DOLO	Viol d'enfant	En cours
49	4727/KM	BOUNYO CLAUDINE	Viol d'enfant	En cours
50	4731/KM	STEFANE(NOI)	Viol d'enfant	En cours
51	4750/KM	NSAKA YAKALA RACHETE	Viol d'enfant	En cours
52	4771/JOM	ISAMBOMBA MBOTO JULIEN	Viol d'enfant	En cours
53	4781/KM	BOLISOMI NEVILLE	Viol d'enfant	En cours
54	4795/JOM	MOKOMBA NZOGBO	Viol d'enfant	En cours

55	4816/KM	-BAELO VICKY -MOKUKA KALACHE FREDDY	Viol d'enfant	En cours
56	4838/KM	BAELO VIKY	Viol d'enfant	En cours
57	4843/KM	EKENDJI ESINGA JEREMIE	Viol d'enfant	OMLD DU 08/2022
58	4863/KM	IPOLI LOMATA FABRICE	Viol d'enfant	En cours
59	4871/KM	MAIYA BOKABE CALEB	Viol d'enfant	En cours
60	4893/KM	BOKOMBA LOMBOTO MARIUS	Viol d'enfant	En cours
61	4900/KM	JOEL ITEBE	Viol d'enfant	En cours
62	4912/KM	IFANDJA MBENDE	Viol d'enfant	En cours
63	4925/JOM	NGIPA NKOMBE DAVIN	Viol d'enfant	En cours
64	4938/KM	SADAM(NAI)	Viol d'enfant	En cours
65	4942/JOM	MANZAU NZONZO HERITEIR	Viol d'enfant	En cours
66	4944/JOM	USAMA BERRY	Viol d'enfant	OLMD DU 22/2022
67	4942/KM	BWENDO MWANA RUPHIN	Viol d'enfant	En cours
68	4959/JOM	BAYEMBI BAYEMBI MARCEL	Viol d'enfant	En cours
69	4972/KM	LIFOKO MOBUKA	Viol d'enfant	En cours
70	4973/KM	MANGONGO MANDOMBO	Viol d'enfant	OLMD DU 10/11/022
71	4976/JOM	MOPKE LINDODO JEAN	Viol d'enfant	En cours
72	4977/NK	ISOLOTA BONINGA	Viol d'enfant	En cours
73	4994/MK	LOTSUTSU DJANGI	Viol d'enfant	En cours
74	4996/NK	IKOMBO LOFOSO ALAIN	Viol d'enfant	En cours
75	5001/KM	MONYA NZEKE CEDRIC	Viol d'enfant	En cours
76	5019/KM	IYOLO REMIS	Viol d'enfant	En cours
77	5022/KM	BIKOKO LIWANGA	Viol d'enfant	En cours
78	5024	LUKUMBA BABI NYANGA STORY	Viol d'enfant	En cours

Source: secrétariat du parquet près le tribunal de grande instance de Mbandaka, bureau de la tenue du RMP.

Commentaire: ce tableau indique que sur les 78 cas de viol que le parquet de grande instance de Mbandaka ait enregistré, 73 des cas sont en cours de traitement soit 94% de l'échantillon prélevé, 2 cas sont fixés devant le TGI/Mbandaka soit 3% et 3 cas sont classés sans suite pour inopportunité de poursuite soit 4%.

Ce pourcentage élevé des cas en cours prouve à suffisance que ces cas sont déjà négociés et que le magistrat instructeurs a mis fin à ces dossiers.

Tableau 2. Des cas de viol connu par le TGI/Mbandaka de 2020 à 2023

RP	DATE	PREVENU	PREVENTION	DISPOSITIF
RP13267	27/05/2020	YONGO ESUKYA	VIOL	EN Délibéré
RP 13285	17/07/2020	YUBONAGO GLOIRE	VIOL	En délibéré
RP 13288	20/07/2020	JEREMIE AMBOKA	VIOL	Acquitté
RP 13290	20/07/2020	BOFANDA ITO	VIOL	Acquitté
RP 13300	30/07/2020	BOKELE MECHACK	VIOL	acquitté
RP 13302	30/07/2020	MOSONZO CAMILE	VIOL	Acquitté
RP 13304	30/07/2020	LOMPONGO DAKOTA	VIOL	acquitté
RP 13306	31/07/2020	MANGOMBA MOBANGO DJAMA	VIOL	acquitté
RP 13307	31/07/2020	BOSONGO MAKUTA	VIOL	condamné
RP 13316	06/08/2020	MPUTU LEBO NGOY	VIOL	condamné
RP 13317	07/08/2020	BOPITA MPUTELA	VIOL	Condamné
RP 13342	03/09/2020	AGWANGASA	VIOL	Condamné
RP 13346	03/09/2020	BOKETSU BOLOMBE	VIOL	acquitté
RP 13351	09/09/2020	NDOLU EVARISTE	VIOL	acquitté

13354	09/09/2020	BANGENDJIBO KELA	VIOL	Condamné à 12 mois
13355	09/09/2020	MONGWAKO	VIOL	Condamné
13363	15/09/2020	IMPINGA NGOY	VIOL	Condamné à 12 mois
13533	26/01/2021	LOKELOKE	VIOL	Condamné à 10 ans
13536	02/01/2021	EYAKOLA MABIYA	VIOL	condamné à 3ans
13538	06/01/2021	BAHATI MOBOLI	VIOL	Acquitté
13559	08/04/2021	PIPIA JEAN	VIOL	Condamné à 10 ans SPP
13574	25/04/2021	EFANGA	VIOL	Condamné à 8 mois
13586	24/05/2021	SANGA MADISENGE	VIOL	Condamné à 5 mois
13500	15/06/2021	BOTULI LONKONGA	VIOL	Condamné à 5 ans SP
13604	16/06/2021	PEGUY BAKUTU	VIOL	Condamné à 1 ans SP
13616	23/07/2021	MBALA MATONGO	VIOL	Condamné à 3 ans
13641	30/08/2021	AUZOB CAMILE	VIOL	Condamné à 18 mois
13654	04/10/2021	IKETE EWEDJI	VIOL	Acquitté
13664	08/11/2021	BOSULU BOKUNGI	VIOL	Condamné à 6 mois
13684	01/02/2022	BOYOKO	VIOL	Condamné à 2 ans
13696	20/02/2022	LIKELEMBE	VIOL	Condamné à 12 ans
13701	04/03/2022	EMATA BOTAKA	VIOL	Condamné à 1 ans
13702	08/03/2022	SALO MOTEKA	VIOL	Condamné à 15 ans
13707	16/03/2022	MBEKELE	VIOL	Condamné à 7 ans
13720	12/05/2022	ANGANEA	VIOL	Condamné à 7 ans
13733	19/05/2022	BALISAWA	VIOL	Condamné à 6mois
13736	13/07/2022	MONGU LISANZA	VIOL	Condamné à 1 ans
13770	12/09/2022	MOKOMBA NZONGBO	VIOL	Condamné à 3mois
13804	19/12/2022	LOTSUTSU	VIOL	Condamné à 5 ans
13832	13/03/2023	MOBIAWI CELE	VIOL	Condamné à 14 ans

Source: Données recueillies à la greffe civile auprès de monsieur VALVUS MBALA greffier.

Commentaire: ce tableau renseigne que la plupart des cas de viol que le tribunal de grande instance de Mbandaka ait été saisi soit par la citation directe soit par la citation à prévenu soit encore par la saisine d'office a connu un jugement soit d'acquiescement soit de condamnation. L'effectif de 40 cas enregistrés dont 28 cas sont condamnés soit 75% de notre échantillon, 10 cas sont acquittés soit 25% et 2 cas sont pris en délibérés soit 5% de notre échantillon.

3.2 PRÉSENTATION DES DONNÉES RÉCOLTÉES

Il faut préciser que nous présentons ici les différents cas saisis par le parquet près le tribunal de grande instance de Mbandaka de 2020 à nos jours et ceux connus par le tribunal de grande instance de Mbandaka.

3.3 ANALYSE DES DONNÉES

En analysant ces tableaux ci-haut présentés, nous constatons d'abord pour le parquet de grande instance de Mbandaka, le pourcentage des cas fixés devant le tribunal pour dire le droit est trop bas soit 94% des cas saisis sont négociés. D'autres part, les cas connus par le tribunal de grande instance de Mbandaka renseignent que 70% des causes sont condamnées par une peine d'emprisonnement, 25% sont acquittés et 5 % sont pris en délibérés que les juges statueront dans les jours à venir.

3.4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Nos discussions seront plus basées sur le nombre des cas connus chaque année par le parquet près le tribunal de grande instance de Mbandaka et ceux du TGI/MBAKA.

- **Année 2020:** Nous avons constaté dans le parquet de TGI/Mbka l'augmentation des cas de viol allant de 46 cas tandis que pour le tribunal c'est la même chose avec un pourcentage élevé de 16 cas;
- **Année 2021:** contrairement à l'année 2020, pour cette année, il y eu une baisse de taux de viol dont le parquet n'a connu que 18 cas et le tribunal 12 cas
- **Année 2022:** pour cette année, il y a encore une baisse considérable du taux de viol dont le parquet n'a connu que 08 cas et le tribunal 9 cas
- **Année 2023:** pour cette année, le parquet n'a connu que 6 cas et le tribunal de grande instance de Mbandaka n'a enregistré jusqu'ici qu'un cas. Ces données témoignent combien la population commence au fur et à mesure à avoir peur de commettre cette infraction de viol sur mineur

4 PISTES DE SOLUTION

Ce travail de recherche propose quelques perspectives pour améliorer la répression du viol sur mineur en ce qui est non seulement le renforcement de l'aspect normatif et institutionnel, mais aussi propose une aide légale du mineur en RDC. Pour mettre fin aux phénomènes de viol sur mineur qui ont élu domicile en RDC en général et dans la province de l'équateur en particulier, nous suggérons ce qui suit:

- La Vulgarisation dans les quatre langues nationales de la loi n°009/001 du 10 janvier 2008 portant protection de l'enfant;
- La Sensibilisation de la population par tous les canaux de communication sur le bienfondé de cette loi: ses avantages et les conséquences qui en découlera en cas de violation;
- L'insertion de cette loi comme cours dans le programme national de l'enseignement primaire, secondaires et techniques;
- Des sanctions sévères à l'égard des familles ou acteurs judiciaires qui tenteraient de procéder aux négociations pour cette infraction;
- Accorder des facilités judiciaires en termes d'exonération des frais de justice aux victimes de violence sexuelles devant les instances judiciaires

5 CONCLUSION GENERALE

Le droit tel qu'il prévoit et la pratique judiciaire de ces règles dont il attend affiche quelques écarts dont le sujet que nous avons mené les études nous a permis d'y pénétrer toutes les faiblesses des acteurs judiciaires (OPJ, APJ, OMP, JUGES...) dans la répression de l'infraction de viol sur mineur.

L'objectif primordial de cette recherche était de comprendre si l'infraction de viol sur mineur est belle et bien réprimée par le TGI/Mbandaka comme prévoit les textes en les matières.

Le constat sur terrain nous a laissé perplexe de constater avec amertume que la plupart des dossiers de viol sur mineur que le parquet de grande instance de Mbandaka ait d'une part été saisi n'aboutissent qu'aux négociations entre les parties soit 94% de notre échantillonnage. Ce qui confirme notre hypothèse selon laquelle, Cette infraction fait l'objet d'un fonds de commerce dans tous les niveaux : les parents ou responsables de la victime et les organes censés de dire le droit.

Sur ce, en rapport avec les données récoltées au tribunal de grande instance de Mbandaka, bien que 70% des cas sont condamnés mais la peine infligée ne reflète pas l'image de cette infraction qui exige 20 ans de SPP pour son auteur. Nous nous sommes rendus comptes que la plupart des cas de condamnations ne sont que fantaisistes. Les infracteurs se voient infligés des peines moins lourdes allant de 5, 6 ans au minimum et 10 au maximum. Ceci pour leur aider de ne pas purger la peine prévue par le code pénal congolais.

Dans ces circonstances, la répression du viol sur mineur s'avère souvent contraire à l'intérêt supérieur de l'enfant. Non seulement les mineurs ont accès difficilement à la justice, mais aussi la peur des représailles et l'impunité des auteurs du viol sur mineur est un phénomène récurrent. A côté des lois et mécanismes qui sont défaillants, une des grandes lacunes au niveau de la répression du viol sur mineur est le cout d'un procès pénal. En effet, sans l'intervention et l'aide de l'Etat, le mineur ou ses parents sont incapables de subvenir aux frais des procédures. Soit les parents préfèrent transiger au détriment de l'intérêt supérieur de l'enfant, soit ils portent plainte mais abandonnent les poursuites, ne pouvant plus payer les services d'un avocat.

Cette étude confirme donc la nécessité de renforcer la protection des mineurs à travers une répression effective du viol sur mineur. Cela requiert le perfectionnement des normes et des mécanismes, ainsi qu'un développement d'alternatives comme l'aide légale. Des efforts significatifs ont été réalisés pour protéger le mineur à travers la mise en place des lois plus ou moins efficaces et des mécanismes plus ou moins performants de répression du viol pour l'intérêt supérieur de l'enfant.

En outre, on peut supposer que l'adoption par la RDC des principaux instruments internationaux relatifs aux droits des enfants a pu contribuer à améliorer la répression du viol sur mineur de façon indirecte mais dans la pratique c'est le contraire.

Cependant, La ratification des instruments internationaux ne peut améliorer la protection des droits de l'enfant que si la volonté politique d'agir dans ce sens n'est pas établie. A l'heure actuelle, la mise en œuvre d'une politique intégrée de la répression du viol sur mineur, ainsi que l'amélioration du cadre légal et des mécanismes institutionnels semblent incontournables pour réprimer effectivement le viol sur mineur et ce de façon durable.

Notre étude apporte un éclairage juridique sur la répression du viol sur mineur en RDC cas du TGI/Mbandaka. La référence aux normes et standards internationaux en cette matière, que la RDC s'est engagée à respecter, met en exergue l'ineffectivité de la répression du viol sur mineur. En effet, des droits de l'enfant de ne pas être violé sont soit méconnus, soit banalisés ou noyés pour privilégier les intérêts mesquins personnels.

Une possibilité que cette étude serve de base pour les études couvrant des étendues territoriales plus importante pour approfondir l'importance du phénomène de viol sur mineur est ouverte.

Ainsi, nous lançons l'invitation aux autorités tant administratives que judiciaires de veiller à l'intérêt supérieur de nos enfants mineurs qui sont devenus grâce à cette infraction les fonds de commerce soit de leurs familles ou membres de famille soit des acteurs de justice pour se faire de l'argent.

Aux parlementaires, de procéder aux réformes judiciaires pour permettre aux magistrats de ne pas à tout prix se laisser corrompre par les parties afin de ne pas réprimer en bonne et due forme cette infraction comme prévoit les textes du pays.

Chaque congolais est appelé à prendre conscience à dénoncer et à éviter toutes les mauvaises pratiques tendant à empêcher la protection harmonieuse de l'enfant garantie dans la constitution du pays et la loi spéciale portant protection de l'enfant du 10 janvier 2009.

REFERENCES

- [1] Loi n°09/001 du 10 janvier 2009 portant protection de l'enfant.
- [2] Loi n°06/018 du 20 juillet 2006 modifiant et complétant le décret du 30 janvier 1940, portant code pénal congolais.
- [3] BOUCHET-SAULINE R.F, Dictionnaire pratique du droit humanitaire, paris, la découverte et Syros.
- [4] CCORNUS, G., vocabulaire juridique, 6^{ème} éd., paris, P.U.K, 1996, P.196
- [5] CORNU, G., *vocabulaire juridique*, 4^{ème} éd., paris, PUF, 2003, P.931
- [6] GATTEGNO, P., Droit pénal spécial, 5^{ème} éd., paris, Dalloz, 2003.
- [7] RASSAT, M.L., Droit pénal spécial, *infractions des et contre les particuliers*, 3^{ème} éd.,, paris, Dalloz, 2001.
- [8] VERON, M., *Droit pénal spécial*, 2^{ème} éd., paris, Masson, 2003.
- [9] LAROUSSE petit dictionnaire français, paris 1978, P.204.
- [10] SYLVAIN KAYIMBI MALU, Lexique des termes juridiques.
- [11] www.wikipedia.org, consulté le 10 avril 2023 à 15H10.
- [12] www.legavox.fr, Consulté le 07 octobre 2023 à 12H30.

Exploration de l'Usage de ChatGPT par les Enseignants des Sciences de la Vie et de la Terre (Maroc)

[Exploration of the Use of ChatGPT by Life and Earth Sciences Teachers (Morocco)]

Zahra Zerrouqi and Jamila Abderbi

Innovation Laboratory in Science, Technology and Education, Regional Center for Education and Training Professions, Oujda, 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: Cette étude vise à explorer l'intégration de ChatGPT dans l'enseignement des sciences de la Vie et de la Terre. Elle a révélé que la moitié des enseignants n'a jamais utilisé la technologie de ChatGPT et seulement 7,7% l'adoptent de façon régulière. Dans la planification des cours, le tiers des enseignants utilisent ChatGPT essentiellement pour créer des supports de cours. En outre, en matière d'évaluation, la majorité des enseignants n'exploite pas ChatGPT pour créer des questions d'évaluation. Concernant l'impact de l'usage de ChatGPT sur la motivation des élèves, seule une minorité d'enseignants a signalé un changement positif, alors que la plupart d'entre eux n'ont observé aucun changement. Par ailleurs, seuls 6% des enseignants ont suivi une formation sur ChatGPT, soulignant le besoin de programmes de développement professionnel en intelligence artificielle. En conclusion, l'étude insiste sur la nécessité d'une formation continue et souligne l'importance de maximiser les avantages de ChatGPT tout en minimisant les risques pour l'intégrité académique.

KEYWORDS: ChatGPT, teaching, lesson planing, assessment, motivation, training.

RESUME: This study aims to explore integrating ChatGPT into the teaching of Life and Earth Sciences. It revealed that half of the teachers have never used ChatGPT technology and only 7.7% adopt it regularly. In course planning, one-third of teachers primarily use ChatGPT to create course materials. Furthermore, in terms of evaluation, the majority of teachers do not utilize ChatGPT to develop evaluation questions. Regarding the impact of ChatGPT usage on student motivation, only a minority of teachers reported a positive change, while most of them, observed no change. Additionally, only 6% of teachers have received training on ChatGPT, highlighting the need for professional development programs in artificial intelligence. In conclusion, the study emphasizes the need for ongoing training and underscores the importance of maximizing the benefits of ChatGPT while minimizing risks to academic integrity.

MOTS-CLEFS: ChatGPT, enseignement, planification, évaluation, engagement, formation.

1 INTRODUCTION

L'apparition de ChatGPT en novembre 2022 a marqué une avancée majeure dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) générative, suscitant un intérêt particulier dans le secteur éducatif. Son importance réside dans sa capacité à redéfinir les pratiques pédagogiques, offrant des possibilités novatrices d'assistance aux enseignants et de stimulation de la pensée critique des élèves. En dépit de certaines critiques, les experts en éducation soutiennent que ChatGPT, ainsi que d'autres outils d'IA générative, sont devenus des composantes incontournables de la vie des jeunes et doivent être intégrés de manière réfléchie dans le domaine éducatif. Dans le contexte éducatif, ChatGPT occupe une place centrale en raison de son potentiel transformateur. Les récentes avancées dans le domaine de l'IA générative, notamment avec des modèles tels que GPT-3, ont

ouvert des opportunités considérables pour revoir et améliorer les pratiques éducatives. Cet outil offre divers modes d'utilisation dans l'enseignement, tant pour les enseignants que pour les élèves [1], [2]. Dans le processus d'enseignement, ChatGPT se distingue par sa capacité à assister les enseignants dans la planification des cours. Il offre une source inépuisable de suggestions, de structures et de ressources, facilitant ainsi la conception de programmes pédagogiques riches et adaptés. Les enseignants peuvent également engager des conversations avec ChatGPT pour réfléchir à des objectifs, élaborer des stratégies et collecter du matériel pédagogique pertinent. Cette interaction stimule la pensée critique des enseignants en les encourageant à explorer diverses approches dans leurs cours [3]. En outre, ChatGPT joue un rôle actif dans la salle de classe en fournissant des exemples, des analogies et des scénarios hypothétiques. Ces éléments stimulent les discussions et le raisonnement critique des élèves, contribuant ainsi à une expérience d'apprentissage plus dynamique et interactive. Les avantages de l'utilisation de ChatGPT dans l'enseignement incluent donc une assistance précieuse dans la planification des cours, une stimulation de la pensée critique des enseignants et une amélioration de l'expérience d'apprentissage des élèves [4].

Cependant, malgré ses nombreux avantages, ChatGPT présente également des limites qu'il est essentiel de prendre en considération. Certains critiques soulignent le risque de dépendance excessive à l'égard de la technologie, pouvant potentiellement conduire à une diminution des activités éducatives traditionnelles [5], [6]. De plus, des préoccupations éthiques subsistent, notamment en ce qui concerne la possibilité de préjugés et de désinformation générés par l'IA. L'utilisation de ChatGPT dans l'éducation nécessite une évaluation approfondie de ses avantages et de ses limites, avec une attention particulière portée aux implications éthiques pour assurer un impact positif et équilibré.

L'objectif fondamental de cette recherche est d'explorer en détail les modes d'utilisation de ChatGPT dans l'enseignement des sciences de vie et la terre (SVT), en mettant l'accent sur les aspects liés à l'intégration de cette technologie dans l'enseignement. En outre, l'étude vise à obtenir des données pertinentes sur les difficultés et préoccupations éthiques des enseignants, ainsi que leurs attentes.

2 METHODOLOGIE DE RECHERCHE

2.1 ECHANTILLON DE RECHERCHE

L'échantillon de recherche est constitué d'enseignants des sciences de la vie et de la terre, avec 58,97% de sexe féminin et 41,03% de sexe masculin. La majorité des participants, soit 82,05%, ont une expérience professionnelle de moins de 5 ans, indiquant une proportion significative de jeunes enseignants dans l'échantillon de travail.

Tableau 1. *Caractéristiques de l'échantillon d'étude*

Caractéristiques		Pourcentage (%)
Sexe	Féminin	58,97
	Masculin	41,03
Cycle enseigné	Collège	43,59
	Lycée	56,41
Diplôme	Licence	38,46
	Master	51,28
	Doctorat	10,26
Expérience	Moins de 5 ans	82,05
	5-10ans	7,69
	Plus de 10 ans	10,26

Concernant les qualifications académiques, 51,28% des enseignants ont obtenu un master, témoignant d'un niveau élevé de formation dans le groupe. Par ailleurs, 38,46% détiennent une licence. Cette diversité au niveau des qualifications suggère une variété d'expertises au sein de l'échantillon. En ce qui concerne le cycle d'enseignement, 56,41% des enseignants travaillent dans le cycle secondaire, tandis que 43,59% exercent dans le cycle collégial. Cette répartition au sein des différents cycles éducatifs offre une perspective intéressante pour examiner les différences potentielles dans les approches pédagogiques et les défis rencontrés par les enseignants en fonction de leur niveau d'enseignement.

2.2 OUTIL DE RECHERCHE

Un questionnaire a été conçu dans cette étude sur la base de la revue de la littérature. Les enseignants ont été invités à travers une série de 10 questions fermées à partager dans quelle mesure ils ont intégré ChatGPT dans leur enseignement et comment cette intégration influe sur la planification de leurs cours. Nous avons cherché également à évaluer la perception des enseignants quant à la qualité des questions d'évaluation générées par ChatGPT et à examiner s'ils ont observé des changements dans l'engagement des élèves lors de l'introduction de cette technologie. Un volet important de la recherche a porté sur les difficultés et préoccupations des enseignants. Nous souhaitons identifier les éventuels obstacles rencontrés lors de l'utilisation de ChatGPT, ainsi que les inquiétudes relatives à la fiabilité des réponses générées par cette technologie. La crainte potentielle de l'utilisation inappropriée par les élèves, telle que la triche et le plagiat, sera également explorée.

Enfin, la recherche s'est penchée sur les attentes des enseignants en lien avec ChatGPT. Cela inclut l'existence d'une formation spécifique sur l'utilisation pédagogique de cette technologie, la volonté de participer à des sessions de formation continue pour une utilisation plus avancée.

À travers cette approche exhaustive, notre objectif est de contribuer à une meilleure compréhension des implications de l'utilisation de ChatGPT dans l'enseignement des SVT, en mettant en lumière les défis potentiels et en identifiant des pistes pour optimiser cette intégration dans les pratiques pédagogiques. Pour garantir la validité du test, le questionnaire a été vérifié par un groupe d'experts spécialisés en éducation.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 MODES D'UTILISATION DE CHATGPT DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

3.1.1 FREQUENCE D'UTILISATION

L'analyse des résultats de la question posée aux enseignants des sciences de la vie et de la terre révèle que la majorité des enseignants, soit 53,8%, n'ont jamais utilisé ChatGPT dans leur pratique éducative (fig. 1). Ce résultat suggère une certaine réticence ou peut-être un manque de familiarité avec cette technologie parmi les répondants ou bien l'accessibilité de la technologie qui reste limitée, obligeant les utilisateurs à payer un abonnement et à respecter des restrictions quantitatives d'utilisation.

D'autre part, 25,6% des enseignants ont déclaré utiliser ChatGPT rarement, ce qui indique une utilisation limitée mais présente dans un certain contexte. Cela pourrait refléter une volonté d'explorer les possibilités offertes par ChatGPT tout en maintenant une approche plus traditionnelle de l'enseignement. 12,8% des répondants ont mentionné une utilisation occasionnelle de ChatGPT. Cela suggère que certains enseignants expérimentent peu activement avec cette technologie, l'intégrant de temps en temps dans leurs activités pédagogiques. Cette utilisation occasionnelle peut être liée à des projets spécifiques, à des besoins particuliers en classe ou à une volonté d'explorer de nouvelles méthodes d'enseignement. Finalement, seule une minorité de 7,7% des enseignants qui a intégré ChatGPT de manière régulière dans son enseignement. Ces enseignants peuvent être considérés comme des pionniers, explorant activement les avantages de cette application.

Les enseignants qui ont une perception plus suffisante des technologies de l'information sont plus enclins à la conception innovante des contenus pédagogiques et des flux d'activités, et ils deviennent plus disposés à sortir de leur zone de confort dans l'enseignement traditionnel. Dans ce processus, les enseignants font preuve d'une perception de valeur plus élevée et d'une plus grande confiance dans l'éducation assistée par l'IA [7].

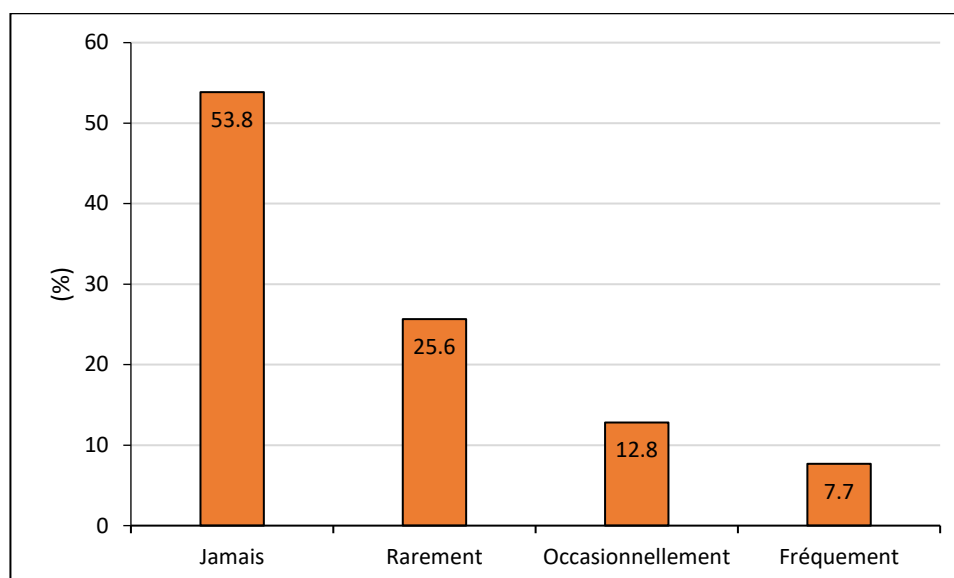


Fig. 1. Fréquence d'utilisation de chatGPT par les enseignants des SVT

3.1.2 UTILISATION DANS LA PLANIFICATION

Concernant l'utilisation de ChatGPT dans la planification des cours des SVT, il s'est avéré que 38,5% des enseignants ont utilisé ChatGPT pour la création de supports de cours (fig. 2). Ce fait implique que la technologie de chatGPT est principalement employée en amont du processus d'enseignement, probablement pour générer des contenus didactiques, des exemples, ou des explications. En revanche, seule une petite fraction, soit 5,1%, a déclaré utiliser ChatGPT pour élaborer des scénarios pédagogiques. Cela indique que l'utilisation de cette technologie dans la conception d'activités ou de séquences d'enseignement reste moins répandue. Il serait intéressant d'explorer les raisons derrière ce faible pourcentage, comme des limitations perçues de ChatGPT dans la création de scénarios plus complexes.

En outre la moitié de ces enseignants (50%) rapportent avoir rencontré des difficultés lors de l'utilisation de ChatGPT pour la planification de leurs cours. Ces difficultés peuvent varier, mais peuvent inclure des problèmes tels que la compréhension limitée des fonctionnalités de ChatGPT, des résultats générés peu pertinents ou des ajustements nécessaires pour aligner les contenus sur les objectifs pédagogiques spécifiques des cours des SVT.

En effet, grâce au soutien de l'IA, les enseignants pourraient potentiellement réduire leur charge de travail, en réorientant leur objectif principal vers l'élaboration de plans de cours innovants, et contribuant à améliorer les performances d'apprentissage des étudiants en ce qui concerne les compétences et les défis de l'avenir [8].

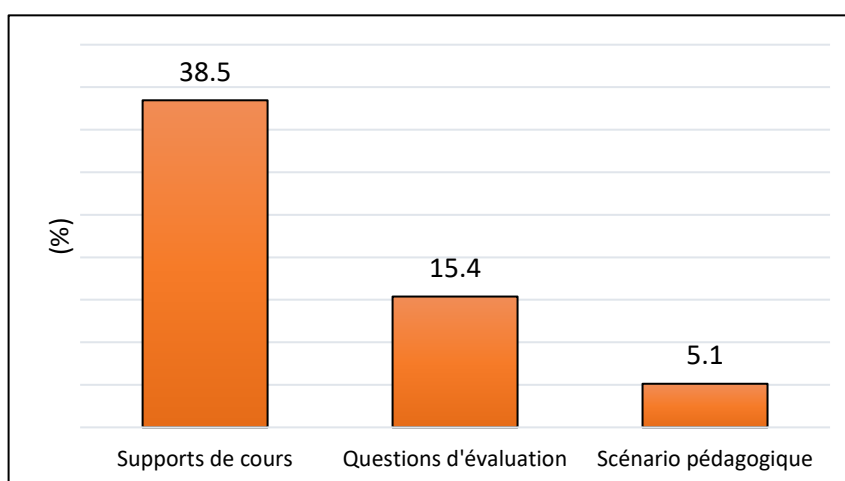


Fig. 2. Intégration du ChatGPT dans la planification des cours des SVT

Plusieurs études ont étudié l'efficacité de l'utilisation des outils d'IA, notamment ChatGPT, dans l'éducation. Par exemple, Selon [9], avec le soutien de ChatGPT, les enseignants sont habilités à concevoir des techniques d'enseignement innovantes. Un exemple typique est l'adoption de l'approche de classe inversée, dans laquelle les opportunités d'apprentissage ne se limitent pas à la salle de classe mais s'étendent à des environnements éloignés, favorisant ainsi une atmosphère d'étude indépendante parmi les étudiants. Les enseignants peuvent aussi utiliser ChatGPT pour générer des supports pédagogiques, tels que des diapositives présentant les résultats d'apprentissage attendus et les critères nécessaires pour terminer les cours [10]. En outre, l'étude [11] a révélé que GPT-2 était capable de produire un texte pertinent et cohérent, ce qui en faisait une ressource précieuse tant pour les enseignants que pour les étudiants. En outre ChatGPT peut créer un plan de cours de base acceptable. Il a aussi le potentiel d'être adapté aux besoins et au contexte de l'enseignant et des apprenants [2]. Et bien que ChatGPT ne puisse pas aider à générer des images ou des vidéos pour les diapositives, il peut générer du texte qui peut être utilisé par les enseignants pour créer les diapositives. Toute personnalisation est possible par le programme. Par ailleurs, les enseignants ont besoin de trouver des explications supplémentaires dans d'autres textes ou ouvrages de référence lorsque la réponse n'est pas facilement accessible aux enseignants. En particulier, les questions d'ordre supérieur qui commencent par « expliquer pourquoi » nécessitent parfois du temps pour trouver une littérature à l'appui. Dans cette situation, en utilisant ChatGPT pour générer des réponses aux questions des élèves, les enseignants pourraient économiser du temps et de l'énergie, qui pourraient être mieux dépensés sur d'autres tâches [12].

3.1.3 UTILISATION DANS L'ÉVALUATION

L'étude a révélé que la majorité écrasante des enseignants, soit 80,4%, n'a jamais utilisé ChatGPT pour créer des questions d'évaluation ou des examens. Ce résultat suggère un niveau de réticence significatif ou une préférence pour des méthodes plus traditionnelles dans la conception de ces évaluations. Les raisons derrière cette résistance pourraient inclure des préoccupations liées à la fiabilité des questions générées automatiquement, à la spécificité du contenu ou à une méconnaissance de l'outil. D'un autre côté, les enseignants ne sont probablement pas formés à la manière d'utiliser ChatGPT dans l'évaluation des apprenants. En revanche, 19,6% des enseignants ont indiqué utiliser ChatGPT de temps en temps pour créer des questions d'évaluation. Bien que cette proportion soit plus faible, elle souligne une certaine ouverture à l'expérimentation et à l'intégration progressive de la technologie dans le processus de création d'évaluations.

Un résultat notable est l'absence de réponse (0%) indiquant une utilisation fréquente de ChatGPT pour la création de questions d'évaluation. Cela suggère que, dans l'échantillon de répondants, aucun enseignant des SVT n'a adopté cette pratique de manière régulière. Les raisons de cette absence peuvent être diverses, allant de considérations pratiques à des préférences pédagogiques spécifiques. En effet, ChatGPT peut aider à générer des questions à choix multiples (QCM) ainsi que les réponses et les explications des réponses. Les QCM peuvent être utilisés pour mesurer un large éventail de capacités cognitives, notamment le rappel, la compréhension, l'application et l'analyse [13].

En demandant aux enseignants des SVT d'évaluer la qualité des questions d'évaluation générées par ChatGPT, des perceptions variées ont été mises en évidence (fig. 3). En effet, la majorité des enseignants, soit 76,5%, considère les questions générées par ChatGPT comme "acceptables". Cela indique une approbation modérée de la qualité des questions, suggérant qu'ils jugent ces questions suffisamment pertinentes et adéquates pour être utilisées dans un contexte éducatif. Ces résultats soulignent la nécessité d'une exploration approfondie des critères utilisés par les enseignants pour évaluer la qualité des questions générées automatiquement. En outre, 17,6% des enseignants considèrent les questions générées par ChatGPT comme "excellentes". Cette catégorie bien que faible, indique une perception positive significative de la qualité des questions générées par la technologie et démontre un potentiel pour une utilisation plus étendue et confiante dans le futur. Une proportion de l'ordre de 5,9%, juge les questions générées comme "bonnes". Ce résultat suggère une évaluation positive, mais avec des réserves. Ces enseignants estiment que les questions répondent à des critères élevés de pertinence, précision et adéquation pédagogique.

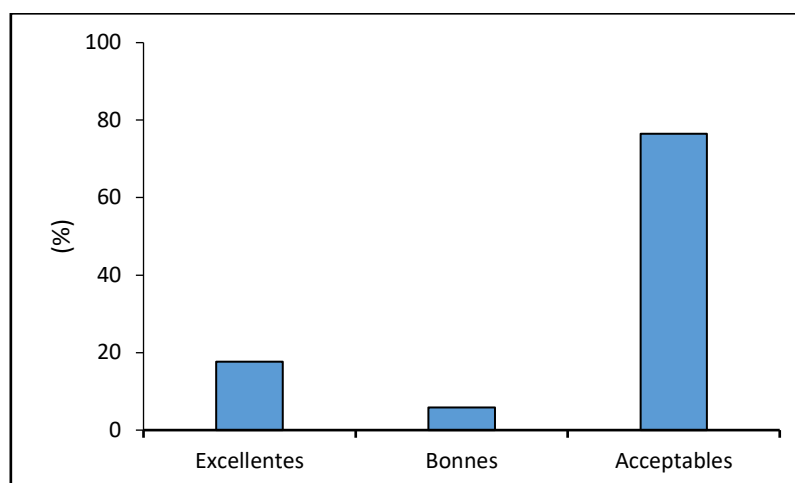


Fig. 3. Qualité des questions d'évaluation générées par ChatGPT

3.2 IMPACT SUR LA MOTIVATION ET L'ENGAGEMENT DES APPRENANTS

A propos de l'observation d'un éventuel changement dans l'engagement des élèves depuis l'introduction de ChatGPT, les résultats révèlent des avis mitigés au sein de la communauté des enseignants. Seulement 12,8% des enseignants rapportent avoir observé un changement positif dans l'engagement des élèves depuis l'introduction de ChatGPT. Cette minorité suggère que, pour certains enseignants, l'utilisation de cette technologie a eu un impact bénéfique sur l'implication des élèves dans le processus d'apprentissage. Les raisons derrière ce changement pourraient inclure une meilleure adaptation du contenu aux besoins individuels des élèves ou une stimulation accrue grâce à des interactions plus personnalisées. Ces résultats concordent avec l'étude de [14] qui ont montré que les facteurs qui motivaient la satisfaction et l'attention étaient mieux évalués par les participants disposant des derniers outils technologiques.

D'un autre côté, une proportion importante, soit 41%, déclare n'avoir observé aucun changement dans l'engagement des élèves depuis l'introduction de ChatGPT. Ces enseignants peuvent percevoir que l'impact de la technologie sur le niveau d'engagement est limité, voire inexistant, dans leur contexte spécifique. Cela peut être lié à divers facteurs, tels que des attentes non satisfaites, des préférences pédagogiques spécifiques ou des limitations perçues de la technologie. Ces résultats diffèrent de plusieurs études ayant rapporté des avantages de ChatGPT pour les apprenants [15]. En effet, dans l'enseignement de la biologie, l'étude [16] a conclu que ChatGPT, a le potentiel d'améliorer la compréhension des étudiants de concepts biologiques complexes et d'améliorer leurs compétences en résolution de problèmes.

D'autres études ont indiqué que les algorithmes d'apprentissage adaptatif utilisant l'IA et l'apprentissage automatique peuvent personnaliser l'enseignement en fonction des besoins et des capacités spécifiques de chaque élève, améliorant l'engagement et conduisant à de meilleurs résultats d'apprentissage [17], [18]. ChatGPT est capable d'expliquer un terme ou un concept de différentes manières, notamment pour les jeunes élèves [19]. La dernière version de ChatGPT permet aux utilisateurs de partager des conversations avec d'autres, ce qui facilite les collaborations entre étudiants, l'apprentissage en groupe et les discussions [9]. En outre, ChatGPT peut être un outil puissant pour améliorer les compétences et capacités linguistiques des étudiants [20], et Les établissements scolaires devraient soigneusement adopter ChatGPT comme outil pédagogique susceptible d'aider efficacement les apprenants pour qu'ils puissent préparer leur future carrière.

3.3 PREOCCUPATIONS DES ENSEIGNANTS DES SCIENCES FACE A CHATGPT

L'étude révèle une tendance marquée où environ le tiers des enseignants des sciences de la vie et de la terre (32,1%) exprime des inquiétudes quant à la fiabilité des réponses générées par ChatGPT. Cette préoccupation peut découler de divers facteurs, tels que la possibilité d'obtenir des informations incorrectes, des réponses mal interprétées, ou des lacunes dans la compréhension du contexte spécifique des cours des SVT. ChatGPT peut fournir des réponses incorrectes ou non vérifiées, car il n'a pas accès en temps réel à des informations à jour ni la possibilité de naviguer sur Internet pour vérification [21], [22]. [23] fait valoir que ChatGPT n'est pas capable de comprendre le texte qu'il génère ou son contexte, ce qui pourrait entraîner des réponses incorrectes. Pour cette raison, ChatGPT et d'autres modèles d'IA doivent être considérés comme des outils destinés à améliorer et compléter le travail des enseignants, mais pas à les remplacer. En revanche, seulement 10,3% des enseignants déclarent ne pas avoir de préoccupations quant à la fiabilité des réponses générées par ChatGPT. Ce groupe minoritaire peut

être constitué d'enseignants qui ont eu des expériences positives avec la technologie et qui ont confiance en sa capacité à fournir des réponses précises et fiables dans le contexte de l'enseignement des sciences. Un pourcentage de 27,6% des enseignants adopte une position neutre, ne manifestant pas expressément d'inquiétudes ou de confiance quant à la fiabilité des réponses de ChatGPT.

Concernant les craintes des enseignants des SVT quant à l'utilisation inappropriée de ChatGPT par les élèves, notamment pour la triche et le plagiat, révèle une préoccupation significative au sein de la communauté éducative. Plus de la moitié des enseignants (53,1%) exprime des craintes quant à l'utilisation inappropriée de ChatGPT par les élèves. Ces inquiétudes peuvent être liées à la facilité avec laquelle la technologie permet la génération automatique de texte, ce qui pourrait être exploité par les élèves pour contourner les processus d'apprentissage authentiques, tels que la réalisation de devoirs ou d'examens. Comme ChatGPT est capable de générer des réponses de type humain, il existe un risque que les élèves utilisent le système pour tricher aux examens ou aux devoirs. Cela souligne la nécessité pour les éducateurs de mettre en œuvre des mesures pour empêcher la tricherie lors de l'utilisation de ChatGPT dans l'éducation [24], [25], [3]. D'autres chercheurs voient en ChatGPT un danger potentiel, risquant de conduire à une diminution des activités éducatives et de favoriser la paresse des enseignants et des étudiants en raison des capacités analytiques réduites [26], [6]. [19] mettent en garde contre une dépendance excessive à l'égard de ces outils, qui peuvent avoir un impact négatif sur leur pensée critique et leurs capacités de résolution de problèmes, ils conviennent que les activités les impliquant à des fins de critique et d'évaluation favorisent non seulement la pensée critique, mais également la créativité et les compétences de résolution de problèmes. Pour cette raison, les étudiants et les enseignants doivent avoir des conversations sur ce qu'est l'intégrité académique et ce qui est considéré comme du plagiat lors de l'utilisation des outils d'écriture de l'IA [27]. De telles conversations contribueront à leur utilisation éthique et juridique,

En revanche, une proportion de 28,1% des enseignants ne partage pas ces craintes, suggérant qu'une partie de la communauté éducative perçoit ChatGPT comme une technologie dont l'utilisation inappropriée par les élèves n'est pas une préoccupation majeure. Ces enseignants peuvent avoir confiance dans la capacité du corps enseignant à surveiller et à évaluer l'utilisation de la technologie de manière adéquate.

Un pourcentage de 18,8% adopte une position neutre, ne manifestant pas expressément des craintes ou une confiance envers l'utilisation de ChatGPT par les élèves. Cette position peut refléter une certaine réserve ou une attente de voir comment la technologie sera intégrée dans le contexte éducatif et comment les élèves réagiront.

3.4 FORMATION EN CHATGPT

Seulement 5,7% des enseignants déclarent avoir suivi une formation spécifique sur l'utilisation pédagogique de ChatGPT. Cette proportion relativement faible suggère que la majorité des enseignants n'ont pas bénéficié d'une formation formelle pour intégrer cette technologie dans leur pratique pédagogique. Ce constat souligne un écart potentiel entre la disponibilité de la technologie et la préparation des enseignants à l'utiliser de manière efficace dans leur enseignement des SVT. En revanche, une majorité importante de 94,3% des enseignants déclare n'avoir suivi aucune formation spécifique sur l'utilisation pédagogique de ChatGPT. Ce résultat peut soulever des questions sur la manière dont les enseignants acquièrent leurs compétences dans l'utilisation de nouvelles technologies éducatives et sur la nécessité de développer des programmes de formation adaptés pour soutenir leur intégration dans le contexte éducatif.

L'absence généralisée de formation spécifique souligne l'importance d'une initiative continue de développement professionnel pour aider les enseignants à tirer pleinement parti des outils technologiques tels que ChatGPT. Les efforts visant à fournir des sessions de formation, des ressources pédagogiques et un soutien continu peuvent contribuer à combler cette lacune et à améliorer la compétence des enseignants dans l'intégration réussie de ChatGPT dans leur enseignement. Ces résultats mettent en évidence un besoin urgent de fournir des opportunités de formation spécifique aux enseignants des SVT pour l'utilisation pédagogique de ChatGPT et soulignent l'importance de l'investissement dans le développement professionnel des enseignants pour maximiser les avantages de l'intégration des technologies éducatives dans leurs pratiques d'enseignement.

L'analyse des résultats de la question portant sur le désir des enseignants des sciences de la vie et de la terre de participer à des sessions de formation continue sur l'utilisation avancée de ChatGPT dans l'enseignement révèle des tendances intéressantes pour le développement professionnel de cette communauté éducative. En effet, 47,4% des enseignants expriment un intérêt à participer à des sessions de formation continue sur l'utilisation avancée de ChatGPT dans l'enseignement. Cette proportion élevée suggère une demande réelle parmi une partie substantielle de la population enseignante pour approfondir leur compréhension de cette technologie et optimiser son utilisation dans leur pratique pédagogique. Ces enseignants sont susceptibles de percevoir la valeur ajoutée d'une formation avancée pour améliorer leurs compétences dans l'intégration de ChatGPT de manière plus adaptée à leurs besoins spécifiques. D'un autre côté, une minorité

de 18,4% des enseignants déclare ne pas souhaiter participer à de telles sessions de formation continue. Les raisons derrière ce désintérêt peuvent varier, allant du manque de temps à des préférences pédagogiques spécifiques. Un pourcentage de 34,2% des enseignants adopte une position neutre vis-à-vis de la participation à des sessions de formation continue sur l'utilisation avancée de ChatGPT dans l'enseignement. Cette neutralité peut résulter d'un manque de familiarité avec les avantages potentiels de la formation avancée ou de l'attente de plus d'informations sur le contenu et la pertinence de ces sessions.

4 CONCLUSION

Cette étude met en lumière la variété d'approches adoptées par les enseignants marocains en SVT quant à l'utilisation de ChatGPT. Bien que la majorité n'ait pas encore intégré activement cette technologie, un intérêt croissant émerge, avec certains enseignants explorant occasionnellement ses possibilités. L'utilisation de ChatGPT dans la planification des cours se manifeste principalement en amont du processus d'enseignement, suggérant son utilisation pour générer des contenus didactiques, des exemples ou des explications. En revanche, une fraction plus restreinte déclare utiliser ChatGPT pour élaborer des scénarios pédagogiques. Cependant, il est important de noter que certains enseignants ont signalé des difficultés lors de l'utilisation de ChatGPT, soulignant les défis associés à cette pratique émergente. En outre, l'étude met en lumière une réticence significative ou une préférence pour des méthodes plus traditionnelles dans la conception d'évaluations. La majorité des enseignants n'a jamais utilisé ChatGPT pour créer des questions d'évaluation ou des examens, d'où la nécessité d'une formation approfondie et d'un soutien continu, notamment pour surmonter les obstacles rencontrés lors de l'utilisation de ChatGPT.

Bien que ChatGPT puisse contribuer à améliorer l'engagement des élèves, des préoccupations subsistent quant à la fiabilité des réponses générées et le risque d'une utilisation inappropriée. Les résultats soulignent ainsi l'importance de discussions approfondies sur l'intégrité académique et les implications éthiques de l'utilisation de l'IA dans l'enseignement. Parallèlement, le faible taux de participation des enseignants à des formations spécifiques met en évidence le besoin pressant de programmes de développement professionnel dans ce domaine. En répondant à ces besoins, l'éducation peut mieux tirer parti de cette technologie émergente tout en garantissant son utilisation éthique et efficace dans l'enseignement des sciences.

REFERENCES

- [1] S. Atlas, *ChatGPT for Higher Education and Professional Development: A Guide to Conversational AI*, 2023. [Online] Available: https://digitalcommons.uri.edu/cba_facpubs/548 (April 15, 2023).
- [2] G. van den Berg and E. du Plessis, «ChatGPT and Generative AI: Possibilities for Its Contribution to Lesson Planning, Critical Thinking and Openness in Teacher Education,» *Education Sciences*, 13, 998, 2023.
- [3] A. Tlili, B. Shehata, M.A. Adarkwah, A. Bozkurt, D.T. Hickey, R. Huang and B. Agyemang, «What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education,» *Smart Learning Environments*, 10 (1), 2023.
- [4] W.C.H. Hong, «The impact of ChatGPT on foreign language teaching and learning: Opportunities in education and research,» *Journal of Educational Technology and Innovation*, 5, 37–45, 2023.
- [5] L. Skavronskaya, A. Hadinejad, and D. Cotterell, «Reversing the threat of artificial intelligence to opportunity: A discussion of ChatGPT in tourism education,» *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 23, 253–258, 2023.
- [6] M. Halaweh, «ChatGPT in Education: Strategies for Responsible Implementation,» *Contemporary Educational Technology*, 15 (2), 2023.
- [7] H. Lin, «Influences of Artificial Intelligence in Education on Teaching Effectiveness: The Mediating Effect of Teachers' Perceptions of Educational Technology,» *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17 (24), pp. 144–156, 2022.
- [8] S. Grassini, «Shaping the Future of Education: Exploring the Potential and Consequences of AI and ChatGPT in Educational Settings,» *Education Sciences*, 13, 692, 2023.
- [9] J. Rudolph, S. Tan and S.C. Tan, «Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education?,» *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6, 2023.
- [10] J. Whalen and C. Mouza, «ChatGPT: Challenges, Opportunities, and Implications for Teacher Education,» *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 23, 1–23, 2023.
- [11] T. Brown, B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah, J. D. Kaplan, P. Dhariwal, A. Neelakantan, P. Shyam, G. Sastry, A. Askell et al., «Language models are few-shot learners,» *Advances in neural information processing systems*, 34, 1877–1901, 2020.
- [12] J. Su and W. Yang, «Unlocking the Power of ChatGPT: A Framework for Applying Generative AI in Education,» *ECNU Review of Education*, 6 (3), 355–366, 2023.
- [13] Y. Touissi, G. Hjej, A. Hajjioui, A. Ibrahim, M. Fourtassi, «Does developing multiple-choice questions improve medical students' learning? A systematic review,» *Medical Education Online*, 27 (1), 2022.

- [14] A. Alamer and A. Al Khateeb, «Effects of Using the Whatsapp Application on Language Learners" Motivation: A Controlled Investigation Using Structural Equation Modelling,» *Computer Assisted Language Learning*, 36 (1-2), 149-175, 2023.
- [15] NN. Mahadzir and LF. Phung, «The Use of Augmented Reality Pop-Up Book to Increase Motivation in English Language Learning For National Primary School,» *Journal of Research & Method in Education*, 1 (1), 26-38, 2013.
- [16] A. Aminoshariae, J. Kulild and V. Nagendrababu, «Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions,» *Journal of Endodontics*, 47 (9), 1352-1357, 2021.
- [17] R. S. Baker, « The impact of artificial intelligence on education,» *Journal of Educational Psychology*, 112 (4), 662-677, 2020.
- [18] C. A. de Castro, « A Discussion about the Impact of ChatGPT in Education: Benefits and Concerns,» *Journal of Business Theory and Practice*, 11 (2), 28-34, 2023.
- [19] E. Kasneci, K. Seßler, S. Küchemann, M. Bannert, D. Dementieva, F. Fischer,... G. Kasneci, « ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education,» 2023.
- [20] A. Nazir and Z. Wang, « A Comprehensive Survey of ChatGPT: Advancements, Applications, Prospects, and Challenges,» *Meta Radiology*, 1 (2), 2023.
- [21] S. Aizu'bi, A. Mughaid, F. Quiam and S. Hendawi, «Exploring the Capabilities and Limitations of ChatGPT and Alternative Big Language Models,» *Artificial Intelligence and Applications*, 1-10, 2023.
- [22] S. Alneyadi and Y. Wardat, «ChatGPT: Revolutionizing student achievement in the electronic magnetism unit for eleventh-grade students in Emirates schools,» *Contemporary Educational Technology*, 15 (4), 2023.
- [23] H.H. Thorp, «ChatGPT is fun, but not an author,» *Science*, 379, 313, 2023.
- [24] Y. Mucharraz y Cano, F. Venuti and R. Herrera Martinez, « ChatGPT and AI Text Generators: Should Academia Adapt or Resist?,» Harvard Business School Publishing, 2023.
- [25] D.W. Sun, «Urgent Need for Ethical Policies to Prevent the Proliferation of AI-Generated Texts in Scientific Papers,» *Food and Bioprocess Technology*, 16 (5), 941-943, 2023.
- [26] L. Skavronskaya, A. Hadinejad and D. Cotterell, «Reversing the threat of artificial intelligence to opportunity: A discussion of ChatGPT in tourism education,» *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 23 (2), 253–258, 2023.
- [27] T. Trust, J. Whalen, C. Mouza, «ChatGPT: Challenges, Opportunities, and Implications for Teacher Education,» *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 23 (1), 1-23, 2023.

L'impact des médias dans l'action du terrorisme contemporain

[The impact of the media in the action of contemporary terrorism]

Tshabukole Nsabua

Chef de Travaux: Relations Internationales, Université de Likasi, 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: The media fulfill a vital function in the various aspects of human life, which is to inform populations in all areas of life. Regarding this article we raised a question which concerns the relationship between the media and terrorism. It is then a question of the dialectical relationship between terrorism and the media in various aspects, including the functions of the media and their negative effects on the impact of the phenomenon of terrorism. To also demonstrate in this article how the media in their way of functioning manage to give impact to terrorist action. The media play the role of mediator in the interaction between populations and the fomenters of terrorism. The impact of the media on public perception is very important. We demonstrate that media coverage of terrorism has much more impact than the terrorist actions themselves. This impact consists of creating a climate of anxiety and terror within populations. However, in this article we have defined what media are in general, starting from media described as traditional (Radio, television, newspapers, etc.) to those described as modern (internet, social networks, etc.). As for terrorism, despite the global interest in the phenomenon of terrorism, no specific, clear and precise definition of terrorism has yet been agreed upon! Definitions multiply and contradict each other, because of the variety of forms and manifestations of terrorism, the diversity of its methods and patterns, and the profusion of international opinions, political tendencies and beliefs regarding it.

KEYWORDS: Attacks, Terror, Psychosis, Information, Populations, State.

RESUME: Les médias remplissent une fonction vitale dans les divers aspects de la vie humaine qui est celui d'informer les populations dans tous les domaines de la vie. En ce qui concerne cet article nous avons évoqué une question qui touche à la relation entre les médias et le terrorisme. Il est alors question de la relation dialectique entre le terrorisme et les médias sous divers aspects, dont les fonctions des médias et leurs effets négatifs sur l'impact du phénomène du terrorisme. De démontrer aussi dans cet article comment les médias dans leur façon de fonctionner arrivent à donner l'impact à l'action terroriste. Les médias assurent le rôle de médiateur dans l'interaction entre les populations et les fomenteurs du terrorisme. L'impact des médias sur la perception des populations est très capital. Nous démontrons que la médiatisation en matière du terrorisme a beaucoup plus d'impact que les actions terroristes elles-mêmes. Cet impact consiste dans le fait de créer un climat d'angoisse et de terreur au sein de populations. Cependant nous avons dans cet article défini ce que ce les médias d'une manière générale, en partant des médias qualifiés de traditionnels (Radio, télévision journaux.) jusqu'aux qualifiés de modernes (internet, réseaux sociaux...). Quant au terrorisme, malgré l'intérêt mondial pour le phénomène du terrorisme, aucune définition spécifique, claire et précise du terrorisme n'a encore été convenue ! Les définitions se multiplient et se contredisent, à cause de la variété des formes et des manifestations du terrorisme, la diversité de ses méthodes et de ses schémas, et la profusion des opinions internationales, des tendances politiques et des croyances à son égard.

MOTS-CLEFS: Attentats, Terreur, Psychose, Information, Populations, Etat.

1 INTRODUCTION

Les medias et le terrorisme entretiennent les relations complexes et ambiguës dans leur façon d'opérer. Ils entretiennent entre eux un lien organique et fonctionnel. Sans medias le terrorisme moderne ne survivrait pas [1]. Pendant ce temps moderne notre société est mondialisée les medias offrent la caisse de résonance indispensable au terrorisme pour diffuser leurs messages et rependre la terreur. Sans les medias les actes terroristes resteraient sans impact.

L'objectif principal du terrorisme est de créer le climat de terreur et de panique au sein de l'opinion nationale et internationale. Les medias dans leur rôle celui d'informer la population couvre les actes criminels perpétrés par les groupes terroristes jouent un rôle embarrassant celui rependre la psychose au sein de l'opinion publique nationale et internationale.

Comme nous le constatons cet article va tenter de répondre à la question de savoir comment les medias donnent de l'impact aux actions terroristes. Est-il possible que les medias couvrent les actions terroristes sans créer la psychose et la terreur au sein des populations ?

Pour y arriver nous subdivisons cet article en quatre points à savoir l'introduction, la définition du terrorisme, la notion sur le media le point sur l'impact de medias sur l'action terroriste et enfin nous allons tirer une conclusion.

2 LE TERRORISME

2.1 DÉFINITION

Dans la mesure où le terrorisme est un phénomène à la fois complexe et multiforme, il est extrêmement compliqué de trouver une définition simple qui décrive bien la problématique. A en croire certains spécialistes, en occurrence Jean-François Guilhaudis on aurait répertorié plus d'une centaine de définitions [2]. L'ONU est à l'heure actuelle incapable de s'accorder à une définition malgré la spéculation sur la question. Ce terme de terrorisme est aujourd'hui très fréquemment employé en droit international et par les institutions internationales, mais il ne donne pas lieu à une définition unique et universelle.

Toujours dans le même ordre d'idée l'UA propose une définition trop large de «l'acte terroriste» assez ample et ambiguë [3]: « tout acte ou menace d'acte en violation des lois pénales de l'État partie susceptible de mettre en danger la vie, l'intégrité physique, les libertés d'une personne ou d'un groupe de personnes, qui occasionne ou peut occasionner des dommages aux biens privés ou publics, aux ressources naturelles, à l'environnement ou au patrimoine culturel, et commis dans l'intention:

- D'intimider, de provoquer une situation de terreur, forcer, exercer des pressions ou amener tout gouvernement, organisme, institution, population ou groupe de celle-ci, à engager toute initiative ou à s'en abstenir, à adopter, à renoncer à une position particulière ou à agir selon certains principes; ou
- De perturber le fonctionnement normal des services publics, la prestation de services essentiels aux populations' ou de créer une situation de crise au sein des populations;
- De créer une insurrection générale dans un État partie. » Cette définition contient certains éléments vagues et incertains, telles que les locutions «selon certains principes», «susceptible de» et «occasionne ou peut occasionner»

Celles-ci n'ont pas de contours précis et les modalités de participation criminelle auxquelles elles font référence ne sont pas précisées. On peut donc affirmer que, dans la mesure où des conséquences sont attachées à la qualification d'un crime comme constituant un acte «terroriste» au sens de cette définition, cette définition de «l'acte terroriste» que contient la Convention d'Alger porte atteinte au principe de légalité des crimes et des délits, dans la mesure où elle ne porte pas une définition suffisamment stricte et précise de l'infraction. Le risque est que certains crimes ou délits soient englobés dans la catégorie des actes terroristes alors qu'ils n'en auraient pas la nature.

Cette difficulté à définir ce phénomène devenu omniprésente dans les médias et la culture tient à la multiplicité de ses formes du vandalisme « politique » à la terreur de masse, en passant par l'assassinat ciblé, à la multiplicité de ses acteurs (de l'individu à l'État) et surtout des points de vue. La réflexion sur le terrorisme est rendue plus complexe encore par la charge émotionnelle de ce terme: le terroriste d'hier peut être le libérateur de demain et, du reste, rares sont les terroristes à revendiquer cette appellation.

La question des victimes se pose aussi pour un phénomène qui se définit à la fois par ses cibles immédiates et par « la » cible, au sens large, de l'attentat: l'opinion publique qu'il faut émouvoir par un attentat ciblé comme par la violence aveugle. Le terme, ambigu, fait donc l'objet d'un enjeu, quand il n'est pas devenu une arme pour discréditer son adversaire.

C'est dans ce cadre que nous avons constaté que quelques groupes sociaux ou certains leaders de l'opposition sont considérés comme de terroristes: Fut le cas pour l'Organisation de la Libération de la Palestine (OLP) dirigé par un certain Yasser Arafat. Ainsi, sous le régime d'apartheid, l'African National Congress (ANC) de Nelson Mandela était-il considéré comme une organisation terroriste; pourtant Mandela est devenu président de l'Afrique du Sud en 1994 et l'ANC obtient 62 pourcent de voix aux élections d'avril 1994.

Ainsi c'est l'Etat et lui seul qui établit, à l'intérieur de ses propres frontières, la distinction entre terrorisme et opposition légale, entre violence terroriste et violence légitime, c'est-à-dire dans ce cas, violence légale. Quant à la distinction entre terrorisme et guérilla, elle ne relève, pour sa part, que de la légitimité que chacun accorde à tel ou tel groupe, en fonction de ses convictions et analyses politiques.

Il n'est donc pas aisé de donner une définition précise et incontestable du terrorisme, car les chercheurs ne sont pas encore arrivés à l'unanimité sur ce point. Le terrorisme est un ensemble d'actes des violences (attentats individuels ou collectifs, destructions) qu'une organisation politique exécute pour impressionner la population et créer un climat d'insécurité [4]. Cette définition met un accent particulier sur l'existence d'une organisation politique, ce qui a le désavantage de semer la confusion.

Le terrorisme est défini comme l'arme de révolte, des isolés, des minorités et des faibles par excellence qui apparait comme le seul moyen de protection ou de lutte contre le régime oppressif ou une opinion publique indifférente [5]. Cette définition d'Arvon a l'avantage d'introduire une précision en qualifiant le terrorisme comme une arme ou un moyen de pression que peut utiliser une catégorie des personnes considérées comme marginalisées dans la société pour ramener le pouvoir ou une opinion à le prendre en considération tout en passant par la violence spectaculaire.

Jean-Luc Paradi affirme que le terrorisme qualifie de nos jours toute méthode de lutte ayant pour objectif non pas l'anéantissement ou la réduction de l'ennemi, mais la création autour de lui et dans ses rangs d'un climat psychologique d'insécurité et de nervosité pouvant être fatal à son moral, à son prestige, à son efficacité donc à son autorité [6]. Cette définition a le mérite de rendre compte du phénomène non seulement du point de vue de la méthode, des moyens, mais aussi des fins: elle est à même de qualifier la tragédie du 11 Septembre 2001 aux Etats-Unis d'Amérique.

Le terrorisme peut être entendu aussi comme une action politique violente, un moyen de pression à laquelle recourent les individus ou de minorités organisées contre des personnes, des biens ou des institutions pour exprimer une revendication [7].

Le phénomène du terrorisme divise beaucoup de chercheurs sur sa définition. Néanmoins, un bon nombre de chercheurs sont d'accord sur quelques éléments: la violence, la terreur, méthode... Ici nous énumérons les actes de terrorisme les plus courants. Les actes de terrorisme les plus courants sont l'attentat à l'explosif (parfois kamikaze), l'assassinat, l'enlèvement, la prise d'otages, le détournement et la destruction d'aéronefs (possiblement kamikaze), l'attaque à main armée, la mutilation ou encore l'incendie criminel. Ces actes criminels produisent au sein des populations un impact psychologique, comportemental et émotionnel.

2.2 L'IMPACT DU TERRORISME SUR LA VIE DES POPULATIONS

2.2.1 L'IMPACT PSYCHOLOGIQUE, COMPORTEMENTAL ET ÉMOTIONNEL

Le terrorisme est une stratégie essentiellement basée sur l'impact psychologique. De nombreux auteurs ont noté l'importance de l'élément psychologique dans le terrorisme. En fait, cette composante a également été reconnue dans les définitions officielles de ce terme. La référence à l'intention est d'influencer un public. Dans la définition du terrorisme donnée par le Département d'Etat Américain, son but est de provoquer la peur dans le public ou une fraction quelconque du public [8]. Les attentats sont des désastres causés par une intention humaine qui peuvent provoquer, par la suite, un haut risque de psychopathologie.

La perception du niveau de terrorisme dans le monde semble déterminée non pas par le niveau de violence comme nous pourrions le penser mais plutôt par la qualité des faits, par la localisation ainsi que par la couverture médiatique [9]. Les personnes exposées aux attentats peuvent être affecté sur le plan de santé mentale qui provoquant de stress et de dépression.

Sur le plan comportemental, il y a évolution croissante du sentiment de menace terroriste dans nos sociétés depuis les événements du 11 septembre 2001 aux Etats Unis. En fonction de certaines caractéristiques personnelles, les individus vont répondre à cette menace de manière différente. Par exemple, nous allons apercevoir des individus qui limitent leurs sorties avec une tendance à éviter les endroits susceptibles d'être une cible pour les terroristes.

2.3 LES ACTES TERRORISTES ET LEURS VICTIMES

En commettant les attentats, l'idée première du terrorisme est d'atteindre les autorités politico administratives et les anéantir. Comme il n'est pas toujours facile de les atteindre, le terrorisme s'attaque aux populations pour que ces dernières faces le boulot à leur place en soulevant contre les autorités défaillantes en matière de sécurité. C'est dans cette perspective que les populations se trouvent victimes prises entre le feu du terrorisme.

Une victime est toute personne qui subit personnellement et directement un préjudice physique, morale ou matériel par opposition à celui qui le cause qui est l'auteur [10]. C'est dans cette perspective qui nous pouvons classer cinq catégories de victime des actes terroristes [11].

Parmi celles-ci, nous pouvons retrouver les victimes de la première catégorie, de la deuxième catégorie, de la troisième catégorie, de quatrième catégorie et enfin les victimes de cinquième catégorie. Les victimes primaires représentent les victimes directes d'un événement incluant les personnes décédées, les personnes blessées tant physiques que psychiques mais aussi les personnes rescapées, etc. Ces personnes sont toutes présentes sur les lieux de l'événement.

Les victimes de deuxième à quatrième niveau représentent respectivement les parents et les proches, les intervenants et témoins de la scène et enfin les médias et les personnes devant prendre des décisions. Concernant les victimes de cinquième niveau, nous parlerons des personnes qui ne sont pas présentes sur les lieux. Ce sont en réalité, des personnes faisant partie du public, des personnes ayant souffert à travers la diffusion médiatique de l'événement. Les attentats ont un impact psychique tant sur les personnes directement touchées par les événements que sur les personnes dites touchées indirectement. Une victime, quelle que soit la catégorie dans laquelle elle se trouve, va être atteinte à différents endroits de son être. D'une part, elle va être touchée dans son moi individuel car elle est touchée personnellement et d'autre part dans son moi communautaire dû à son sentiment d'appartenance à la communauté attaquée.

Contrairement à la victime directe qui va être directement impliquée et qui se trouve sur les lieux au moment des faits, la victime indirecte, elle, n'est pas directement impliquée comme nous l'avons mentionné plus haut. En effet, elle peut se trouver à des milliers de kilomètres des faits. A propos BESSER, A., et PRIEL, B. [12] notent que les effets négatifs du traumatisme ne sont pas limités aux personnes directement affectées par le traumatisme et que les symptômes du stress post-traumatique ont été repérés aussi parmi des personnes qui ont seulement été exposées aux attaques à travers les médias. Effectivement, ces actes de terreurs atteignent la société dans son ensemble et son impact va au-delà des victimes directes.

Tout citoyen est, à ce jour, susceptible d'être victime des attentats. En effet, il n'y a plus besoin d'être physiquement sur les lieux de l'événement pour être touché par lui. Les médias se chargent de divulguer les informations en direct ce qui permet aux téléspectateurs de voir des images, d'entendre des témoignages et d'échanger avec des victimes. C'est cette possibilité d'être témoin à travers notre écran qui nous rend vulnérable et qui crée le risque d'être une victime indirecte.

En définitive, toutes les catégories des victimes que nous venons de voir portent un intérêt particulier pour les actes terroristes car elles constituent une base des données pour la publicité des actions terroristes qui vont être relayé à travers les medias créant ainsi la psychose et la stupeur au sein des populations.

3 LES MEDIAS

3.1 DÉFINITION

Le terme média désigne tout moyen de distribution, de diffusion ou de communication interpersonnelle, de masse ou de groupe, d'œuvres, de documents, ou de messages écrits, visuels, sonores ou audiovisuels (comme la radio, la télévision, le cinéma, Internet, la presse, les télécommunications, etc.) [13]. Ce terme est souvent utilisé comme l'abréviation du terme anglais mass-média ou médias de masse en français [14].

L'expression médias de masse désigne les médias qui ont acquis une diffusion à grande échelle pour répondre rapidement à une demande d'information d'un public vaste, complétée dans de nombreux cas par une demande de distraction. La plupart des entreprises dites de média emploient des journalistes et des animateurs de divertissement. Ils recueillent dans un premier temps des informations auprès de sources d'information, en leur assurant la protection des sources d'information, ce qui leur permet d'acquérir une audience, et valorisent, dans un second temps, leur audience par la vente d'espaces publicitaires. À côté de ce modèle dominant, les chaînes de téléachat et les périodiques ne diffusant que des petites annonces et publicités sont aussi considérés comme des médias.

Dans les pays industrialisés, où les médias se sont largement développés, ils sont majoritairement détenus par de grands groupes industriels dont les dirigeants, proches du pouvoir politique, sont régulièrement critiqués pour instrumentaliser

l'information à des fins partisans plus ou moins reconnues (thèse de la « fabrication du consentement »). Mais l'avènement d'Internet, des TIC signe celui des médias alternatifs (blogs, réseaux sociaux...). L'information n'est plus alors forcément soumise aux règles déontologiques, notamment celle de la vérification par les faits [15].

3.2 MEDIA ET COMMUNICATION

Les médias sont des outils de communication. L'objectif premier de media est d'informer la population sur tout ce qui se passe dans le monde. Le choix d'un média dépend évidemment du type de communication recherché:

3.2.1 COMMUNICATION UNILATÉRALE ET MULTILATÉRALE

Selon ses caractéristiques techniques propres, l'usage d'un média de masse est davantage approprié à un certain type de communication: par exemple, le média de type Presse Écrite semble plus adapté pour communiquer de manière unilatérale, les médias de type Réseaux sociaux semblent plus pertinents pour communiquer de façon multilatérale.

3.2.2 COMMUNICATION MISE À DISPOSITION DU PUBLIC

Selon le critère de « mise à disposition du public » employé par les juristes français, on distingue [16]:

- Les médias simples: dont la consultation par le destinataire est directe (ex: un journal, une revue, un livre, une affiche...),
- Les médias autonomes: dont la consultation implique la détention d'un équipement par le destinataire (ex: magnétoscope, lecteur cd, micro-ordinateur, téléphone mobile...),
- Les médias de télédiffusion: dont la consultation suppose que le destinataire soit connecté à des réseaux de diffusion, dans le cadre d'une offre n'autorisant qu'un degré d'interactivité réduit. (ex: réseaux hertziens terrestres, télédistribution par câble, satellites de diffusion directe...),

4 MEDIA ET TERRORISME QUEL IMPACT

4.1 L'INTERET QUE PORTE LE MEDIA AU TERRORISME

Nous constatons que lorsqu'il y a un attentat terroriste quelque part dans le monde, les medias se précipitent pour diffuser ces événements en donnant le détail sur la manière dont cela s'est passée. C'est-à-dire, le nombre des morts et des blessés. Ils interrogent les témoins de ces événements ou chacun explique la façon dont il a vécu la situation. Cette façon de faire amplifie la psychose au sein des populations. Lors des attentats d'Al-Qaïda de 11 septembre 2001 aux Etats Unis d'Amérique nous avons constaté qu'il y avait des chaînes de télévision qui existaient dans l'anonymat mais suite à ces événements elles sont devenues parmi les célèbres du monde par leur façon de transmettre les images en boucle aux longueurs des journées. Nous citons ici le cas de la chaîne Al Jazeera qui devenue la chaîne la plus regardée dans le monde arabe, avec une forte influence sur l'opinion publique ce qui n'est pas le cas avant les événements du 11 septembre 2001 [17].

Le terrorisme moderne, par ses attaques violentes et spectaculaires, a plusieurs des propriétés recherchées par l'information-spectacle [18]. Il exploite cette dynamique et agit de manière à attirer autant que possible l'attention du monde. Médias et terrorisme entretiennent donc une relation symbiotique dont les deux parties tirent profit. Bien qu'elle ne soit pas dépourvue d'un certain parti-pris de la part des médias, cette association a pour caractéristique essentielle de faire entrer ces derniers dans le jeu des terroristes, en servant de diverses façons leurs stratégies de propagande. La recherche d'un vaste auditoire amène souvent les chaînes d'information continue à accorder une attention toute particulière aux événements les plus à même de nourrir l'information-spectacle [19].

Les médias modernes possèdent une puissance qui leur permet d'assurer aujourd'hui à tout attentat une « onde de choc » dépassant très largement les effets matériels immédiats. Cette loi de propagation qui tient au fonctionnement propre des médias entre au premier rang en ligne de compte pour les terroristes qui obtiennent souvent, grâce à ce « coefficient multiplicateur des résultats hors de proportion avec le petit « pétard » qu'ils ont fait sauter. » [20].

L'action terroriste correspond à une scène où les acteurs exposent leur savoir-faire en matière de violence et de terreur. A propos Landivar note que le terrorisme est une figure qui nous pose ontologiquement problème, il doit être extériorisé [21]. Il s'agit là du travail des médias qui prend part à la concrétisation de la figure du terrorisme. Le traitement médiatique va servir à construire l'évènement, à « produire un discours rationalisé sur une violence qui excède la rationalité.

4.2 ACCES AUX MEDIAS PAR LES TERRORISTES

Avec l'avènement des nouvelles technologies de communication et de la presse telles que l'internet, réseaux sociaux et autre, n'importe qui peut y accéder pour n'importe quel mobile. A ce jour, beaucoup de terroristes ont leurs propres sites Web afin de communiquer leurs actions. Comme il est écrit dans le magazine des Nations Unies UNODOC [22], depuis la fin des années 80, l'Internet est devenu un moyen de communication extrêmement dynamique, qui touche un public de plus en plus large dans le monde entier. Le développement de technologies toujours plus sophistiquées a permis la création d'un réseau de portée réellement mondiale, dont l'accès est relativement aisé.

La technologie d'Internet permet de communiquer au-delà des frontières dans un certain anonymat, avec rapidité et efficacité, à destination d'un public pratiquement illimité. Elle présente de nombreux avantages, à commencer par le fait qu'elle se prête tout particulièrement à la diffusion d'informations et d'idées, cet élément étant considéré comme un droit de l'homme fondamental. Toutefois, il faut admettre que cette technologie, si elle facilite la communication, peut aussi être exploitée à des fins terroristes. Ce type d'utilisation crée à la fois des difficultés et des occasions à saisir dans la lutte contre le terrorisme.

Les terroristes d'aujourd'hui sont à la recherche d'un accès aux médias et pour se faire, ils vont commettre des actes que la presse attend afin de créer de l'audience, « des faits ponctuels et uniques, impliquant de l'aventure ou du divertissement, et influençant en quelque sorte la vie de ceux qui en sont informés » [23]. Comme nous l'avons déjà signalé, le terrorisme mets l'accent particulier sur la publicité de leurs actions criminelles à travers les médias. « Le terrorisme, disait Aron, ne veut pas que beaucoup de gens meurent, il veut que beaucoup de gens sachent » [24]. C'est dans cette perspective qu'il note que le terroriste fournit l'image, les médias fournissent l'impact [25].

A propos Evelyne Josse note que sans média, le terrorisme moderne ne survivrait pas [26]. A l'ère de l'information, dans notre société mondialisée, les médias offrent la caisse de résonance indispensable aux terroristes pour diffuser leur message et répandre la terreur. Sans eux, ces actes n'auraient qu'une portée très limitée. En relayant un attentat, une prise d'otage ou une mise à mort, les médias offrent une emphase et un écho international à ces actions. Ainsi, une décapitation retransmise à la télévision frappe tellement l'imagination qu'elle compte bien davantage que pour une simple mort. Ses effets sont largement démultipliés en raison de l'impact psychologique qu'elle produit sur les auditeurs et les téléspectateurs du monde entier. La stratégie du terrorisme, c'est moins le meurtre que la visibilité du meurtre.

Plusieurs fois les terroristes mettent en scène de ce qu'il qualifie des procès avec des caméras, ils rendent le jugement en coupant la tête de leurs victimes en direct. Ces genres de scène sont beaucoup plus utilisés dans des films américains et autres pour illustrer la réalité qui se fait chez les terroristes.

Le recours aux médias s'explique par le fait que l'opinion publique ainsi que ses émotions et avis sont important pour les terroristes car cela représente une arme de persuasion pour eux [27]. L'auteur démontre qu'il y a trois phases par lesquelles les terroristes passent dans leurs relations avec les médias. Tout d'abord, il y a une indifférence, ensuite les terroristes mettent en place des stratégies médiatiques et pour finir il y a une phase de rupture accompagnée de menaces car les médias sont associés à nouveau au système qu'ils sont en train de combattre. Il s'agit là d'une réelle utilisation stratégique des médias de la part du terroriste dans le but d'accéder à l'objectif numéro un qui est d'atteindre l'opinion publique.

Principe essentiel du journalisme, cette recherche de la vérité est impérative dans le contexte d'attaques terroristes. Dans les premiers moments, la confusion et l'approximation sont souvent la règle. Il s'agit dès lors de scrupuleusement établir les faits, d'éviter le « journalisme du flou » [28]. La technique de la vérification et du décodage des faits, est indispensable. La recherche de la vérité implique également le droit et le devoir d'expliquer, même si cette démarche est parfois perçue ou dénoncée comme une justification des actes terroristes. Oser décoder les « raisons de la déraison », l'origine des actions terroristes, les revendications, est pourtant essentiel.

La brutalité d'une action violente ne peut servir de prétexte au refus d'en analyser les causes. Intégrer la complexité, refuser ce déni de la réalité que symbolise l'affirmation qu'« il n'y a rien à comprendre » au prétexte que les terroristes seraient des « barbares point barre », constitue un devoir fondamental du journalisme, comme le rappellent les règles essentielles de l'éthique: la recherche de la vérité, en toute indépendance. Lorsqu'elle a enquêté sur les groupes terroristes au Mali en 2013, la journaliste du New York Times Rukmini Callimachi a ainsi fait face à de vives critiques: « Comment donnez-vous la parole à des gens pareils, comment osez-vous les voir autrement que comme les chiens dégoûtants qu'ils sont ? », lui a-t-on dit. « En fait, mes reportages ne nient pas qu'ils commettent des crimes contre l'humanité, a-t-elle rétorqué, mais notre métier de journaliste est de comprendre et d'apporter du gris là où il n'y a que du blanc et du noir. Parce qu'il y a toujours du gris » [29].

Dans sa conclusion Evelyne Josse [30] se pose la question de savoir comment répondre au besoin impérieux d'information manifesté par l'opinion publique sans jouer le jeu des terroristes en offrant à leurs actions une publicité internationale ? Les médias face au terrorisme et aux populations affectées, n'est-ce pas une équation impossible ?

4.3 EST-IL NECESSAIRE D'INFORMER SUR LES ACTIONS TERRORISTES

Une information de qualité est indispensable pour une population. Après une action terroriste, celle-ci est essentielle pour reconstruire un univers sécurisant et maîtrisable. Une information bien donnée peut réduire l'état de stress et la détresse des populations affectées. Toutefois, le caractère exceptionnel et dramatique des actes à caractère terroriste entraîne toujours une diffusion d'informations en continu.

Les grilles de programmes sont bouleversées pour informer en temps réel des événements et de leurs conséquences. Les actualités se succèdent rapidement. A la radio, à la télévision ou dans la presse écrite, les éditions spéciales s'enchaînent. Or, malgré cette nécessité de l'information, les pièges sont nombreux pour les médias: tension générée par l'urgence, difficulté à valider des informations en évolution constante, danger de relayer des rumeurs, diffusion de renseignements pouvant mettre des personnes en péril, dramatisation excessive, surenchère d'images-choc, course à l'audience.

Avec les progrès technologiques et de communication, le journaliste découvre bien souvent les images en même temps que les téléspectateurs et n'en sait pas plus qu'eux sur la situation. La médiatisation n'offre alors ni recul, ni grille de lecture.

5 CONCLUSION

Cet article a pour objectif principal d'évaluer l'impact des médias dans l'action du terrorisme. En effet, la littérature montre actuellement quel rôle joue les médias dans la divulgation des informations concernant les actions terroristes (attentats) le rôle de cette étude est de démontrer l'impact que donne les maisons de presse à la perception des événements criminels du terrorisme.

Comme nous l'avons déjà dit dans cette étude, les terroristes fournissent les images les médias fournissent l'impact. Cette phrase explique tout. En assurant aux attentats un retentissement dont le compte rendu de presse excède le simple procès-verbal de la réalité, les médias exercent ainsi une action psychologique sur l'opinion publique dans le sens d'une désorganisation qui affecte aussi bien les comportements que les jugements, bouleverse le système des valeurs et retentit même sur le lien social. Les médias apparaîtraient ainsi comme des caisses de résonances de l'amplification des actions terroristes.

Dans leur obsession de chercher à donner l'information à tout prix, en cherchant à avoir l'exclusivité, les médias tombent dans le piège du terrorisme qui est celui de donner l'impact à ses actions. Il y a parfois des actions terroristes qui n'ont pas beaucoup d'ampleur, mais par la façon dont les médias parfois non professionnelles diffusent cela, crée la terreur et la stupeur au sein des populations donnent ainsi l'impact à ces actes.

REFERENCES

- [1] MANNONI Pierre et BORNADI Christine, *Terrorisme et masse médias*, Paris, édition Topique, 2003. P.83.
- [2] COLOMBANI, Jean Marie., «Vivre avec le terrorisme», www.lemonde.fr, Juillet 2006.
- [3] GUILHAUDIS, Jean François « Terrorisme et relations internationales après le 11 septembre, la relation terroriste au cœur des relations internationales », in *Le Courrier international*, N°827, 2014. PP. 42-65.
- [4] FIDH, L'anti-terrorisme à l'épreuve des droits de l'Homme: les clés de la compatibilité Violations des droits de l'Homme en Afrique subsaharienne au motif de la lutte contre le terrorisme: une situation à hauts risques, Novembre, N°483 2007.
- [5] Ibidem.
- [6] PETIT ROBERT, Dictionnaire de la langue française, Paris 1990.
- [7] PARADI, Jean Luc, *La politique, la science de l'action*, *Encyclopédie*, Paris, éditions Hachette, 1971. P.466.
- [8] NDABEREYE NZITA, Le concept de guerre et de paix en Relations Internationales. Toile de fond à l'étude des grands problèmes politiques internationaux contemporains, Lubumbashi, LABOSSA, 2012. P.13.
- [9] CHALIAND, Gérard. et BLIN, Arnaud., *Histoire du terrorisme de l'Antiquité à Daech*, Paris, Fayard, 2015. P.43.
- [10] CHALIAND, Gérard. et BLIN, Arnaud., *Histoire du terrorisme de l'Antiquité à Daech*, Paris, Fayard, 2015. P.43.
- [11] TSHIBASU MPADA MADI Joseph, cours de droit pénal général 2eme Graduat Droit UNILU.
- [12] COHEN, R. Service de santé mentale en cas de catastrophe. Psychiatrie mondiale in *journal officiel de l'association psychiatrique mondiale*, 2002.
- [13] BESSER, A., et PRIEL, B. Personality vulnerability, low social support, and maladaptive cognitive emotion regulation under ongoing exposure to terrorist attacks. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 2010. P. 166-201.
- [14] Larousse.fr.
- [15] BALLE, Francis, *Les médias, Que sais-je ?* Paris PUF 3e éd., 2007. P.24.
- [16] RZEPSKI Grégory et REYMOND Mathias, *Tous les médias sont-ils de droite ?*, Paris, Syllepse, 2008. P.54.

- [17] BALLE, Francis *Médias & Sociétés*, Paris, Montchrestien 14e éd., 2009, P.22.
- [18] KAJJA Kamal, « Al-Jazeera, phénomène ou leurre? », in *Revue Hérodote*, N° 2, 2009, P. 152-165.
- [19] BERNIER Marc François, « Médias, terrorisme et conflit: pratiques et stratégies », in *les cahiers du journalisme*, du Août 2017, P. 1-5.
- [20] BERNIER Marc François, « Médias, terrorisme et conflit: pratiques et stratégies », in *les cahiers du journalisme*, du Août 2017, P. 1-5.
- [21] MANNONI, Pierre et BONARDI, Christine, « Terrorisme et Mass Médias » in *Topique*, N°83, 2003. P. 55-72.
- [22] LANDIVAR, Diego e al, « Les attentats comme objets médiatiques instables », *Les Attentats Comme Objets Médiatiques Instables*, 2017. P. 19-30.
- [23] UNODOC: « Utilisation de l'Internet à des fins terroristes », New York, 2014, P. 1-179.
- [24] FERON, Elisé, « La représentation médiatique du phénomène terroriste: Quelques enseignements du cas nord-irlandais », in *Topique, esprit du temps*, N°83, 2003, P. 135-147.
- [25] ARON Raymond, *Paix et guerre entre les Nations*, Calmann-Lévy, Paris, 1962.
- [26] ARON Raymond, *Paix et guerre entre les Nations*, Calmann-Lévy, Paris, 1963.
- [27] JOSSE, Evelyne « Les médias face au terrorisme et aux populations affectées, l'impossible équation », www.resilience-psy.com, Novembre 2015.
- [28] FERON, Elisé, « La représentation médiatique du phénomène terroriste: Quelques enseignements du cas nord-irlandais », in *Topique, esprit du temps*, N°83, 2003, P. 135-147.
- [29] UNESCO: « Les médias face au terrorisme », in *Manuel pour les journalistes*, 2017. P. 1-116.
- [30] UNESCO: « Les médias face au terrorisme », in *Manuel pour les journalistes*, 2017. P. 1-116.
- [31] JOSSE, Evelyne, « Les médias face au terrorisme et aux populations affectées, l'impossible équation », www.resilience-psy.com, Novembre 2015.

Prévalence et issue des grossesses à haut risque à la maternité de Kintambo dans la ville de Kinshasa du 01-01-2017 au 31-12-2022

[Prevalence and outcome of high-risk pregnancies at the Kintambo maternity ward in the city of Kinshasa from 01-01-2017 to 12-31-2022]

B.N. Mukuna¹, A. Ndomba¹, D.K. Muamba¹, A.K. Muzingu², and K.K. Kena²

¹Filière Sciences Infirmières, Faculté des Sciences de la santé, Université Pédagogique Nationale Kinshasa Ngaliema, RD Congo

²Filière Sage-femme, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kisantu, province du Kongo Central, 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. High-risk pregnancies require quality obstetric care to reduce maternal, perinatal and neonatal morbidity and mortality rates. Evaluating their prevalence is necessary to strengthen treatment strategies. **Material and method.** Out of a total of 2371 pregnant women, 115 had a high-risk pregnancy at the Kintambo maternity ward in Kinshasa. The data collected in their files covers a period of six years. Their analyzes focus on sociodemographic characteristics, obstetric, medical and surgical histories as well as the outcomes of their pregnancies. **Results.** The prevalence of high-risk pregnancies is 4.85%. Several high-risk pregnancies resulted in cesarean deliveries 48.7%; abortions 47.0%; premature births 30.4%; stillbirths 15.7% and early neonatal deaths 6.1%. History such as late and multiple gestation, high multiparity (> 6), high blood pressure, third trimester hemorrhages, deliveries of low weight children and macrosomia are among other factors exacerbating the risk of pregnancy in these women giving birth. **Conclusion.** High-risk pregnancies represent significant prevalence in maternity wards in low-income countries, associated with various factors. Their outcomes are unfavorable and diverse.

KEYWORDS: Prevalence of high-risk pregnancies, High-risk pregnancy, Outcome of high-risk pregnancies.

RESUME: Introduction. Les grossesses à haut risque nécessitent des soins obstétricaux de qualité pour réduire les taux de morbidité et mortalité maternelle, périnatale et néonatale. L'évaluation de leur prévalence est nécessaire pour renforcer les stratégies de prise en charge. **Matériel et méthode.** Sur un total de 2371 gestantes, 115 avaient présenté une grossesse qualifiée à haut risque à la maternité de Kintambo à Kinshasa. Les données récoltées dans les dossiers de ces dernières couvrent une période de six ans. Leurs analyses portent sur les caractéristiques sociodémographiques, les antécédents obstétricaux, médicaux, chirurgicaux ainsi que les issues de leurs grossesses. **Résultats.** La prévalence des grossesses à haut risque est de 4,85 %. Plusieurs grossesses à haut risque ce sont soldées par les césarienne 48,7 %; les avortements 47,0 %; les accouchements prématurés 30,4 %; les morti-naissances 15,7 % et les décès néonataux précoces 6,1 %. Les antécédents tels que gestité tardive et multiple, grande multiparité (> 6), l'hypertension artérielle, les hémorragies du troisième trimestre, les accouchements des enfants de faible poids et des macrosomies sont entre autres facteurs exacerbant le risque de la grossesse chez ces accouchées. **Conclusion.** Les grossesses à haut risque représentent dans les maternités des pays à faibles revenus des prévalences non négligeables, associées aux divers facteurs. Leurs issues sont défavorables et diversifiées.

MOTS-CLÉS: Prévalence des grossesses à risque, Grossesse à haut risque, Issue des grossesses à haut risque.

1 INTRODUCTION

La grossesse est un état normal, physiologique et sain auquel aspirent la plupart des femmes à un certain moment de leur vie. Ce processus normal et donneur de vie comporte cependant, des sérieux risques de morbidité et de mortalité maternelle et néonatale. Lorsque la grossesse est associée à certaines caractéristiques sociodémographiques, aux antécédents médicaux et obstétricaux défavorables, elle est qualifiée de haut risque.

Une grossesse à haut risque est celle qui entraîne un risque élevé, soit pour la mère, soit pour le fœtus; vital ou non pouvant se manifester pendant la grossesse ou au cours de l'accouchement. Les causes des grossesses à haut risque sont nombreuses et variées : la primiparité avant 20 ans soit après 35 ans, la grande multiparité (> 6), les femmes aux bassins étroits ou vicieux, les femmes atteintes de diabète, d'anémie, de toxémie gravidique, de cardiopathie, de néphropathie etc [1]. Cette grossesse se caractérise par la présence de facteurs médicaux, obstétricaux ou socio-économiques qui peuvent avoir un impact négatif sur la santé et le bien-être de la mère et/ou du fœtus. Ces facteurs nécessitent une surveillance, des soins et une attention particulière tout au long du processus de grossesse et d'accouchement.

L'arrivée au monde d'un bébé représente un événement majeur au sein d'une famille. La future mère, va vivre une aventure fabuleuse. Toutefois, la grossesse pourrait être vécue en tant qu'épreuve difficile pour la femme enceinte suite à de nombreuses complications qui pourraient avoir lieu, constituant ainsi un risque de maladies pour la femme et son enfant [2].

Il est établi qu'environ 40 % des femmes enceintes sont confrontées à des problèmes de santé attribuables à la grossesse et que 15 % de toutes les femmes enceintes souffraient de complications à long terme ou qui mettent leur vie en danger [3].

Certains risques peuvent être réduits, voir supprimés, grâce à une prise en charge multidisciplinaire adéquate dont bénéficient les femmes enceintes au niveau des institutions sanitaires spécialisées [4]. En dépit de toutes les initiatives prises pour une maternité à moindre risque, les taux de morbidité et de mortalité maternelle et fœtale restent encore élevés principalement dans les pays à faibles revenus.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), estime que chaque année dans le monde, au moins un demi-million de femmes meurent suite aux complications obstétricales. La même source affirme que plus de 30 % de décès se produisent en Afrique et 70 % en Amérique Latine. Par contre dans les pays développés, on dénombre à peine 6 000 décès par an [5]. De toutes les statistiques réalisées par l'OMS celle de la mortalité maternelle offre les écarts les plus importants entre les pays développés et en voie de développement.

C'est aux cours de la Consultation prénatale (CPN) qu'on découvre les grossesses à haut risque. Une bonne CPN protège la vie et la santé de la mère et de son enfant. La diminution de la mortalité maternelle et infantile améliore la santé des mères et leurs enfants à naître grâce à la surveillance de la grossesse et de l'accouchement ou dépistage des maladies à l'éducation permanente de gestante. La CPN vise à éduquer la future mère et permet à la femme d'aborder l'accouchement dans des bonnes conditions possibles. Elle assure d'autre part la surveillance médicale et obstétricale et compte donc divers examens. Ainsi, une mauvaise consultation prénatale ou un mauvais dépistage d'une grossesse à haut risque augmente le taux de morbidité et de mortalité chez la mère et chez l'enfant [6].

C'est pourquoi, les urgences obstétricales seraient responsables de 30 à 98 % de la mortalité maternelle globale avec comme chef de fil les hémorragies. Il a été démontré que 69 % de ces décès sont évitables grâce aux mesures d'anesthésie et de réanimation [7]. De même, 40 % des femmes enceintes connaissent des problèmes de santé imputables à la grossesse et 15 % de toutes les femmes enceintes souffrent de complications obstétricales permanentes ou qui mettent leur vie en danger [8].

En République Démocratique du Congo (RDC), les statistiques de la dernière enquête démographique et de santé (EDS) 2014 indiquent un taux élevé de natalité avec un indice synthétique de fécondité d'au moins six (6) enfants pour une femme durant sa vie féconde. Les naissances précoces représentent 18 % et tardives 20 à 25 %. Le taux de mortalité maternelle est supérieur à 1000 pour 100.000 naissances vivantes [9]. Ces indicateurs sanitaires au tableau sombre ont entre autres cause la mauvaise gestion des grossesses à haut risque dont leurs issues sont dans la majeure partie fatales. Dans le même ordre d'idée, le rapport de l'UNFPA (2022), en RDC stipule qu'au moins 4 femmes meurent chaque heure de suite des complications d'une grossesse de l'accouchement, 23 nouveaux nés meurent par jour suite à des complications de la naissance. La majorité de ces décès maternels peut être évité si certaines conditions sont réunies [10]. La maternité de Kintambo est l'une des grandes formations sanitaires de la ville de Kinshasa qui offre les soins obstétricaux à une grande population de la zone Ouest. Ce pendant la prise en charge des grossesses à haut risque n'est pas exceptionnel pour réduire les risques de morbi-mortalité maternelle et néonatale.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 MILIEU ET TYPE D'ÉTUDE

Située dans la commune de Kintambo précisément dans la partie Ouest de la ville de Kinshasa, la maternité est bornée au Nord par l'avenue de l'OUA et l'hôpital de Kintambo, au Sud par l'avenue Bangala, à l'Est par le couvent des sœurs Franciscaines et à l'Ouest par l'avenue Basoko. Elle a une superficie totale de 12.000m² dont 1242m² de superficie bâtie. La présente étude est rétrospective transversale organisée à la période du 01 / 01 / 2017 au 31 / 12 / 2022.

2.2 PARTICIPANTS

La population d'étude, est l'ensemble des parturientes, qui ont consulté ladite maternité pour la grossesse et/ou l'accouchement à la période d'étude ci-haut indiquée. Cette population est de 2371 femmes. L'échantillonnage était non probabiliste exhaustif avec un échantillon de 115 grossesses à haut risque. Les informations sont obtenues par enquête documentaire soutenue par la technique de dépouillement des dossiers et registres des enquêtées.

2.3 PROCÉDURE

Après avoir achevé l'enquête, les données brutes ont été saisies dans le logiciel SPSS 20 où elles ont été épurées, validées et codifiées avant d'être analysées. L'analyse a consisté à : décrire les caractéristiques sociodémographiques; calculer la prévalence des grossesses à haut risque; déterminer la proportion des pathologies qui influencent les grossesses à haut risque et déterminer les différentes issues de ces grossesses.

2.4 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Nous avons fait preuve aux autorités de ladite maternité de notre capacité de discrétion et de confidentialité lors de la manipulation des dossiers. Les informations sont exploitées uniquement pour de fin de recherche scientifique. L'identité de l'enquêtée était codifiée afin de préserver l'anonymat de toute information.

2.5 CONFLIT D'INTÉRÊT

Nous attestons qu'aucun conflit d'intérêt n'a été signalé. Toutes les personnes ci-haut identifiées comme co-auteurs ont participé à la rédaction de cet article.

3 RÉSULTATS

Les résultats du présent article sont présentés en quatre temps différents : la prévalence des grossesses à haut risque; les caractéristiques sociodémographiques; les antécédents obstétricaux, médicaux et chirurgicaux; enfin l'issue des grossesses à haut risque.

3.1 PREVALENCE DES GROSSESSES À HAUT RISQUE

Un total de 2371 gestantes avait consulté à la maternité de Kintambo. Parmi elles, 115 étaient déclarées à haut risque soit une prévalence cumulée de $4,85\% \pm 5$ grossesses sur 10 qui consultent dans cette maternité sont à haut risque.

3.2 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES ACCOUCHEES

Les résultats relatifs aux caractéristiques sociodémographiques des accouchées révèlent que l'âge médian était de 29 ans (14 – 44 ans). Du point de vue femmes à haut risque à 34,8 % elles avaient plus de 35 ans et 8,7 % étaient des adolescentes. La majorité habite au centre-ville soit 94,8 %; les célibataires représentent 21,7 %; les analphabètes et celles du niveau primaires 4,3 %. Ci-dessous le tableau I sur ces caractéristiques:

Tableau 1. Répartition des enquêtées selon leurs caractéristiques sociodémographiques

Tranches d'âge	Effectif n = 115	%
14 – 19	10	8,7
20 – 34	65	56,5
35 et plus (44 ans)	40	34,8
Milieu de provenance		
Urbain	109	94,8
Semi-urbain	6	5,6
Etat civil des enquêtées		
Célibataire	25	21,7
Marié	90	78,2
Niveau d'étude		
Non alphabétisé	2	1,7
Primaire	3	2,6
Secondaire	50	43,5
Supérieur et universitaire	60	52,2

3.3 ANTÉCÉDENTS OBSTÉTRICAUX DES ACCOUCHEES

En ce qui concerne les antécédents obstétricaux à risque, six (6) antécédents étaient retenus dans l'ordre décroissant: grossesses tardives (après 35 ans) 25,2 %; grossesses multiples (> 6) 21,7 %; auteur utérine diminuée 17,4 %; grande multiparité (> 6) 16,5 %; utérus excessif 13,9 % et antécédents de grossesses gémellaires 5,2 %. Ci-dessous le tableau II relatif aux antécédents obstétricaux à risque:

Tableau 2. Données en rapport avec les antécédents obstétricaux à risque

	Effectif n = 115	%
Parité de l'enquêtée supérieure à 6		
Oui	19	16,5
Non	96	83,5
Gestités tardives		
Oui	29	25,2
Non	86	74,8
ATCD des grossesses gémellaires		
Oui	6	5,2
Non	109	94,8
ATCD des grossesses multiples		
Oui	25	21,7
Non	90	78,3
Utérus excessif		
Oui	16	13,9
Non	99	86,1
Auteur Utérine diminuée		
Oui	20	17,4
Non	95	82,6

3.4 ANTECEDENTS MEDICAUX ET CHIRURGICAUX DES ACCOUCHEES

L'hypertension artérielle dans toutes ses formes constitue un facteur augmentant le risque de la de décès chez la gestante. Elle représente à elle seule 79,1 % des grossesses à haut risque dans la présente étude soit 37,4 % pour celles qui l'ont présenté à la grossesse actuelle; 25,2 % pour celles qui vivent avec; 16,5 % pour l'hypertension de la grossesse antérieure.

Bien que la césarienne soit une intervention pour sauver la vie de l'enfant et parfois celle de la mère, elle reste un facteur chirurgical à haut risque chez la femme pour les prochaines grossesses. L'étude fait état de 36,5 %.

Le diabète gestationnel a été identifié comme facteurs des grossesses à haut risque avec 14,8 % soit respectivement 8,7 % pour les grossesses actuelles et 6,1 % pour les grossesses antérieures. Les tableaux III indiquent les proportions et pourcentages sur les antécédents médicaux et chirurgicaux.

Tableau 3. Données en rapport avec les antécédents médicaux et chirurgicaux à risque

	Effectif n = 115	%
Hypertension présente		
Oui	29	25,2
Non	86	74,8
Hypertension de grossesse antérieure		
Oui	19	16,5
Non	96	83,5
Hypertension de grossesse actuelle		
Oui	43	37,4
Non	72	62,6
Diabète d'une grossesse antérieure		
Oui	7	6,1
Non	108	93,9
Diabète sur la grossesse actuelle		
Oui	10	8,7
Non	105	91,3
Utérus uni-cicatriciel (césarienne)		
Oui	42	36,5
Non	73	63,5

3.5 ANTECEDENTS SURVENANT AUTOUR DE LA NAISSANCE

En ce qui concerne certains antécédents survenant autour de la naissance et autres: les grossesses à haut risque sont constatées chez les gestantes anémiques 39,1 %; en cas des hémorragies du troisième trimestre 27,0 %; les naissances de faibles poids et macrosomies 20,0 %; le décès périnatal 13,0 %; rupture utérine 9,6 %; décès prénatal 5,6 % et décès néonatal 3,5 %. Nous lisons dans le tableau IV la description des antécédents autour de la naissance et autres qui favorisent les grossesses à haut risque.

Tableau 4. Données en rapport avec les antécédents autour de naissance et autres

	Effectif n = 115	%
ATCD de faibles poids de naissance		
Oui	23	20,0
Non	92	80,0
ATCD de macrosomie		
Oui	23	20,0
Non	92	80,0
ATCD de décès prénatal		
Oui	6	5,6
Non	109	94,8
ATCD de décès périnatal		
Oui	15	13,0
Non	100	87,0
ATCD de décès néonatal		
Oui	4	3,5
Non	111	96,5
Hémorragie du troisième trimestre		
Oui	31	27,0
Non	84	73,0
Rupture utérine		
Oui	11	9,6
Non	104	90,4
Anémie chez la mère		
Oui	45	39,1
Non	70	60,9

3.6 ISSUE DE LA GROSSESSE À HAUT RISQUE

Sur l'ensemble des grossesses à haut risque, les issues défavorables étaient diversifiées: les accouchements par césarienne 48,7 %; des avortements 47,0 %; les accouchements prématurés 30,4 %; les mort-nés 15,7 % et les décès néonataux 6,1 %. Ci-dessous le tableau récapitulatif sur les différentes issues des grossesses à haut risque.

Tableau 5. Données en rapport avec l'issue de la grossesse

	Effectif n = 115	%
Avortement		
Oui	54	47,0
Non	61	53,0
Mort-né		
Oui	18	15,7
Non	97	84,3
Accouchement prématuré		
Oui	35	30,4
Non	80	69,6
Accouchement par césarienne		
Oui	56	48,7
Non	59	51,3
ATCD de décès néonatal précoce		
Oui	7	6,1
Non	108	93,9
Accouchement normal à termes		
Oui	78	67,8
Non	37	32,2

4 DISCUSSION

Pour évaluer la prévalence des grossesses à haut et facteurs associés, la présente étude a porté sur les femmes enceintes qui ont consulté la maternité de Kintambo entre le 01/01/2017 et le 31/12/2022.

Il s'observe que sur un total de 2371 femmes 115 avaient présenté au moins un facteur de risque. La prévalence cumulée est de 4,85 %. Pourcentage inférieur à l'étude de Bouafia N. et al, en Tunisie qui avait rapporté 25,6 % [11]. Nous constatons que ce taux est faible comparativement à d'autres études à l'instar de celle de Bouafia et al.; celle d'Allexandrie (Egypte) en 1990 soit 27,7 % et celui du Cameroun entre 1982 et 1985 soit 21 % [12], la notion de risque étant définie selon les standards nationaux comme cela se rapporte à notre cas.

L'âge avancé (35 ans et plus) soit moins avancé (< 20 ans) de la femme aggrave le risque et complique le pronostic de l'accouchement. Ces groupes représentent 43,5 % de notre échantillon.

La littérature renseigne que le faible niveau d'instruction est associé à une fréquence plus élevée de grossesses à haut risque [13]. Enfin, près de 4,3 % des enquêtées sont analphabètes soit du niveau primaire. Données qui ne s'écartent pas des statistiques nationales de l'EDS-2014 sur l'instruction des femmes.

S'agissant des antécédents obstétricaux à risque, six (6) antécédents étaient retenus dans l'ordre décroissant : grossesses tardives (après 35 ans) 25,2 % pourcentage qui corrobore avec le constat de l'OMS de maternité tardive au-delà de 35 ans. L'âge maximal des enquêtées étant de 44 ans. Grossesses multiples (> 6) 21,7 % souvent considérées comme anomalie obstétricale ; Hauteur utérine diminuée 17,4 %; grande multiparité (> 6) 16,5 %; utérus excessif 13,9 % et antécédents de grossesses gémellaires 5,2 %. Cependant, la parité moyenne de cette étude est largement supérieure à celle trouvée par Bouafia ± 2 [11]. Elle est également supérieure au chiffre trouvé par Hergli à Monastir (2,4 et 1,3) [14].

Les antécédents médicaux sont principalement dominés par l'hypertension artérielle (HTA). L'étude révèle qu'elle représente à elle seule 79,1 % des grossesses à haut risque soit 37,4 % pour celles qui l'ont présenté à la grossesse actuelle ; 25,2 % pour celles qui vivent avec ; 16,5 % pour l'hypertension de la grossesse antérieure. L'HTA touche environ 10 % des femmes enceintes. Si elle n'est pas contrôlée, elle peut provoquer un décollement du placenta ou des troubles de la coagulation sanguine [15]. Les taux observés dans cette étude sont largement supérieurs à l'article de Sciencedirect qui a fait état 1 à 5 %; une hypertension artérielle gestationnelle sans protéinurie 5 à 6 %. L'éducation de la gestante lors de la CPN, le suivi régulier des habitudes alimentaires est entre autres moyens pour maintenir la tension artérielle de la gestante dans les limites normales. Nous admettons que le manque de soins obstétricaux de qualité est attribuable aux taux élevés d'HTA.

Quant au diabète comme antécédent de grossesses à haut risque, il existe une comorbidité diabète hypertension avec des risques à court et long terme sur la grossesse. Pour la mère, deux complications les plus fréquemment rencontrées dans le diabète gestationnel sont l'hypertension artérielle et la césarienne [16]. Le diabète gestationnel a été identifié comme facteurs des grossesses à haut risque dans cette étude avec 14,8 %. Pourcentage largement supérieur à trouver dans l'étude de Bory C, soit 7,30 % à 8 %.

Plusieurs autres antécédents ont été observés auprès des enquêtées ont aggravé les risques de la grossesse. Certaines gestantes étaient anémiques 39,1 %, ce qui confirme l'idée de l'OMS que 50 % des femmes enceintes sont anémiques durant de la grossesse [17]; les cas des hémorragies du troisième trimestre 27,0 %; cette fréquence est largement supérieure à celle trouvée par Camille Le Ray dans 2 à 5 % des grossesses [18]. Les naissances de faibles poids, situation associée à l'insuffisance alimentaire durant la période gestationnelle et, les macrosomies dont les causes sont idiopathiques repensent 20,0 %. Le décès périnatal 13,0 % inférieur à celui trouvé par Mukuna et al dans la province de Lomami en RD. Congo en 2018 soit 23,5 % [19]. Cette différence s'explique par la faite qu'en milieu urbain l'accessibilité aux soins obstétricaux est plus ou moins favorable qu'en milieu rural. Les ruptures utérines 9,6 % considérée comme indication d'une intervention obstétricale majeure [19], sans laquelle le risque de décès maternel et périnatal est certain. Le décès prénatal 5,6 % et décès néonatal 3,5 %, respectivement inférieurs aux taux trouvés par Mukuna et al., soit 21,6 % et 24,4 % [19].

Plusieurs grossesses à haut risque ce sont soldées de manières défavorables et diversifiées dans cette maternité. L'étude note: les accouchements par césarienne 48,7 %; des avortements 47,0 %; les accouchements prématurés 30,4 %; les mort-nés 15,7 % et les décès néonataux 6,1 %.

La césarienne est une intervention obstétricale majeure, largement reconnue comme moyen efficace de réduction de la mortalité maternelle et périnatale lorsque son utilisation est appropriée [20]. Dans les pays à faible revenus, cette technique est pratiquée pour des fins lucratives ; plusieurs césariennes sont pratiquées sur des indications obstétricales non absolues. Ce qui augmente le risque de décès maternel. Nos résultats sont supérieurs à ceux de Mongbo M, et al., en 2016 qui ont trouvé un taux de césarienne de 37,6 %. Le taux des avortements de la présente étude est supérieur à celui de Naomi Lince-Deroche et al., soit 56 pour 1000 naissances [21].

L'accouchement prématuré est une conséquence obstétricale qui alourdit la morbidité et la mortalité maternelle et périnatale. Nos résultats sont légèrement inférieurs à ceux de l'étude de Hadiza Moutari Soule et al en 2021 à Fès (Maroc) soit 31,80 % sur un total de 217 accouchements.

Les grossesses à haut risque nécessitent une attention particulière en pré et per partum. Les morti-naissances et les décès néonataux sont les manifestations d'une mauvaise prise en charge de la femme durant la grossesse et à l'accouchement. Les taux de morti-naissances (15,7 %) et décès néonataux (6,1) obtenus dans cette étude sont aussi importants à l'instar de ceux trouvés par Bintou à Wagadougou en 2008 soit 21 % et Mukuna et al à Lomami en RD. Congo en 2018 soit 24,4 %. Le milieu d'étude et la taille de l'échantillon influencent les tendances de ces taux.

5 CONCLUSION

Les grossesses à haut risque demeurent une préoccupation non négligeable dans les pays à faibles revenus. Leur prévalence est associée aux différents facteurs individuels, obstétricaux, médicaux et chirurgicaux qui augmentent ce risque. Et en conséquence leur issue en dépend aussi.

REFERENCES

- [1] Danion-Grillat. *Tétanos chez la femme enceinte*. 2008, Dakar. Loire.
- [2] OMS. La gestion des urgences des grossesses à haut risque 2020, Edition: UK and USA, P12-P22.
- [3] WENDY G. Facteurs de risque de prématurité spontanée avant 30 SA en Martinique 2020: étude cas témoins, *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*.
- [4] COULIBALY KL. La grande multiparité: excès de risque obstétrical ou néonatal. Waga., 2009, Edition: ISBN.
- [5] OMS. La nature des soins infirmiers en gynéco-obstétrique. 2018 Paris, Édition.
- [6] DAOULATIAN. Définitions et conséquences des hypertension artérielles de la grossesse, 2020, Paris: Edition: FDAR.
- [7] MARGAUX. Accouchement prématuré. Genève 2014. Edition: Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction.
- [8] LEMONNIER. Diabète gestationnel en France en 2012: dépistage, prévalence et modalités de prise en charge pendant la grossesse, *Bull Epidémiol Hebd*.
- [9] Minisanté et Miniplan. Enquete Démographique et de Santé en RD. Congo, 2014 Minisanté.
- [10] Cohen-Solal (2003), Les urgences obstétricales du milieu rural dans la région de Bamako. Edition: THESE MEDO.
- [11] Bouafia N., Mahjoub M., Nouira A., Ben Aissa, Saidi H., Guedana N., et Njah M. *Profil épidémiologique des grossesses à risque à Sassou (Tunisie) 2023*; OMS, consulté le 17/12/2023 à 8h.
- [12] Leke RJN Nasah BT, Mtango FD. Introduction of high risk pregnancy care in rural Cameroon: health service research approach. *Journal of Obstetrics and Gynaecology of Eastern and central Africa*, 1988; 7 (7): 7-10.
- [13] Semana E. Grossesse à haut risque: *Dépistage et prévention (High risk pregnancy: isolation and prevention)*. Imbonezamuryango, 1987? (8): 21-26.
- [14] Hergli W. La référence en obstétrique dans la région sanitaire de Monastir: enquête à propos de 521 cas (thèse de médecine) faculté de médecine de Monastir 2000.
- [15] Sciencedirect. Grossesse et hypertension artérielle, in *La Presse Médicale*, Vol 45, Issues 7-8; July-August 2016, p 618-621; <https://www.vidal.fr>; consulté le 17/12/2023 à 10h.
- [16] Bory Charlotte. Grossesse et diabète: connaissances actuelles et nouvelles recommandations, thèse pour le diplôme d'Etat de docteur en pharmacie université de limoges 2011, <https://aurore.unilim.fr>, consulté le 17.12; 2023 à 10h.

- [17] Tadi. *Anémie et grossesse, d'EHU d'Oran*, <https://facmed-univ-oran.dz>. Consulté le 18/12/2023 à 7h.
- [18] Camille Le Ray. Hémorragies du troisième trimestre: étiologies et prise en charge obstétricale, 2018 <https://sofia.medicalistes.fr> consulté le 18/12/2023 à 7h.
- [19] Mukuna NB, Okenge NL, Sepou A. et al., Facteurs associés au risque de mortalité périnatale dans la province de Lomami en RD. Congo. *In Journal of Innovation and Applied Studies*; Rabat. Vol 23, n°4 Jul 2018; 434-440.
- [20] Mongbo M, Ouendo EM, De Brouwere V, Alexandre S, et al., *La césarienne de qualité: étude transversale dans 12 hopitaux au Bénin*. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2016>, consulté le 18/12/2023 à 8h.
- [21] Naomi Lince-Deroche, Kayembe Patrick, Nakeisha Blandes et al., *Grossesses non planifiées et avortements à Kinshasa (République Démocratique du Congo) Défis et progrès*; Université de Kinshasa, Département des Sciences de la population et du Développement, Ecole de santé publique <https://www.guttmacher.org> consulté le 18/12/2023 à 8h.
- [22] Hadiza Moutari Soule et al. Epidémiologie, prise en charge et pronostic de la menace d'accouchement prématuré au service de gynéco-obstétrique II du CHU Hassan II de Fès (Maroc): une étude restrospective de 217 cas. *PAMJ Clinical Medecine*. 2021; 5 (10). 10.11604/pamj-cm.2021.5.10.25414;
Online at: <https://www.clinical-medecine.panafrican-med-journal.com//content/article/5/10/full>; consulté le 18/12/2023 à 8h.

Physical, Mechanical, and Durability Properties of Compressed Earth Blocks Filled by Juncus Plant Fibers

Reda Sadouri¹ and Farah Chantit²

¹LRDDS, Department of Applied Physics, Faculty of Sciences and Technics, Cadi Ayyad University, Marrakesh 40000, Morocco

²University of Cady Ayyad (UCA), Civil Engineering Department, Marrakech, 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: This paper studies the influence of incorporating Juncus fibers into compressed earth blocks (CEBs). CEB composites were manufactured with earth filled by Juncus fibers reinforcement (0 to 0.8% by weight), and compressed at 10 MPa with a compaction loading press. After 28 days of drying, the CEBs underwent diverse experimental tests to evaluate their physical, mechanical, and durability properties. The findings indicated that incorporating fibers led to a diminution in unit weight, ultrasonic pulse velocity, and dry compressive strength. Despite the drop in mechanical strength, CEBs with higher fiber content (0.4%) demonstrated satisfactory abrasion resistance, which could play a crucial role in areas prone to extreme weather events. According to this experimental investigation, this material has the potential as a promising composite for building materials and reduces the need for chemical stabilizers, which is considered a major contributor to greenhouse gas emissions in the construction industry. The results have implications for affordable housing solutions and offer insightful information about sustainable building materials.

KEYWORDS: compressed earth blocks, Juncus fiber, ultrasonic velocity, compressive strength, abrasion resistance.

1 INTRODUCTION

In recent years, the construction industry has been marked by a general awareness to limit the negative environmental impacts caused by building materials. In this context, the construction industry must adapt its practices to provide innovative materials that meet the new requirements of users and legislation in terms of environmental and health impact, as well as comfort [1]. Building materials reinforced with plant fibers are currently of great interest in this context due to weight gain combined with recommended thermal and mechanical properties.

Plant fibers have significant advantages over synthetic fibers (steel, polymer, and glass fibers) due to their ability to replace them, including reduced reliance on non-renewable energy-material resources, lower pollutant emissions, lower greenhouse gas emissions, enhanced energy recovery, biodegradable behavior, and very interesting specific mechanical properties [2]. However, due to their high absorption capacity, several plant fibers are interesting in terms of sustainable development and are likely to bring additional benefits, such as cracking limitation and material shrinkage reduction [3].

Some studies on materials based on plant fibers have been previously published [4], [5], [6], [7], [8]. Galan-Marín et al. used plant fibers to stabilize soil [9]. Taallah et al. [10] developed date palm fiber-reinforced compressed earth block composite materials. However, while the use of agro-sourced materials is increasing, manufacturing remains largely artisanal. The transition to an industrial and technological phase necessitates process optimization and control (composition, wetting, drying process, mechanical resistances, etc.) [11].

Despite the benefits of plant fiber reinforced composite materials, some degradation issues may arise. These issues were attributed to a combination of fiber weakening caused by alkali attack, fiber mineralization caused by hydration product migration to lumens, and volume variation caused by their high sensitivity to water absorption [6], [12]. Furthermore, the

hydrophilic nature of plant materials and their high capacity for water absorption cause a reduction in physical, mechanical, and thermal properties, as well as rotting due to fungi attack. The performance of composites made from plant materials is determined by the matrix, fibers, and interfacial bonding. In composite materials, the adhesion between the reinforcing fibers and the matrix is a limiting factor that affects their mechanical and physical properties.

Several approaches to mitigating these chemical interactions between plant materials and cement hydration have been investigated in previous studies. Gram [13], Ziraba et al. [14], and Canovas et al. [15] investigated the effect of fiber coating and impregnation using blocking and repelling agents (such as epoxy and asphalt). The findings demonstrated some degree of chemical incompatibility reduction. To avoid chemical incompatibility issues, several studies have highlighted the beneficial effect of cement binder partial or total replacement with natural clay [6], [10], [16].

To the best of our knowledge, there are no published works that use *Juncus acutus* fibers as a reinforcement element to improve certain properties of conventional building materials. As a result, the purpose of this research is to determine the viability of an innovative material made of soil filled by fibers extracted from *Juncus acutus* (known as Smar in Morocco). The resulting innovative materials are compatible with a context of sustainable development in order to develop renewable natural resources and reduce building material energy consumption.

The purpose of this study was to investigate the potential to use of *Juncus acutus* fibers as reinforcement additives in soil mix in order to provide an alternative solution to an environmental problem. *Juncus acutus* fibers were used as a partial replacement for soil in the mix at various weight levels, including 0% (reference specimen), 0.2%, 0.4%, 0.6%, and 0.8% by weight. The purpose of the experimental-test program was to investigate the properties of hardened samples, such as unit weight, ultrasonic pulse velocity, dry compressive strength, and dry abrasion test.

2 MATERIALS AND EXPERIMENTAL TESTING

2.1 MATERIALS

2.1.1 SOIL

The soil used in this study (Fig. 1) was collected in the Ait ourir region. This soil was chosen because of its availability and abundance and also for its use by local population to manufacture of high-quality earthen buildings materials. This soil's particle size distribution was determined using two techniques: grain size analysis for the coarser fraction greater than 80 μ m and sedimentary tests for the fine fraction in accordance with NF P94-056 [17] and NM 00-8-083 (2015), respectively.

The plastic limit (WL), plasticity index (PI), and liquid limit (WL) were determined using the Atteberg limit test according to [18]. Its methylene blue value was calculated using NF EN 933-9 [19].



Fig. 1. The soil used in this work

The geotechnical properties of the soil used in this study are shown in Table 1. The soil was constituted of 15% clay, 35% silt, 33.7% sand and 16.3% gravel. The Atterberg limit test indicated that this soil had a liquid limit WL = 30%, plastic limit WP=20% and a plasticity index PI = 10%, which agreed within the recommended zone limit by the French Standards XP P 13-

901 [41]. It had an absolute density of 2300 Kg/m^3 and bulk density 1250 Kg/m^3 and a blue methylene value MBV (g/100g) = 1.35. Therefore, the soil is in good line with the XP P 13-901 standard for the preparation of compressed earth blocks [41].

Table 1. Geotechnical characteristics of soil

Grain Size Distribution	Atterberg Limits	Methylene Blue Value	Absolute Density
Clay < $2 \mu\text{m}$: 15%	Liquid limit, WL = 30%	MBV (g/100 g) = 1.35	2300 Kg/m^3
Silt ($2\text{--}63 \mu\text{m}$): 35%	Plastic limit, WP = 20%		
Sand ($0.063\text{--}2 \text{ mm}$): 33.70%	Plasticity Index, PI = 10%		
Gravel (>2): 16.30%			

2.1.2 JUNCUS FIBERS

In this study, Juncus fibers were used. Raw fibers (Fig 2.) were collected from Ourika region located Marrakech Province in Morocco. Before their use in the composite, juncus fibers were washed with water to remove the presence of any impurities. Then, fibers are cut into small pieces with a length ranging between 2 cm and 5 cm. According to Naili et al [21], juncus plant fibers are mainly composed of cellulose (40%), hemicellulose (21%) and lignin 29. Table 2. Summarizes the mechanical properties of juncus plant fiber [22].



Fig. 2. The juncus plant used in this work.

Table 2. Mechanical properties of juncus plant fiber

Fiber	D (μm)	Density(g.cm^{-3})	σ (MPa)	E (GPa)	ϵ (%)	Ref
Juncus	280 ± 56	1.139	113 ± 36	4.38 ± 1.37	2.75 ± 0.6	[22]

2.2 SAMPLE PREPARATION

Different compositions of earth blocks samples were produced with different contents of fibers, as shown in Table 3. The preparation of specimens consisted of first mixing dry soil and fibers using a concrete mixer for 5 min until a homogeneous color of mixture was obtained, then water was added to the mixture that was continuously being mixed for 5 min. The optimum water content was determined by the proctor test [23]. Afterward, the mixture was placed into steel molds dimension ($295 \text{ mm} \times 145 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$) and then, compacted with static loading pressure of 10 MPa. After demolding, the drying of the samples took place in normal laboratory conditions at $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ with a relative humidity of 98% for approximately 28 days until constant weight, the main steps for the production of the CEBs are indicated in Figure 3. And the curing conditions to avoid unwanted waiting are shown in Figure 4, in which the blocks were cured at $105 \text{ }^\circ\text{C}$ for 24 h before testing.



Fig. 3. main steps in the production process of CEBs, including 1. the filling of the mold 2. the block after compacting stress, and 3. Produced CEBs



Fig. 4. Cured CEB samples in the oven

Table 3. The proportion of mixtures of CEB

	Composition for (Different Fiber Contents)
Soil in relation to the dry soil (%)	100
Fibers in relation to the dry soil (%)	0
	0.20
	0.40
	0.60
	0.80
Water in relation to the dry soil	13.50

2.3 EXPERIMENTAL TESTING

The physical properties of the CEB samples containing different contents of Juncus fibers, including the dry unit weight, as concluded by means of dimensional measurements and weighing after 28 days of curing, were established as shown in figure 5.



Fig. 5. Weight measurement of block

2.3.1 ULTRASONIC TESTING

The ultrasonic pulse velocity (UPV) was evaluated on samples as specified in Standard NF P 18–418 [24]. This non-destructive test is based on the propagation of ultrasonic waves in the tested material. Thus, the time transmission was measured using a UPV tester (Figure 6). The velocity of the pulse through the specimen was evaluated using Equation (1):

$$V = \frac{d}{t} \quad (1)$$

Where V (m/s) is the velocity of the ultrasonic pulse, d (m) is the path length of the sample, and t (s) is the traverse time of the pulse.



Fig. 6. Ultrasonic pulse velocity tester

2.3.2 COMPRESSIVE STRENGTH TEST

Three specimens from each produced mixture of CEB were tested for compressive strength. In this test, the compressive strength of blocks is measured. It requires applying a compressive force to a hardened block until rupture occurs. It was carried out with a maximum load capacity of 3000 KN, a Hydraulic IGM—France machine was used to record the highest load supported by the sample during the test (Fig. 7). A constant pressure rate of 0.15 MPa/s was applied to the load. Following that, every block's compressive strength was determined using Equation (2):

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S} \quad (2)$$

Where σ_c (MPa), F_c (N), and S (mm²) are the compressive strength, the maximum failure force and the contact surface between the block sample and plates used in the test, respectively.



Fig. 7. Compressive strength test

2.3.3 DRY ABRASION TEST

The dry abrasion resistance test was performed on the specimens. It was carried out according to the AFNOR, XP P13-901 [41] made for CEBs, by measuring the removed quantity of material from the blocks after 60 back and forth brush sweeps using a steel brush. During the test, the steel brush (Fig. 8) was used to brush the block surface (roundtrips) once every second for 1 min without exerting any additional vertical force on the brush. Brushing was performed along the entire length of the block, and at least half of the brush surface remained in permanent contact with the surface of the block during the entire test to avoid a cantilever that would put too much stress on the edges of the block. At the end of the brushing, the block was cleaned of the elements that had become detached. A coefficient of abrasion in cm^2/g assessment was based on Equation (3):

$$Ca = \frac{S}{m_0 - m_1} \quad (3)$$

where m_0 is the mass before brushing, m_1 (g) is the mass after brushing (g), and S is the brushed surface (cm^2).

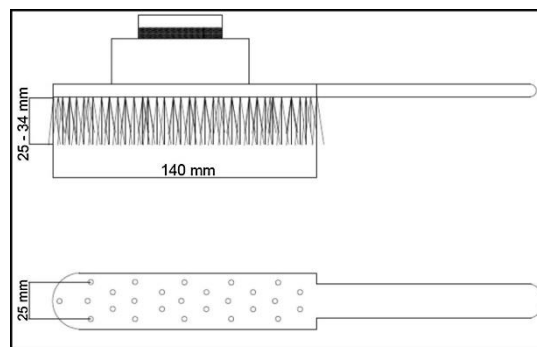


Fig. 8. Steel brush for dry abrasion test

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 APPARENT DENSITY

The density, defined as mass per unit volume ($\rho = m/V$), is a fundamental property of building materials that governs their structural performance, thermal behavior, and acoustic characteristics and their suitability for building applications. In this work, the apparent density of the blocks was evaluated.

The figure 9 shows the evolution of bulk density as a function of Juncus plant fiber. It can be clearly seen from the results that the bulk density decreased as the fiber incorporated into the mixture. As expected, it was noticed that value of density decreased as the content of fibers increased. Consequently, this behavior could be related to the low density of juncus fibers, which induce a decrease in the compressed earth block bulk density. Moreover, it was seen that the value of bulk density dropped from 1724 Kg/m^3 (0% fibers) to 1525 Kg/m^3 (0.8% fibers). It is also interesting to note that increasing the juncus fiber level from 0.2% to 0.8% caused decrease from 3.53% to 11.54% on the value of bulk density compared to earth block without fiber. It should also mentioned that these values these findings are in good agreement with those previously reported in the

literature [25], [26]. Where several researcher studies highlighted that the addition of vegetal fibers into earth blocks lead to reduce the bulk density.

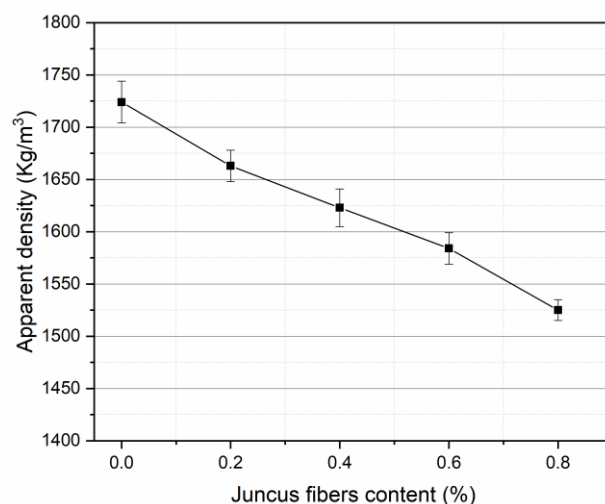


Fig. 9. Apparent density of CEB samples at different fiber replacement levels

3.2 ULTRASONIC PULSE VELOCITY

The ultrasonic pulse velocity (UPV) test was conducted to assess the porosity of the CEB and its capacity to absorb sound. The figure 10 depicts the effect of juncus fibers on the ultrasonic pulse velocity of compressed earth blocks. As it can be clearly observed from the graph that the values of UPV were influenced by the presence of juncus plant fibers. Moreover, from the results it can be seen that the increase of fiber content caused decrease on the value of UPV of the CEB samples. the values of UPV varied from 1500 m/s for 0% fiber to 1099 m/s per 0.8% fiber. Furthermore, the block sample incorporating 0.8% of fiber presented the lowest value of UPV of all compressed earth blocks, this value diminished by approximately 26.73% compared to earth composite without fibers. In addition, this decrease might be certainly explained by the lowest UPV wave when it confronts the air-filled pores as results from the integration of plant fibers. In this regard, it should be noted that sound insulation coefficient of earth-concrete is lower than that of vegetal fibers. These finding are in good line with earlier work published in the literature [6], [21], [27], [28]. These earlier works demonstrated that construction material composites including vegetable fibers have good sound absorption characteristics.

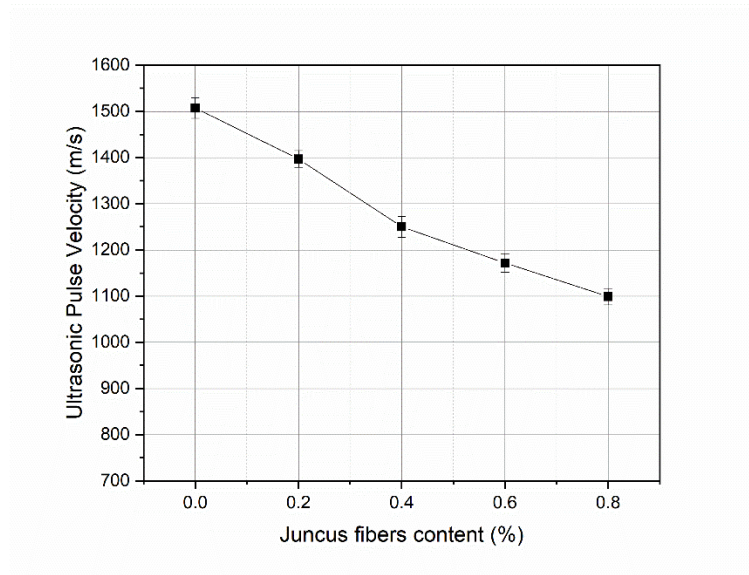


Fig. 10. Ultrasonic pulse velocity as a function of fiber content

3.3 COMPRESSIVE STRENGTH

In this study, the compressive strength of compressed earth blocks filled with Juncus fibers after 28 days of curing in a laboratory condition was studied dry state. This is because the compressive strength of earth bricks is considered to be an important indicator of masonry strength. The following sections summarize the obtained results of compressive strength tests performed on the block in dry conditions.

Figure 11 shows the variation of dry compressive strength (DCS) of earth block filled by juncus fibers. From the graph, it can be observed that dry compressive strength of block without fibers was higher than that of all the specimens. Moreover, DCS ranged from 3.55 MPa to 5.16 MPa. It was concluded that when Juncus fiber level increased from 0% to 0.8%, the compressive strength of earth blocks went down. This finding was also highlighted earlier by authors who investigated the influence of that date palm fibers on the compressive strength of compressed earth blocks [10]. In this context other studies reported that when fiber content of the sample increased the area of bonding between the matrix and the fiber become larger, which results in a decrease of the strength value of block [29], [30], [31]. Furthermore, the drop of compressive strength of blocks may be related to the incorporation of juncus plant fibers, which have low stiffness and compressive strength compared to the earth matrix. Finally, it was found that compared to the block sample without fibers increasing juncus plant fiber content from 0.2% to 0.8% engendered the value of dry compressive strength to decrease from 13.17% to 31.20%. Despite the reduction seen in strength, the values found for DCS were satisfactory, since it is recommended that the dry strength for CEBs be greater to 2.4 MPa at 28 days according to Houben et al [32].

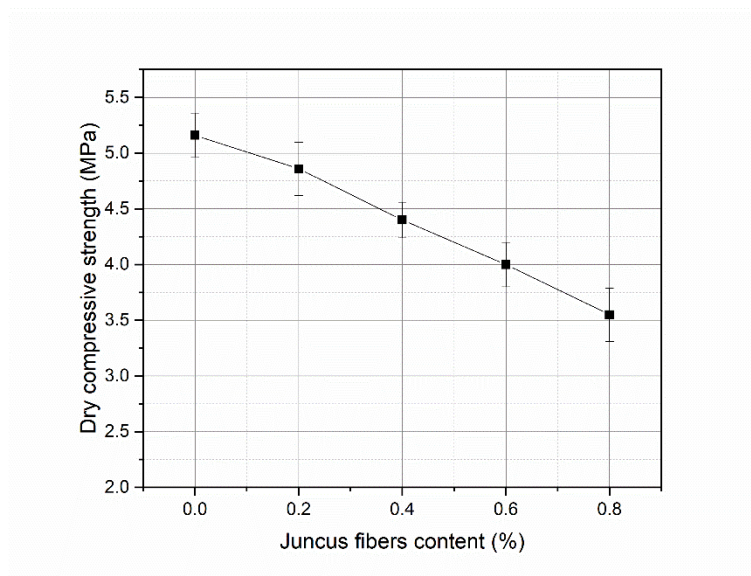


Fig. 11. Result of dry compressive strength as a function of fiber content

3.4 EROSION RESISTANCE

Figure 12 depicts the evolution in the abrasion resistance coefficient (ARC) as a function of Juncus fiber content. The higher the ARC of the block, the greater its durability performance in terms of abrasion resistance. Two samples were tested for each formulation. As can be observed when juncus fiber increased in the composite, the ARC of block samples decreased. The block with a high content of fibers (0.8%) had the lowest value of ARC, 1.32 cm².g⁻¹, whereas the highest value was 2.15 cm².g⁻¹, corresponding to the block without fibers. In comparison with the unreinforced specimen (CEB without fiber), when the fiber level passed from 0.2% to 0.8%, the ARC decreased from 8.83% to 38.60%. Consequently, the earth blocks filled with juncus plant fiber exhibited lower resistance to abrasion in comparison to unfilled block. This behavior can be due to the morphology of Juncus fibers, characterized by a smooth external surface, contributing to weakened bonding between the fibers and the matrix. It can be concluded that the higher the compressive strength, the better the durability of the block. Figure 13 displays the samples after being subjected to abrasion tests.

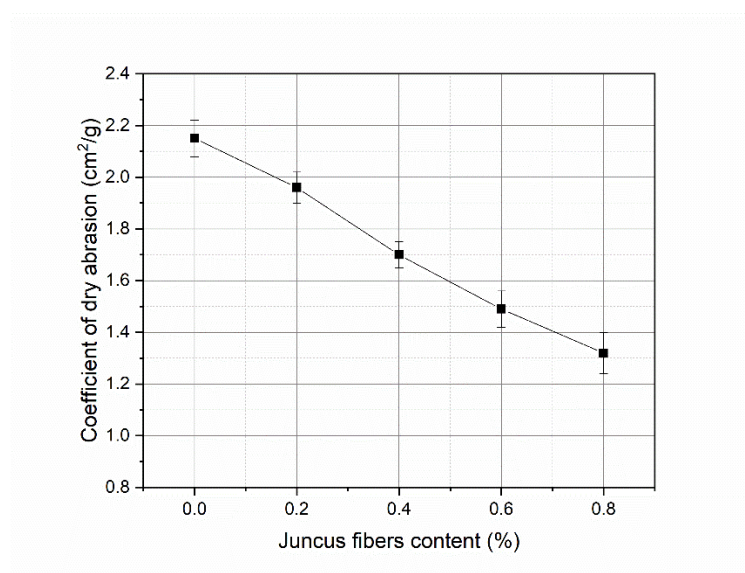


Fig. 12. Effect of fiber content on the abrasion coefficient of CEBs



Fig. 13. Blocks after abrasion test

4 CONCLUSIONS

In this study, we studied the effect of juncus plant fiber content on the physical, mechanical and durability properties of compressed earth blocks. According to the experimental tests, the following conclusions could be drawn:

The apparent density of the CEB containing 0.80% Juncus fibers was reduced by approximately 12% in comparison to the CEB composite without fibers,

The impact of Juncus fibers on the ultrasonic pulse velocity was favorable to promote sound insulation characteristics and damping vibration, owing to the reduction in its value by up to 26.70 % for blocks filled by 0.80% fiber content.

The incorporation of Juncus fibers from 0 to 0.8% results in a decrease in the dry compressive strength of CEBs.

The durability criteria were respected based on the results of the experimental resistance to abrasion tests.

These findings lead us to the conclusion that good properties can be obtained in a CEB composite, which can provide safe, comfortable, and long-lasting building materials, based on juncus fibers as a reinforcement.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Reda SADOURI: Conceptualization, Investigation, Visualisation, Methodology, Testing, Writing original draft, Validation, Writing—Review and editing.

Farah CHANTIT: Conceptualization, Investigation, Visualisation, Methodology, Testing, Writing original draft, Writing—Review and editing.

FUNDING

This research received no external funding. The authors gratefully acknowledge Cadi Ayyad University for their support.

INSTITUTIONAL REVIEW BOARD STATEMENT

Not applicable.

INFORMED CONSENT STATEMENT

Not applicable.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge Cadi Ayyad University for their support.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- [1] D. U. Shah, P. J. Schubel, et M. J. Clifford, « Can flax replace E-glass in structural composites? A small wind turbine blade case study », *Compos. Part B Eng.*, vol. 52, p. 172-181, 2013.
- [2] S. Hamza, H. Saad, B. Charrier, N. Ayed, et F. Charrier-El Bouhtoury, « Physico-chemical characterization of Tunisian plant fibers and its utilization as reinforcement for plaster based composites », *Ind. Crops Prod.*, vol. 49, p. 357-365, 2013.
- [3] G. Minke, *Earth construction handbook: the building material earth in modern architecture*. 2000.
- [4] C. Baley, *Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites*. Ed. Techniques Ingénieur, 2005.
- [5] C. Baley et A. Bourmaud, « Average tensile properties of French elementary flax fibers », *Mater. Lett.*, vol. 122, p. 159-161, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.02.030>.
- [6] D. Khoudja, B. Taallah, O. Izemmouren, S. Aggoun, O. Herihiri, et A. Guettala, « Mechanical and thermophysical properties of raw earth bricks incorporating date palm waste », *Constr. Build. Mater.*, vol. 270, p. 121824, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121824>.
- [7] R. Sadouri, H. Kebir, et M. Benyoucef, « The Effect of Incorporating Juncus Fibers on the Properties of Compressed Earth Blocks Stabilized with Portland Cement », *Appl. Sci.*, vol. 14, n° 2, p. 815, 2024.
- [8] R. Sadouri, H. Kebir, et M. Benyoucef, « Enhancing mechanical properties and crack resistance of earth-sand building materials through alfa fiber reinforcement: An experimental investigation », *Gradjevinski Materijali Konstr.*, 2024.
- [9] C. Galán-Marín, C. Rivera-Gómez, et J. Petric, « Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre », *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, n° 8, p. 1462-1468, 2010.
- [10] B. Taallah, A. Guettala, S. Guettala, et A. Kriker, « Mechanical properties and hygroscopicity behavior of compressed earth block filled by date palm fibers », *Constr. Build. Mater.*, vol. 59, p. 161-168, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.02.058>.
- [11] G. Escadeillas, « Les éco-matériaux dans la construction: Enjeux et perspectives », *Journ. Sci. Regroupement Francoph. Pour Rech. Form. Sur Béton*, p. 19-20, 2006.
- [12] E. Y. Okino, M. R. De Souza, M. A. Santana, M. V. da S Alves, M. E. de Sousa, et D. E. Teixeira, « Cement-bonded wood particleboard with a mixture of eucalypt and rubberwood », *Cem. Concr. Compos.*, vol. 26, n° 6, p. 729-734, 2004.
- [13] H. E. Gram, « Methods for reducing the tendency towards embrittlement in sisal fibre concrete », *Nord. Concr. Res.*, vol. 2, p. 62-71, 1983.
- [14] Y. Ziraba, M. Baluch, et A. Azad, « Use of plasticized sulphur in sisal-fibre concrete », *Durab. Build. Mater.*, vol. 3, n° 85, p. 65-76, 1985.
- [15] M. Canovas, N. Selva, et G. Kawiche, « New economical solutions for improvement of durability of Portland cement mortars reinforced with sisal fibres », *Mater. Struct.*, vol. 25, p. 417-422, 1992.
- [16] H. Omrani, L. Hassini, A. Benazzouk, H. Beji, et A. ELcfsi, « Elaboration and characterization of clay-sand composite based on Juncus acutus fibers », *Construction and Building Materials*.
- [17] P. NF, « 94-056: Soil: Investigation and Testing—Granulometric Analysis—Dry Sieving Method After Washing », *AFNOR Paris Fr.*, 1996.
- [18] D. 4-0 ASTM et others, « Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils », *D4318-10*, 2010.
- [19] T. EN, « 933-9 (2010) Tests for geometrical properties of aggregates—part 9: assessment of fines—methylene blue test », *Ank. Turk.*
- [20] X. AFNor, « P13-901: Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons, Définitions-Spécifications-Méthodes d'essais-Conditions de réception », *St.-Denis Plaine Cedex AFNor*, 2001.
- [21] S. Garrouri, W. Lakhal, A. Benazzouk, et E. Sediki, « Potential use of Alfa fibers in construction material: Physico-mechanical and thermal characterisation of reinforced specimen », *Constr. Build. Mater.*, vol. 342, p. 127787, 2022.
- [22] M. Maache, A. Bezazi, S. Amroune, F. Scarpa, et A. Dufresne, « Characterization of a novel natural cellulosic fiber from Juncus effusus L. », *Carbohydr. Polym.*, vol. 171, p. 163-172, 2017.
- [23] M. Budhu, *Soil mechanics and foundations*. John Wiley and Sons, 2010.

- [24] N. AFNOR, « P18-418, Béton-Auscultation sonore », *Mes. Temps Propag. D'ondes Soniques Dans Béton Norm. Fr.*, p. 1-12, 1989.
- [25] B. Taallah et A. Guettala, « The mechanical and physical properties of compressed earth block stabilized with lime and filled with untreated and alkali-treated date palm fibers », *Constr. Build. Mater.*, vol. 104, p. 52-62, 2016.
- [26] A. Laborel-Préneron, J.-E. Aubert, C. Magniont, P. Maillard, et C. Poirier, « Effect of plant aggregates on mechanical properties of earth bricks », *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 29, n° 12, p. 04017244, 2017.
- [27] E. Aamr-Daya, T. Langlet, A. Benazzouk, et M. Quéneudec, « Feasibility study of lightweight cement composite containing flax by-product particles: Physico-mechanical properties », *Cem. Concr. Compos.*, vol. 30, n° 10, p. 957-963, 2008.
- [28] R. Belakroum *et al.*, « Hygric buffer and acoustic absorption of new building insulation materials based on date palm fibers », *J. Build. Eng.*, vol. 12, p. 132-139, 2017.
- [29] J. Khedari, P. Watsanasathaporn, et J. Hirunlabh, « Development of fibre-based soil-cement block with low thermal conductivity », *Cem. Concr. Compos.*, vol. 27, n° 1, p. 111-116, 2005.
- [30] R. MacVicar, L. M. Matuana, et J. J. Balatinecz, « Aging mechanisms in cellulose fiber reinforced cement composites », *Cem. Concr. Compos.*, vol. 21, n° 3, p. 189-196, 1999, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(98\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(98)00050-X).
- [31] H. Omrani, L. Hassini, A. Benazzouk, H. Beji, et A. ELcasi, « Elaboration and characterization of clay-sand composite based on *Juncus acutus* fibers », *Constr. Build. Mater.*, vol. 238, p. 117712, 2020.
- [32] H. Houben, V. Rigassi, et P. Garnier, « Blocs de terre comprimée: équipements de production », *CRA Terre Brux. Belg.*, vol. 149, 1996.

