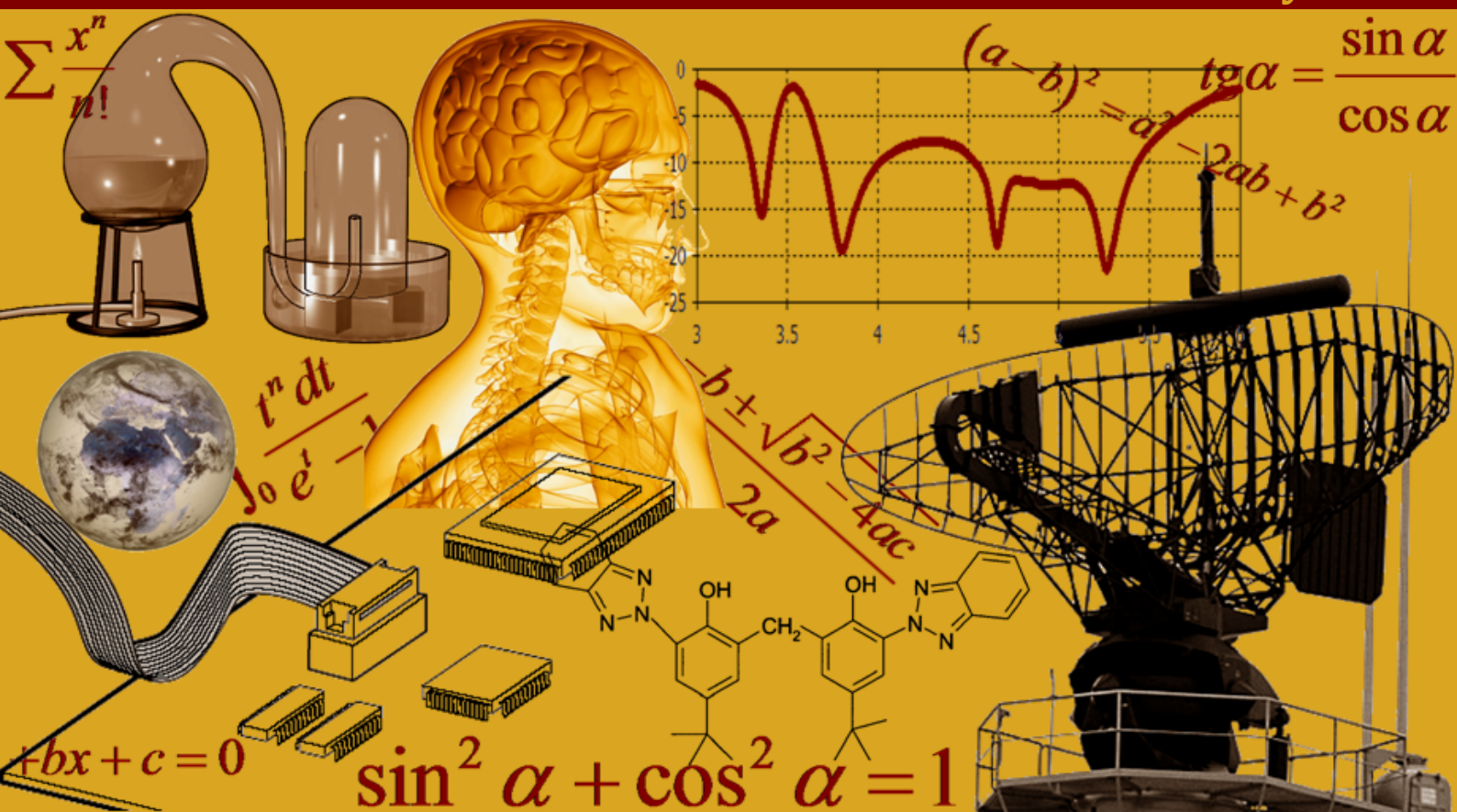


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 83 N. 1 February 2026



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2336-0046) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. 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

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Malika Maataoui, Mohammed V University, Morocco
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Urmila Shrawankar, G H Raisoni College of Engineering, India

Table of Contents

The Integration of Panchakosha Framework in Emotional Intelligence Development: A Holistic Approach to Socio-Emotional Learning in Education	1-4
<i>Bishmi PD and Milu Maria Anto</i>	
Development of a Remote Patient Monitoring System for Maternal Health in Ondo State, Nigeria	5-13
<i>Olaleke Janet Olusola, Iroju Oloronke Ganiat, and Ogunmosin Adekunle Ekundayo</i>	
The effect of incorporation of maggot protein in the diet on the zootechnical and financial parameters of tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> at the juvenile stage	14-21
<i>Ahou Traore, Medard Ghai, YAO LAURENT ALLA, and Kouakou YAO</i>	
Ambivalences des usages de symboles palestiniens en Tunisie: Entre solidarité sincère et altruisme ostentatoire	22-32
<i>Sana Ben Ghali</i>	
Représentation de la profession enseignante: Une carrière ou un tremplin ? Point de vue des étudiants finissants de l'ISP/Bukavu	33-39
<i>Ebondo Ntambue Espérant</i>	
L'explosion de l'urbanisme anarchique dans le quartier Mfinda et ses conséquences sur l'environnement	40-49
<i>Alain Bosco Mansila Baketa, Shuku Onemba Nicolas, LUNOKI LUDEVO Ben, and Mvumbi Sylvain Mavinga</i>	
Inventaire systématique de légumes cultivés et consommés dans les ménages de la ville de Kenge: Cas du quartier Wamba	50-59
<i>Bondonga Mambomba Hervé, WEBANA BANAKPO Mireille, Monsengo Mbangi Bopaule, Nsakala Tanda Reddy Andy, Kazadi Mujiinga Stella, Lubamba Lubamba Bob, Nguya Mata Job, Mahaya Arielle Arielle, and Tsudi Monaco Eden</i>	
Résolution et application de l'équation diophantienne $AXY + BX + CY = D$ (A et BC étrangers)	60-77
<i>Mushiwalahyaye Zaluka, Déborah Amani Faraja, and Marie-Chantal Niyomanzi Sebutimbiri</i>	
Reconnaissance et Contradictions Managériales: Une Étude de Cas Tunisienne	78-83
<i>Hanen CHERIF and Imen MZID BEN AMAR</i>	
Clubs de football et développement socio-économique territorial: Une revue critique systématique francophone et internationale	84-98
<i>Ismail Mazib Faty, Assane Diakhate, and Souleymane Diallo</i>	
Analyse spatio-temporelle de la variabilité hydroclimatique dans le bassin arachidier (Sénégal)	99-111
<i>Birame Sene and Papa Babacar Diop Thioune</i>	
Analyse de survie et facteurs associés à la mortalité chez les patients admis en réanimation pour COVID-19 au Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Grand Yoff (ex-HOGGY), Dakar, Sénégal (Juillet 2020-Septembre 2021): Étude de cohorte portant sur 175 cas	112-121
<i>Sarr Badara Jerome, Mbodji El Hadji Macodou, Tine Jean Augustin Diégane, Bassoum Oumar, and Faye Adama</i>	
Effet de la fréquence d'irrigation et de la coupe sur la phénologie et la production fourragère de deux variétés de luzerne en zone sahélienne du Niger	122-132
<i>Ibrahim Adamou Karimou, Harouna Abdou, and Adamou Abdou Amoud</i>	
Fabrication et caractérisation de briques du résidu de bauxite de la Compagnie des Bauxites de Guinée pour des applications de construction	133-141
<i>Amadou Tidja DIALLO, Mouhamadou Massek FALL, Mame Mor Dione, Sitor Diouf, Cheik Tidiane Dione, Birame NDIAYE, Dame Cisse, Seydou BA, Mamadou SAAR, Mamadou Lamine LO, and Momar NDIAYE</i>	
Analyse de l'incidence des composantes de la rémunération sur la rétention et la motivation des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises	142-149
<i>Roger Nzapakembi Kwando</i>	

The Integration of Panchakosha Framework in Emotional Intelligence Development: A Holistic Approach to Socio-Emotional Learning in Education

Bishmi PD¹ and Milu Maria Anto²

¹Assistant professor, Department of Psychology, St Thomas College, Thrissur, India

²Associate professor, Department of Psychology, Prajyoti Niketan College, Pudukad, Thrissur, India

Copyright © 2026 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 explores the theoretical and practical integration of the Panchakosha framework—an ancient Indian philosophical model of human consciousness—with contemporary emotional intelligence theories in educational contexts. Drawing from both Eastern epistemological traditions and Western psychological paradigms, this research proposes that the five-layered Panchakosha model offers a more comprehensive approach to socio-emotional learning (SEL) than conventional Western frameworks, particularly for students in cultural contexts aligned with Eastern philosophical traditions. Through theoretical analysis and comparative framework construction, this paper establishes correlations between specific koshas (layers of existence) and dimensions of emotional intelligence, while proposing methodological approaches for empirical validation. The findings suggest that the Panchakosha framework's holistic integration of physical, energetic, mental-emotional, wisdom-based, and transcendental dimensions provides unique advantages in developing sustainable emotional regulation, cultural congruence, and multidimensional self-awareness in educational settings.

KEYWORDS: Panchakosha, emotional intelligence, socio-emotional learning, Indian philosophy, educational psychology, cultural congruence.

INTRODUCTION

Emotional intelligence (EI) has emerged as a critical factor in student success, well-being, and leadership development across educational institutions worldwide (Goleman, 1995; Salovey & Mayer, 1990). While Western models of emotional intelligence have dominated academic discourse and practical implementation, there remains a significant opportunity to enrich this field through integration with non-Western epistemologies and philosophical frameworks that offer alternative perspectives on human consciousness, emotion, and self-awareness.

The Panchakosha framework, derived from the Taittiriya Upanishad within Vedantic philosophy, provides a five-layered model of human existence that encompasses physical, energetic, mental-emotional, wisdom, and bliss dimensions of consciousness (Saraswati, 2018). This research explores how this ancient Indian model can be systematically integrated with contemporary emotional intelligence theories to create more culturally responsive and holistically effective approaches to socio-emotional learning, particularly in educational contexts.

The originality of this study lies in its interdisciplinary bridge between Eastern philosophical concepts and empirical psychological constructs, addressing a notable gap in the literature where traditional wisdom traditions remain underrepresented in mainstream academic research on emotional intelligence. By offering a nuanced lens from Indian knowledge systems, this study expands contemporary psychological theories while providing culturally contextualized frameworks for educational practice.

LITERATURE REVIEW

CONTEMPORARY MODELS OF EMOTIONAL INTELLIGENCE

Emotional intelligence as a psychological construct has been conceptualized through several influential models. Salovey and Mayer (1990) defined emotional intelligence as "the ability to monitor one's own and others' feelings and emotions, to discriminate among them and to use this information to guide one's thinking and actions." Their ability-based model focuses on perceiving, using, understanding, and managing emotions. Goleman (1995) popularized a mixed model comprising self-awareness, self-regulation, motivation, empathy, and social skills, which has gained significant traction in educational and organizational settings.

However, these Western models predominantly emphasize cognitive-behavioral approaches to emotional regulation, often neglecting the embodied, energetic, and existential dimensions that shape human emotional experience (Sharma, 2019). Additionally, research by

Misra & Gergen (1993) highlights that collectivist cultures often integrate emotional regulation across bodily, spiritual, and cognitive dimensions suggesting the need for more culturally diverse frameworks.

THE PANCHAKOSHA FRAMEWORK

The Panchakosha model originates from the Taittiriya Upanishad and describes human existence through five interconnected sheaths or koshas (Rao & Paranjpe, 2008):

- 1. Annamaya Kosha (food sheath): The physical body, including physiological processes that influence emotional states.
- 2. Pranamaya Kosha (vital energy sheath): The energetic dimension comprising breath patterns and vital force that directly impacts emotional regulation.
- 3. Manomaya Kosha (mental sheath): The cognitive-emotional layer involving thoughts, perceptions, and mental processes.
- 4. Vijnanamaya Kosha (wisdom sheath): The discriminative intellect and higher-order awareness that enables reflection and insight.
- 5. Anandamaya Kosha (bliss sheath): The innermost layer associated with profound joy, peace, and transcendental awareness.

While research directly linking Panchakosha to emotional intelligence remains limited, studies on yoga psychology and emotional well-being (Desai & Bhatt, 2021) have begun to establish connections between these traditional frameworks and psychological outcomes.

CULTURAL CONGRUENCE IN EDUCATIONAL MODELS

Research in culturally responsive education (Banks & Banks, 2019) demonstrates that learning frameworks are most effective when they align with students’ cultural and cognitive structures. Sharma (2020) found that SEL interventions rooted in indigenous frameworks showed higher retention and practice rates in Eastern contexts compared to Western approaches. This suggests that the cultural embeddedness of learning models significantly influences their effectiveness.

THEORETICAL FRAMEWORK

This research proposes an integrative theoretical framework that systematically maps dimensions of emotional intelligence onto the Panchakosha model, establishing correlations between traditional wisdom and contemporary psychological constructs.

MAPPING EMOTIONAL INTELLIGENCE COMPONENTS TO KOSHAS

Table 1. Correlation between Panchakosha and Emotional Intelligence Dimensions

Kosha (Sheath)	Corresponding EI Components	Manifestation in Emotional Regulation
Annamaya (Physical)	Physiological awareness	Body-based emotion recognition, somatic regulation
Pranamaya (Energy)	Self-regulation, stress management	Breath control, energy regulation
Manomaya (Mental)	Self-awareness, cognitive regulation	Thought processes, emotional labeling
Vijnanamaya (Wisdom)	Social awareness, relationship management	Perspective-taking, empathy, insight
Anandamaya (Bliss)	Transcendent motivation, purpose	Value-alignment, enduring positivity

CONCEPTUAL INTEGRATION MODEL

This research proposes three primary mechanisms through which the Panchakosha framework enhances emotional intelligence:

- 1. **Layered Developmental Model:** The koshas represent progressive layers of self-awareness that build upon each other, offering a developmental trajectory for emotional intelligence.
- 2. **Integrated Processing Model:** Unlike compartmentalized Western approaches, the Panchakosha framework emphasizes the interconnection between physical, energetic, mental, and transcendental dimensions of emotional experience.
- 3. **Cultural Congruence Model:** For students from Eastern cultural backgrounds, the Panchakosha framework provides greater linguistic, conceptual, and epistemological familiarity, enhancing engagement and internalization.

RESEARCH QUESTIONS

This study addresses the following key research questions:

- 1. How does the Panchakosha framework align with contemporary models of emotional intelligence in psychology and behavioral sciences?

2. What mechanisms within the Panchakosha framework can be systematically mapped to components of emotional intelligence such as self-awareness, self-regulation, motivation, empathy, and social skills?
3. In what ways can the Panchakosha framework inform the development of socio-emotional learning programs in educational institutions, and how does it compare with existing Western models?

HYPOTHESES

Based on theoretical analysis and existing literature, this research proposes the following testable hypotheses:

Integrative Efficacy Hypothesis: The Panchakosha framework enhances socio-emotional learning effectiveness by providing a holistic model that integrates physical, emotional, cognitive, intuitive, and transcendental aspects of self-awareness and regulation more comprehensively than conventional Western SEL models.

Cognitive-Emotive Alignment Hypothesis: The emphasis on 'Manomaya Kosha' (mental-emotional sheath) in the Panchakosha framework leads to more integrated emotional processing compared to Western cognitive-behavioral SEL techniques that predominantly emphasize cognitive restructuring over emotional integration.

ANALYTICAL FRAMEWORK

Emotional Regulation as a Multidimensional Phenomenon

This research posits that emotional regulation is not merely a cognitive process but an integrated phenomenon involving physiological, energetic, mental, and existential dimensions. Western models predominantly frame emotional regulation through cognitive restructuring and behavioral strategies. However, emerging research in affective neuroscience suggests that emotional states are closely linked to bodily rhythms, hormonal states, and physiological responses (van der Kolk, 2014). Example: Studies on heart rate variability demonstrate that emotional regulation depends on physiological rhythms beyond mere cognitive control. Schachter & Singer's two-factor theory of emotion confirms that physiological arousal plays a fundamental role in emotional experience.

The Panchakosha Model's Contribution to Emotional Complexity

The Panchakosha system captures emotional complexity through its layered approach:

- Annamaya Kosha (Physical Body): Emotions manifest physiologically through muscle tension, heart rate, and endocrine responses.
- Pranamaya Kosha (Energy Body): Breath patterns and bioenergetic activity significantly impact emotional states (e.g., hyperventilation in anxiety, slow breathing for relaxation).
- Manomaya Kosha (Mental Body): Thoughts, conditioning, and cognitive strategies engage in meaning-making for emotions.
- Vijnanamaya Kosha (Wisdom Body): Reflective awareness, insight, and discernment guide deeper emotional transformation.
- Anandamaya Kosha (Bliss Body): A sense of peace and joy transcends temporary fluctuations in emotional states.

This comprehensive framework addresses emotional regulation from multiple dimensions simultaneously, offering a more holistic approach than conventional Western models focused primarily on cognitive processes.

CULTURAL EMBEDDEDNESS OF LEARNING MODELS

SEL frameworks are most effective when they align with students' cultural and cognitive structures. The Panchakosha system aligns deeply with Indian epistemology, where self-awareness develops through layers of consciousness rather than linear progression as in Western models.

In collectivist societies like India, models that embed community well-being and interconnectedness resonate better with students' lived experiences, leading to deeper engagement and internalization of emotional intelligence principles. The linguistic and conceptual accessibility of Sanskrit-rooted frameworks further enhances cognitive ease through cultural synergy.

METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS

Comprehensive analysis of existing knowledge and theory about Panchakosha and Emotional intelligence and understanding how it works.

EDUCATIONAL APPLICATIONS

Pedagogical Integration: The Panchakosha framework can inform educational practice through:

1. Holistic Curriculum Design: Integrating physical (Annamaya), energetic (Pranamaya), cognitive-emotional (Manomaya), wisdom-based (Vijnanamaya), and transcendental (Anandamaya) practices into SEL programs.
2. Experiential Learning: Emphasizing embodied and experiential approaches to emotional intelligence development through yoga, breathwork, mindfulness, reflective practices, and service-learning.
3. Teacher Development: Training educators in Panchakosha principles to facilitate more comprehensive emotional intelligence development among students.

CROSS-CULTURAL APPLICATIONS

While particularly relevant in Indian educational contexts, the Panchakosha framework offers valuable insights for global education through:

1. Comparative Framework Construction: Creating bridges between Panchakosha concepts and established Western SEL models (e.g., CASEL's five competencies).
2. Cultural Adaptation: Modifying terminology and practices to respect diverse worldviews while retaining foundational principles.
3. Global SEL Enhancement: Enriching existing SEL frameworks with multi-dimensional awareness practices derived from the Panchakosha model.

CONCLUSION

This research establishes that the Panchakosha framework offers a promising theoretical foundation for enhancing emotional intelligence development in educational settings. Its five-layered model provides a more comprehensive approach to emotional regulation than conventional Western frameworks by integrating physical, energetic, mental, wisdom-based, and transcendental dimensions of human experience.

The cultural congruence of the Panchakosha framework may particularly benefit students from Eastern backgrounds, while its holistic perspective offers valuable insights for enriching global approaches to socio-emotional learning. Future research should focus on empirical validation, instrument development, and practical implementation strategies to fully realize the potential of this ancient wisdom tradition in contemporary educational psychology.

By bridging philosophical depth with empirical rigor, this interdisciplinary approach has the potential to establish a pivotal new paradigm at the intersection of Indian knowledge systems and contemporary psychology, ultimately enhancing educational practices for emotional intelligence development worldwide.

REFERENCES

- [1] Banks, J. A., & Banks, C. A. M. (2019). *Multicultural education: Issues and perspectives* (10th ed.). Wiley.
- [2] Desai, R., & Bhatt, M. (2021). Yoga psychology and emotional intelligence: Bridging traditional wisdom and contemporary applications. *Journal of Indian Psychology*, 39 (2), 78-92.
- [3] Goleman, D. (1995). *Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ*. Bantam Books.
- [4] Hofstede, G. (1980). *Culture's consequences: International differences in work-related values*. Sage Publications.
- [5] Misra, G., & Gergen, K. J. (1993). On the place of culture in psychological science. *International Journal of Psychology*, 28 (2), 225-243.
- [6] Rao, K. R., & Paranjpe, A. C. (2008). *Psychology in the Indian tradition*. Springer.
- [7] Salovey, P., & Mayer, J. D. (1990). Emotional intelligence. *Imagination, Cognition and Personality*, 9 (3), 185-211.
- [8] Saraswati, D. S. (2018). Indian epistemological perspectives on education and socio-emotional well-being. Yoga Publications Trust.
- [9] Sharma, S. (2019). Yoga psychology and emotional intelligence: Empirical connections and applications. *International Journal of Yoga*, 12 (2), 83-89.
- [10] Sharma, S. (2020). Cultural responsiveness in socio-emotional learning: A meta-analysis of Eastern and Western approaches. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 51 (3), 266-282.
- [11] van der Kolk, B. (2014). *The body keeps the score: Brain, mind, and body in the healing of trauma*. Penguin Books.
- [12] Wilber, K. (2000). *Integral psychology: Consciousness, spirit, psychology, therapy*. Shambhala Publications.

Development of a Remote Patient Monitoring System for Maternal Health in Ondo State, Nigeria

Olaleke Janet Olusola¹, Iroju Olaronke Ganiat¹, and Ogunmosin Adekunle Ekundayo²

¹Department of Computer Science, Adeyemi Federal University of Education, Ondo, Ondo State, Nigeria

²Chief Medical Officer, Adeyemi Federal University of Education, Ondo, Ondo State, Nigeria

Copyright © 2026 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: Maternal mortality remains a major issue affecting women of reproductive age across Nigeria. The World Health Organization (WHO) reported that 1047 women died per 100,000 due to pregnancy and childbirth complications in Nigeria. From the foregoing, Nigeria contributes to about 19% of global maternal death, still births and neonatal deaths. Hence, Nigeria is ranked the third nation with high maternal and child death with South Sudan and Chad taking the lead respectively. There are however variations in the levels of maternal mortality in the Northern and Southern Nigeria. Maternal mortality is more pronounced in the North than the Southern part of Nigeria. In the south western part of Nigeria, Ondo state had the worst maternal and child care indices in 2008. The Ondo state government put a lot of efforts towards reducing maternal mortality in the state. These efforts include the launching of the safe motherhood (abiye) project in 2009. Despite the efforts geared towards the reduction of maternal mortality in Ondo state, the maternal mortality ratio still remains abysmally high. Hence, this study develops a system for remotely monitoring the health of pregnant women in the state. The system was tested using sixty pregnant women in fourteen Local Government Areas of Ondo state, Nigeria, with accuracy, precision and recall as the performance metrics. The system recorded an accuracy of 95.24%, a precision of 96.67% and a recall of 98.31%.

KEYWORDS: maternal mortality, maternal mortality ratio, remote patient monitoring, pregnancy, Nigeria.

1 INTRODUCTION

Maternal mortality is a significant measure of the human, economic and social development of a nation because it reveals the overall health status of women, their access to quality healthcare, and the responsiveness of the healthcare system to their needs. Maternal mortality is defined as the death of pregnant women during pregnancy or within 42 days of termination of pregnancy, irrespective of the duration and site of the pregnancy from any cause related to or aggravated by the pregnancy or its management but not from accidental or incidental causes [1]. Maternal mortality, or deaths related to pregnancy and childbirth can be caused by direct or indirect complications [2]. Direct maternal deaths are primarily caused by obstetric complications like severe bleeding (hemorrhage), infections, maternal suicide, omissions or incorrect treatment and hypertensive disorders. The indirect complications have been linked to pre-existing conditions such as HIV/AIDS, anemia, and heart disease. Nevertheless, the rate of maternal deaths varies significantly across diverse countries in the globe usually with low-income countries experiencing higher mortality rates particularly Sub-Saharan Africa and Southern Asia [3]. Typical examples of countries in the global south that experience a high mortality rate exceeding 1000 deaths per 100,000 live births as stipulated by the United Nations Sustainable Development Goals include Central African Republic, Sierra Leone, Somalia, South Sudan, Chad and Nigeria [4].

Nigeria is the most populous country in Africa with a population of over 200 million, and the seventh most populous country in the world with women constituting 49.95% of the entire population [5]. Unfortunately, the incidence of maternal death in Nigeria is one of the worst in the world with a global rate of about 19% and over 50,000 maternal deaths annually [6]. Specifically, the number of maternal deaths in Nigeria per 100,000 live births stands at 1047 as at the time of this study. This

extremely high Maternal Mortality Ratio (MMR) is only surpassed by South Sudan and Chad with MMRs of 1223 and 1063 respectively [7]. These high MMRs negate the Sustainable Development Goal (SDG) of less than 70 maternal deaths per 100,000 live births by 2030. The detrimental effect of high MMR in Nigeria is apparent on the low level of socioeconomic development of the nation as women and children play pivotal roles in the socio-economic development of any nation.

There are disparities in the MMR in the Northern and Southern parts of Nigeria. Maternal mortality is more pronounced in the North than the Southern part of Nigeria. According to Babajide et al. [8], the North Eastern part of Nigeria has a consistently high MMR while the South Western part of Nigeria experienced a considerably rise in MMR between 2008 and 2018 with Ondo state having the worst maternal outcomes in the region [9]. This is evident in the National Demographic Health Survey of 2008 which ranked Ondo state as the state with the worst maternal and child care indices in the Southwestern region of Nigeria [9]. Nevertheless, the government of Ondo state as at that time put in a lot of efforts towards reducing maternal mortality in the state. These efforts include the provision of various initiatives, programmes and policies on reproductive and maternal health. One of such initiatives is the safe motherhood (Abiye) project launched in 2009. One of the objectives of the program was to monitor every pregnant woman in the state and provide them with qualitative and effective healthcare irrespective of their geographical location. In addition, the initiative was set up to provide sustainable equity-based healthcare services in order to provide universal access to the healthcare system in the state. These goals were achieved through the use of mobile phones, renovated health centers and improved means of transportation to health facilities [10]. Unfortunately, this programme was halted in 2017, thereby, intensifying the maternal mortality ratio in Ondo state. In order to ameliorate this problem, this research aims to develop a Remote Patient Monitoring (RPM) System for Maternal Health in Ondo state with a view to reducing maternal mortality in the state.

2 THEORETICAL FRAMEWORK

This research relies on two theoretical frameworks which include the health belief theory and the theory of planned behaviour.

2.1 HEALTH BELIEF THEORY

The theory of health belief is a psychological framework propounded by Irwin M. Rosenstock, Godfrey M. Hochbaum, S. Stephen Kegeles, and Howard Leventhal in the 1950's. It is used to describe and predict people's behaviours, attitudes and beliefs on their health [11]. The theory emphasizes the need to understand and promote engagement in health-protective behaviours. The health belief theory also opines that the willingness of individuals to transform their health-related behaviours stems from the perceptions that they have about their health. Hence, the theory predicts that an individual is likely to adopt a specific health behaviour based on their perceptions of the severity and susceptibility of a disease, the perceived benefits of adopting the behaviour as well as the barriers of the behaviour. This theory is found to be related to this study because the health belief theory has been used by healthcare providers to create programmes and interventions to prevent health problems, encourage treatment and support health related behavioural change. Hence, this theory will be of great benefit in encouraging pregnant women in Ondo state to adopt the remote patient monitoring system to reduce MMR in the state.

2.2 THEORY OF PLANNED BEHAVIOUR

The theory of planned behaviour (TPB) is a cognitive theory, propounded by Azjen [12]. The theory opines that an individual's decision to engage in a specific behaviour, particularly in the context of health can be predicated by his intention to engage in that behaviour. Intentions in this context refer to the efforts as well as the motivating factors that influence peoples' behaviours towards the action. These intentions are however determined by the individual's personal attitudes, subjective norms and perceived behavioural control. This theory is related to this research because it will assist in designing a system that aligns with the patients' motivations which will ultimately results in improved health outcome.

3 A REVIEW OF MATERNAL HEALTH IN ONDO STATE, NIGERIA

Ondo state is located in the South Western zone of Nigeria. It lies between Longitudes 4°30' and 6° East of the Greenwich Meridian, 5°45' and 8° 15' North of the Equator [13]. Ondo state has a land mass of 14,788.723 square kilometers which is occupied by eighteen (18) Local Government Areas. Ondo state is blessed with natural resources which include crude oil, quartz sand, clay, granite, limestone, talc, kaoline, coal, columbite, rock, tin and bitumen. The people of Ondo state are mostly subsistence farmers, fishermen and traders.

In the south western part of Nigeria, Ondo state had the worst maternal and child care indices in 2008. Hence, the National Demographic Health Survey ranked Ondo state as the state with the worst maternal and child care indices in the Southwestern region of Nigeria with its MMR far above the average 545 per 100,000 live births and the tenth highest in the World [14]. Nevertheless, the Ondo state government put a lot of efforts towards reducing maternal mortality in the state. The administration of Dr. Olusegun Mimiko (Governor of Ondo State from 2009 to 2017) initiated the Abiye (Safe Motherhood) programme in 2009 at Ifedore Local Government Area. The objective of the programme was to address the challenge of infant and maternal mortality by monitoring every pregnant woman and providing them with sustainable, accessible, qualitative and effective healthcare. Diverse methods were used to achieve this objective. These strategies include the use of health rangers which basically consisted of specially trained Community Health Extension Workers (CHEW) to counsel pregnant women on family planning and birth preparedness, provision of mobile phones to pregnant women to maintain free contact with their health rangers and healthcare providers, provision of appropriate means of transportation from the patients' location to the point of care as well as the provision of the Mother and Child hospital model [9]. By 2016, there was a massive reduction in the MMR of Ondo state to 112 per 100,000 live births [15]. This represented 84.9% reduction in the MMR. Unfortunately, this programme was halted in 2017, thereby, intensifying the maternal mortality ratio in Ondo State [16]. By 2020, the MMR of Ondo state had risen to 341 per 100,000 live births surpassing only Ogun and Lagos States with MMRs of 364 and 356 respectively in the South Western Part of Nigeria [17]. By 2021, the Ondo state government mapped out strategies to collaborate with traditional birth attendants in a bid to reduce maternal mortality in the state [18]. In spite of this, the state of maternal healthcare in Ondo state still requires urgent attention. In order to ameliorate this problem, this research aims to develop a Remote Patient Monitoring System (RPMS) for Maternal Health in Ondo state with a view to improving maternal health in the state.

4 REMOTE PATIENT MONITORING

Patient monitoring according to Iroju and Ojerinde [19] is the telehealth practice of obtaining and transmitting regulated observation or measurement of a patient's physiological function with digital devices for decision making and therapeutic interventions. Hence, Remote Patient Monitoring (RPM) can be viewed as a form of telehealth that allows healthcare providers to remotely examine the health of their patients through the use of mobile medical devices and digital technology irrespective of their geographical locations. From the foregoing, Remote Patient Monitoring (RPM) can simply be viewed as the observation or measurement of a patient's physiological function such as Electrocardiogram (ECG), heart rate, oxygen saturation, glucose levels and fetal movement in pregnant women at a distance with the aim of helping medical practitioners to make insightful decisions and prioritize healthcare efficiently. RPM targets diverse patients who are required to be monitored continuously. Typical examples of these categories of patients include patients diagnosed with chronic illnesses, patients with mobility issues, or other disabilities, post-surgery patients, neonates, elderly patients and pregnant women.

RPM includes five basic steps which include the collection of patients' information, transmission of patients' information, evaluation of patients' information, notification and intervention. The collection of patients' information involves the process of acquiring patients' physiological data through sensor based peripheral devices such as blood pressure cuff, pulse oximeter and glucometer which can either be worn by the patients or might not have direct contact with the patients. Examples of wearable devices used in RPM include wristbands, wristwatches or patches, blood pressure cuff, glucometer and pulse oximeter. Contactless patients' information acquisition methods in RPM include the use of smart phones and cameras. In the transmission phase, the data collected are conveyed to healthcare practitioners through different means of communication such as Wireless Area Network (WAN) and cloud-based platforms where they are reviewed and evaluated by algorithms or healthcare providers who provide clinical review, care management and patient education. In the case of emergencies, the patient is notified through a mobile device or an intermediary healthcare provider who takes the necessary intervention.

4.1 BENEFITS OF REMOTE PATIENT MONITORING ON MATERNAL HEALTH

The benefits of RPM are highlighted below:

- Reduces the barrier associated with unequal health access: In developing countries like Nigeria, unequal access to healthcare is a major challenge facing individuals most especially those residing in rural areas or have mobility challenges. This uneven access to healthcare is manifested in diverse ways which include high incidence of diseases, poor health outcomes and high rate of mortality. RPM breaks this barrier of uneven distribution of healthcare services by ensuring that every individual has access to quality healthcare in the comfort of their homes irrespective of the distance that exist between them and the hospitals or clinics, this no doubt overcomes the barriers of distance and transportation usually associated with unequal access to healthcare most especially in the rural areas. RPM also reduces the barrier associated

with limited access to specialist care during pregnancy because the limited specialists available can attend to as many patients as possible remotely.

- **Timely interventions:** Pregnant women are usually considered vulnerable individuals that require special care in a timely manner. Unfortunately, any delay in their healthcare has severe consequences which can ultimately lead to their untimely death. RPM facilitates the continuous collection and real time tracking of the vital signs and health related data of these individuals right from their homes for onward transmission to healthcare providers. This can then be used by the healthcare practitioners to easily identify early indicators of pregnancy complications as well as detect early signs of deterioration, abnormalities and complications and thus respond timely with the appropriate treatments and interventions. This no doubt facilitates quick medical interventions and disease management.
- **Improved patient safety and health outcomes:** RPM provides the opportunities for the improvement of maternal safety and health outcomes because of the timely intervention of healthcare providers involved in the care process.
- **Active participation of patients in their care:** RPM systems are usually designed to contain features like vital signs collection, appointment scheduling, medication reminders and access to medical records which patients interact with. With these features, pregnant women are also encouraged to be actively involved in their own care.

5 RESEARCH METHODOLOGY

We designed the models of the RPM system with the use-case and activity diagrams of the Unified Modelling Language (UML). The system was implemented in Hyper Text Mark-up Language (HTML) for its structure, Cascading Style Sheet (CSS) for styling and java script for interactivity. The database used was MongoDB and Express js was used for the server side development.

6 SYSTEM DESIGN

The use case model represents the functional requirements of the system from the users' perspectives. It identifies the functions of the system; the users otherwise called the actors who interact with the system and the system boundaries. Fig. 1 shows the use-case model for the RPM system.

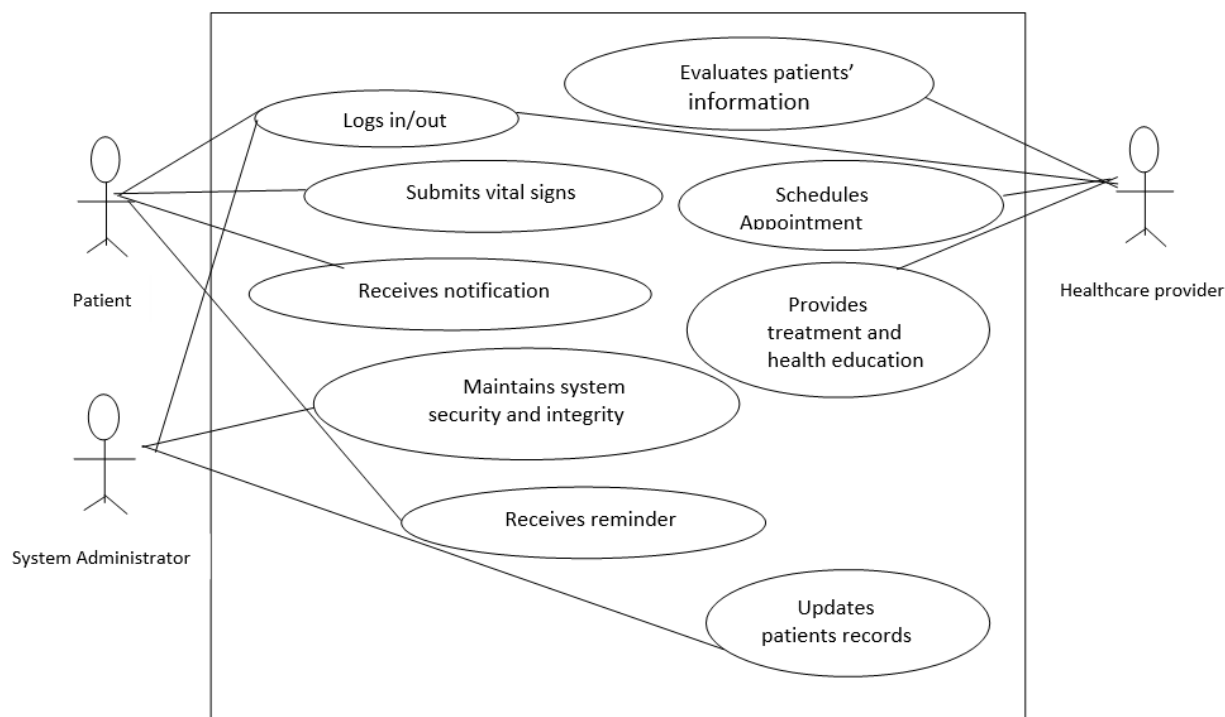


Fig. 1. The Use Case of the Remote Patient Monitoring System

The use-case diagram includes the healthcare providers, the patients who in this case are the expectant mothers and the system administrators. The system is designed for the patients, system administrator and the healthcare providers to log in by providing their login details such as their user names and password. Once this authentication is successful, the RPM devices such as Blood pressure monitors, Finetest Glucometer, pulse oximeter, and Heavy-duty digital scale can be used to obtain the vital signs of the patients which are then submitted and transmitted to the healthcare providers via data transmission technologies. The healthcare provider receives the information via his mobile device and then diagnose, treat and provide the necessary health education to the patients if the vital sign is above the normal threshold. The patient in turns receives the notification of his diagnosis and treatment also on his mobile device. If the patient needs further attention, the healthcare provider schedules an appointment. The system administrator updates the patients records as well as maintains the integrity and security of the system. The corresponding activity diagram of the model above is depicted in Fig. 2.

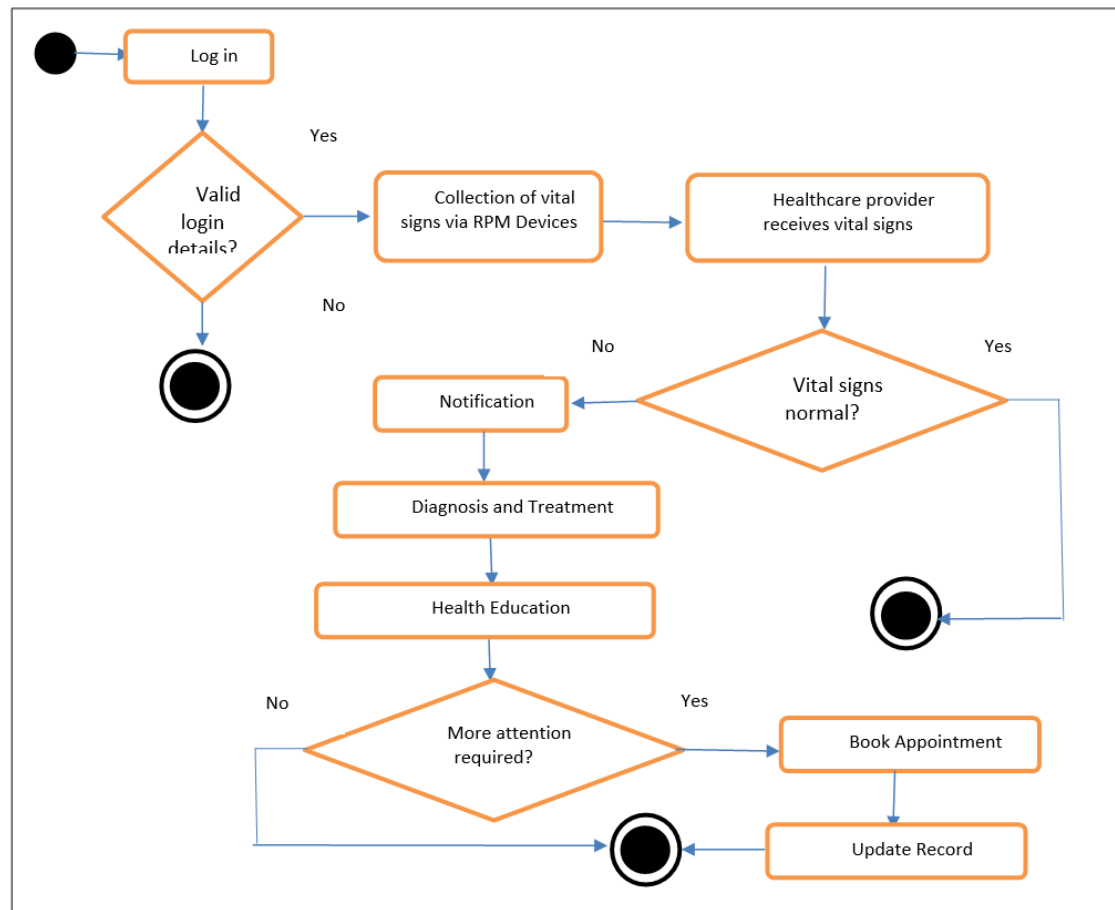


Fig. 2. The Activity Diagram of the Remote Patient Monitoring System

7 SYSTEM IMPLEMENTATION

This section describes the hardware and software requirements of the system.

7.1 HARDWARE REQUIREMENTS

For the system to be effectively implemented, the following hardware devices are required.

- Remote patient monitoring devices such as thermometer, blood pressure cuff and glucometer
- Mobile devices such as smart phones, laptops or tablets
- Router and hub
- Medical Display Monitor

7.2 SOFTWARE REQUIREMENTS

For the system to be effectively implemented, the following software are required.

- Real Time Operating system
- Communication protocols to ensure efficient transmission of data from patients to healthcare providers
- Database systems
- Cloud software for ensuring secured storage of large amount of patients' data from Internet of Things devices
- Push notifications for sending notifications to patients

The system was implemented in Hyper Text Mark-up Language (HTML) for its structure, Cascading Style Sheet (CSS) for styling and java script for interactivity. The database used was MongoDB and Express js was used for the server side development.

Fig. 3 shows the login page of the RPM system. Fig. 4 shows the page that defines the users' roles. For instance, the page provides the patient with the information that they can take their vital signs with their RPM devices and transmit to the healthcare providers. Fig. 5 shows the dash board where the patient vital signs are obtained and viewed by the healthcare providers. Fig. 6 shows the page where the healthcare providers provide treatment plan to the patients.

**Remote Patient Monitoring System
for Pregnant Women in Ondo State**

Email or Username

Password

☐ Remember me [Forgot password?](#)

Submit

© 2025 Remote Patient Monitoring System for Pregnant Women in Ondo State

Fig. 3. The Login Page of the Remote Patient Monitoring System

User Roles - Remote Patient Monitoring System

File C:/Users/ASUS/Desktop/user.html

Select Your Role

Patient

Patient Dashboard

You can send your vital signs to your healthcare provider, you can also view your vitals and communicate with your providers.

Fig. 4. The Page of the Remote Patient Monitoring System Showing the Users' Role

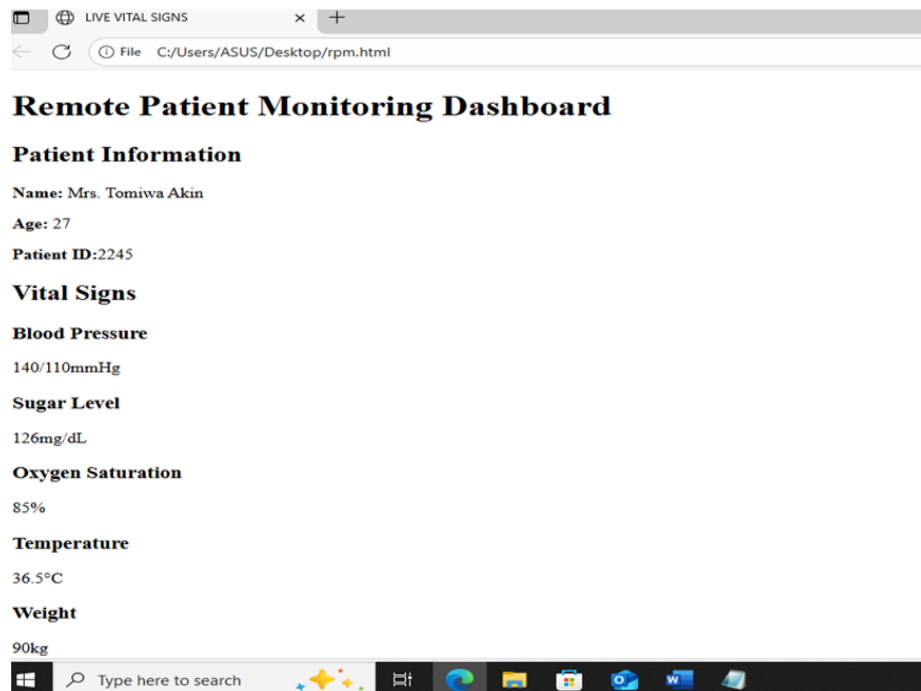


Fig. 5. The Page of the Remote Patient Monitoring System Showing a Patient's Data

The screenshot displays the "Remote Patient Monitoring" interface, specifically the "Diagnosis, Treatment Plan and Health Education" section. It features a text input field for "Symptoms / Vitals:" with the example text "e.g. Fever, Obesity, Gestational Diabetics, High Blood Pressure: 140/90". Below this is a "Diagnosis:" dropdown menu currently set to "-- Select Diagnosis --". Underneath is a "Treatment Plan:" dropdown menu showing a list of resources: "Hypertension Guide", "Nutrition Guide", "Diabetes Education", and "Hygiene", with the first option selected. At the bottom, there is a blue button labeled "Submit & Generate Report".

Fig. 6. The Page of the Remote Patient Monitoring System Showing a Treatment Plan

7.3 SYSTEM TESTING

Sixty pregnant women in their second trimester aged 18-45 years were monitored remotely in the system testing phase. They were subjected to both remote patient monitoring and the conventional method at the same time within fourteen premises in seven local government areas in Ondo state Nigeria.

The performance of the RPM system was tested using accuracy, precision and recall. Accuracy is used to describe the degree of correctness of a system. It is denoted as shown in equation (1).

$$A = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

Precision is a performance metrics that describes the closeness of agreements between independent test results obtained under certain conditions. It is measured as shown in equation (2)

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Recall measures the ratio of correctly found correspondences over the total number of expected correspondences. It is given as shown in equation (3):

$$R = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

where TP, FN, FP and TN are True Positives, False Negatives, False Positives and True Negatives respectively.

These parameters were obtained from the cases reported by the RPM system and those reported by the conventional method. Concisely, TP indicates that the RPM system correctly reports a normal as reported by the conventional method, FN indicates that the RPM system fails to detect a real normal sign. In the same vein, FP incorrectly flags an abnormal case as normal while TN correctly detects abnormal case when compared to the results obtained from the physicians. Table 1 shows the confusion matrix which reveal TP, FN, FP and TN of the system.

Table 1. The confusion matrix revealing the TP, FN, FP and TN

N=60	Normal	Abnormal
Actual (Normal)	TP: 58	FP: 2
Actual (Abnormal)	FN:1	TN:2

Fig.7 shows the graph depicting the accuracy, precision and recall of the RPM system. From Fig. 7, the RPM system records an accuracy of 95.24%, a precision of 96.67% and a recall of 98.31%.

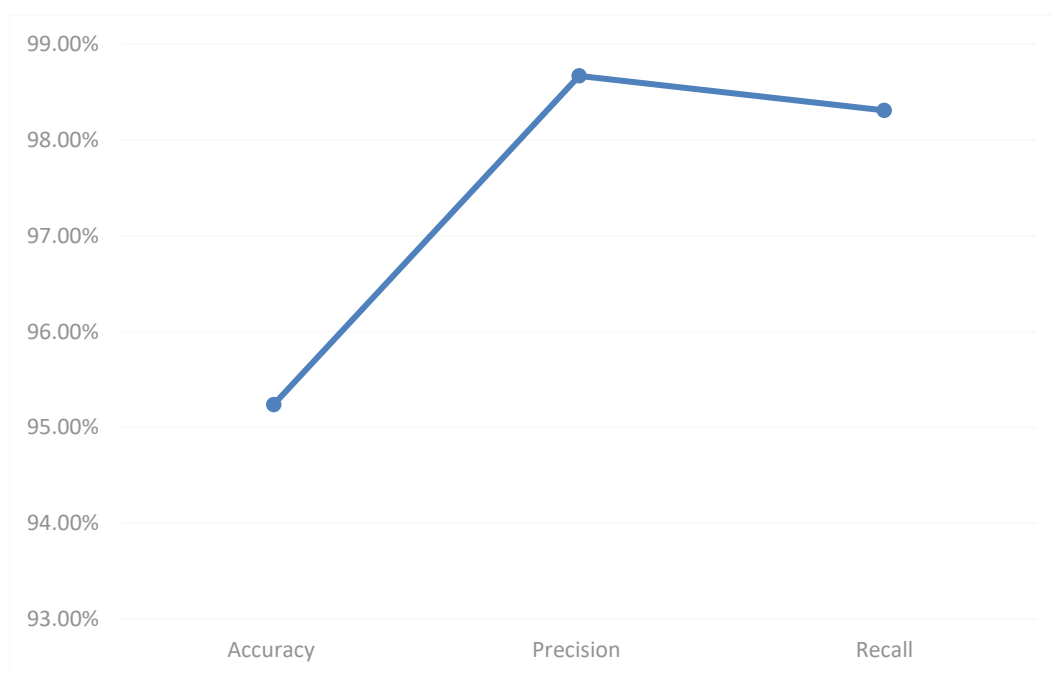


Fig. 7. A Graph Depicting the Accuracy, Precision and Recall

8 CONCLUSION

The research developed a system that enable healthcare providers to remotely monitor pregnant' women's health to avoid emergency during pregnancy, delivery and post-partum. The system allows the vital signs of patients to be collected with their RPM devices and transmitted to the healthcare providers who view them and diagnose, treat and provide health education to the patients based on the vital signs. The study concludes that RPM systems should be effectively deployed in all hospitals and healthcare centers in Ondo state, Nigeria in order to effectively combat the menace of high maternal mortality and morbidity plaguing the state.

REFERENCES

- [1] World Health Organization, Maternal Mortality: 1990 to 2010, World Health Organization, vol. 32, no. 5., pp.1–55, 2010.
- [2] C. Oyston, C.F. Rueda-Clausen, and P.N. Baker, «Current Challenges In Pregnancy-Related Mortality, Obstetrics,» *Gynaecology and Reproductive Medicine*.
- [3] World Health Organistaion, Maternal Health, 2025
[Online] Available: [https://www.afro.who.int/health-topics/maternalhealth#:~:text=Women%20in%20developing%20countries%20have,of%20all%20maternal%20deaths%20are:&text=severe%20bleeding%20\(mostly%20bleeding%20after,unsafe%20abortion.](https://www.afro.who.int/health-topics/maternalhealth#:~:text=Women%20in%20developing%20countries%20have,of%20all%20maternal%20deaths%20are:&text=severe%20bleeding%20(mostly%20bleeding%20after,unsafe%20abortion.)
- [4] United Nations Population Funds, Trends in Maternal Mortality Estimates by World Health Organization 2000-2023, 2025
[Online] Available: <https://www.unfpa.org>
- [5] United Nations Women, Nigeria, 2025 [Online] Available: <http://africawomen.org>
- [6] A.I. Ajayi, A and W. Akpan, W., « Maternal Health Care Services Utilization in the Context of 'Abiye' (Safe Motherhood) Programme in Ondo State, Nigeria,» *BMC Public Health*, vol. 20, no, 362, pp. 1-9, 2020.
- [7] World Health Organization, Maternal Mortality: The Urgency of a Systemic and Multisectoral Approach in Mitigating Maternal Deaths in Africa, 2025 [Online] Available: <http://www.who.int>
- [8] O.O. Babajide, J.O. Akinyemi, and O. Ayeni, «Subnational Estimates of Maternal Mortality in Nigeria: Secondary Data Analysis of Female Siblings Survivorship Histories», *African Journal of Reproductive Health*, vol. 27, no. 10, pp. 133-147, 2023.
- [9] O. Mimiko, *Maternal Health in Nigeria: Ondo Abiye Safe Motherhood Model*, Center for Strategic and International Studies, 2010.
- [10] S.O. Oyeyemi, and R. Wynn, R., «Giving Cell Phones to Pregnant Women and Improving Services May Increase Primary Health Facility Utilization: A Case Control Study of a Nigerian Project,» *Reproductive Health*, vol. 11, no. 8, pp. 1-8, 2014.
- [11] C.J. Carpenter, «A Meta-Analysis of the Effectiveness of Health Belief Model Variables in Predicting Behavior,» *Health Communication*, vol. 25, no. 8, pp. 661-669, 2010.
- [12] I. Ajzen, From intentions to actions: A theory of planned behavior, In J. Kuhi, and J. Beckmann (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior*, Heidelberg: Springer, pp. 11639.
- [13] Ondo State Bureau of Statistics, Ondo State Profile, 2025 [Online] Available: <https://www.mepbondostate.org/meet-us/ondo-state-profile/>.
- [14] National Demographic and Health Survey, *National Demographic and Health Survey Estimates Nigeria's MMR at 545 per 100000 Live Births*, National Demographic and Health Survey, Abuja, Nigeria, 2008.
- [15] J.G. Cooke, and T. Farha, Maternal Health in Nigeria, Center for Strategic and International Studies, Nigeria, 2016.
- [16] A.J. Onoja, S.P. Onuche, F.O. Sanni, S.I. Onoja, T. Umogbai, P.O. Abiodun and S.B. Mohammed, «Using the sisterhood Method to Determine the Maternal Mortality Ratios in Six Local Governments of Ondo State, Nigeria», *International Archives of Health Sciences*, vol. 7, pp. 192-197, 2016.
- [17] National Bureau of Statistics, 2020 States Of States Ranking for Maternal Mortality, The Demographic and Health Survey Program, 2020.
- [18] S. Omotayo, Ondo State Government to Partner Traditional Birth Attendants, The Ondo State Ministry of Health, 2021.
- [19] O.Iroju, and O. Ojerinde, O., « An Ontology Based Remote Patient Monitoring Framework for Nigerian Healthcare System», *International Journal of Modern Education and Computer Science*, vol. 10, no. 3, pp. 17-24.

The effect of incorporation of maggot protein in the diet on the zootechnical and financial parameters of tilapia *Oreochromis niloticus* at the juvenile stage

Abou Traore¹, Medard Gba², Laurent Alla Yao³, and Kouakou Yao¹

¹Nangui ABROGOUA University, UFR-Sciences of Nature, Laboratory of Animal Biology and Cytology, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²University of San Pedro, Formation and Research Unit in Agriculture, Fishery Resources and Agro-Industries, BP 1800 San Pedro, Côte d'Ivoire

³Oceanological Research Center (CRO) of Abidjan, Aquaculture Department, Côte d'Ivoire

Copyright © 2026 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 conclusions of studies on the incorporation of maggot meal in fish feed and its impact on zootechnical parameters are controversial due to the protein content of maggots varying from one author to another. The aim of this study was to evaluate the effect of maggot protein in the feed on the growth performance of tilapia *Oreochromis niloticus* fry at the juvenile stage during 75 days of rearing. The study involved the incorporation of maggot protein at different rate into the diet of 0.8 ± 0.1 g Nile tilapia reared in a concrete tank. Three diets (D20, D30 and D40) with maggot protein contents of 20, 30 and 40% respectively, competing with a local industrial reference feed (RD) ALIMPOI, were randomly applied in duplicate to the fish. The initial rationing rate applied was 20% the first month, 15% the second month and 10% the third month. The survival rates (Ts) were 99.89 ± 0.9 , 98.96 ± 0.65 , 99.59 ± 0.41 and $99.91 \pm 0.7\%$ respectively for RD, D20, D30 and D40 diet. The results obtained show that the best growth and feed efficiency performances were obtained with the RD (45.80g) and D40 (44.32g) diets. Maggot protein incorporated at 40% in Nile tilapia feed improves its growth performance (45.80 ± 8.93 , 24.73 ± 5.37 , 24.75 ± 4.66 and 44.32 ± 7.97 g, respectively for RD, D20, D30 and D40 diets). The use of feed containing maggot meal generated respective production cost reduction rates of 47.53, 53.65 and 64.67% for D20, D30 and D40 compared to the reference feed.

KEYWORDS: fish, ciclidae, growth, feeding, fly larvae protein.

1 INTRODUCTION

Global production of captured and farmed fish is currently estimated at around 178 million tonnes, including 87.5 million tonnes for aquaculture [1]. As a result, aquaculture has become an essential alternative for increasing fish production and meeting the animal protein needs of the world population.

In the aquaculture sector, the production of Nile tilapia is experiencing impressive growth, making it, after salmon and shrimp, the third most successful aquaculture product in international trade ([2], [3]). Since 1988, the contribution of *Oreochromis niloticus* has increased more than 1.6 times, from 45% to more than 70% in 2010 [4]. In 2018, the total aquaculture production of Nile tilapia was approximately 4.53 million tonnes (8.3% of the total global aquaculture production) [5]. This is thanks to its hardiness, the quality of its flesh, which is well appreciated by consumers, and it's very interesting aquaculture potential. Furthermore, this species has extreme dietary plasticity and uses almost all the food offered to it. However, the use of cereal bran in its raw state results in low feed efficiency and therefore low fish yield [6]. The low fish productivity generated by the use of cereals and their raw by-products is due to the presence of high levels of non-assimilable elements and significant food losses [7]. In addition, high-performance imported feeds providing a complete diet for fish are produced in developed countries. Thus, the high cost of these imported feeds (40 to 60% of the production cost) [8] and the irregularity of their availability make the development of fish farming difficult in developing countries [9]. The high cost of these foods is due to the increasing price of fish meal and oil on the international market [10]. These constraints have directed research in recent years towards alternative sources of protein, notably maggot flour. Partial or complete replacement of fish meal or oil with that

of black soldier fly larvae allows equivalent results to be obtained ([11], [12]). For these authors, maggot flour has a composition similar to that of fish. The objective of this study was to determine the best rate of incorporation of maggot proteins in the diet of juvenile Nile tilapia. It should allow to conclude on the interest of using this rate of incorporation of maggot proteins in the diet to increase the growth of fish.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 EXPERIMENTAL DIETS

In this experiment, three diets were formulated from local by-products and the maggot protein. Maggots used to formulate the diets were produced from blowflies (Calliphoridae), kept captive in dome-shaped mosquito nets. A solar dryer made from a Chinese bamboo device covered with a transparent plastic sheet was used to dry the maggots. The three formulated diets were designated as D20, D30 and D40 (containing respectively 20, 30, and 40% of the maggot protein rate). The test diets were compared to a locally produced industrial reference diet (RD) (ALIMPOI). The proximate composition of experimental diets was shown in Table 1. These raw materials, made up of agricultural and industrial by-products, were purchased from feed producers in the commune of Yopougon in Abidjan. All diets were prepared according to the method of [13].

Table 1. Proportion (%) of ingredients used in experimental diets

Ingredients	Diets		
	D20	D30	D40
Soybean meal	51.5	43	36.0
Copra cake	5.5	5.5	3.0
Cotton meal	15.0	15.0	14.0
Low rice flour	3.0	3.5	7.5
Wheat bran	6.5	6.0	4.0
Maggot flour	17	25.5	34
Palm oil	0.75	0.75	0.75
Seashell four	0.25	0.25	0.25
Salt	0.25	0.25	0.25
Premix	0.25	0.25	0.25
TOTAL	100	100	100

D20 = Diet with 20% maggot protein and 80% vegetable protein; D30 = Diet with 30% maggot protein and 70% vegetable protein and D40 = Diet with 40% maggot protein and 60% vegetable protein.

Composition per 2.5 kg of premix: Vitamin A = 10,000,000 IU; Vitamin D3 = 2,000,000 IU; Vitamin E = 6,000 mg; Vitamin K3 = 1,500 mg; Vitamin B1 = 500 mg; Vitamin B2 = 1,500 mg; Vitamin B6 = 800 mg; Vitamin B12 = 5 mg; Vitamin B9 = 1,500 mg; Vitamin B3 = 8,000 mg; Vitamins C = 10,000 mg; Choline Chloride = 100,000 mg; Manganese = 60,000 mg; Cobalt = 100 mg; Zinc = 40,000 mg; Selenium = 100 mg; Iodine = 500 mg; Copper = 3,000 mg; Iron = 40,000 mg; Antioxidant = 30,000 mg

2.2 EXPERIMENTAL CONDITION AND FISH FEEDING

Total of 3200 *Oreochromis niloticus* juvenile (0.8 ± 0.01 g) were used for this study. They were distributed in concrete tanks at stocking density of 60 fry/m³ and fed with four diets. Daily feed rations were determined based on total biomass and then served in four meals (08 a.m., 11 a.m., 2 p.m., and 5 p.m.). The initial fry ration rate applied was 20% in the first month, 15% in the second month and 10% in the third month. The feeding experiment was for a period of 75 days. Control fishing was carried out every 15 days. Wet weight was determined on an electronic digital balance SARTORIUS L 6200 S (accuracy of ± 0.001 g). The operation consisted initially of evaluating weight from a sample of 30 fish per tank. Food ration was readjusted proportionally to the biomass of the pond.

2.3 WATER QUALITY PARAMETERS

Water quality assessment was carried out using a HANNA portable multiparameter model, type HI 9828. During this operation, physicochemical parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, were recorded in the concrete tanks every other day and three times a day at 06: 00, 12: 00 and 17: 00, before feeding the fish using the method of [14].

2.4 ANALYTICAL METHODS

The feed ingredients, experimental diets and fish samples were analyzed according to [15] for dry matter, crude protein, crude lipid, crude fiber, nitrogen free extract (NFE) and ash. The gross energy contents of the diets and fish samples were calculated using factors of 22.22, 38.9 and 17.2 kJ. g⁻¹ of protein, lipid and nitrogen free extract respectively [16].

2.5 MEASUREMENT OF GROWTH PERFORMANCE, FEEDS UTILIZATION PARAMETERS AND ECONOMIC VALUES

Weight Gain (WG) = Final fish weight (g) – Initial fish weight (g)

Average daily Gain (ADG) = Gain (g) / Time (days)

Feed conversion ratio (FCR) = Feed intake (g) / Weight Gain (g)

Protein efficiency ratio (PER) = Weight gain (g) / Protein intake (g)

Survival Ratio (SR %) = (Final fish / Initial fish) × 100

Specific Growth Rate (SGR %) = [(LnFW-LnIW) × 100] / Time (days)

Where FW is the final weight of fish, IW is the initial weight of fish and Ln is natural log.

Feed Used (FU) (kg) = Daily ration (kg) × Rearing time (days)

Cost of Feed Used (CFU) (F.CFA) = Feed Used (kg) × CF (F.CFA)

Where CF is the cost of 1 kg of feed

Production Cost (PC) (F.CFA) /kg fish produced = Cost of Feed Used / Weight Gain (kg)

Reduction Rate (RR. CF) of kg of tested feed compared to control feed (%) = [(Cost of 1 kg control feed – Cost of 1 kg tested feed) × 100] / Cost of 1 kg control feed.

Reduction rate (RR. PC) of feed cost to produce 1 kg of fish (%) = [(Feed cost to produce 1 kg control fish – Feed cost to produce 1 kg tested fish) × 100] / Feed cost to produce 1 kg control fish.

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

Results were presented as mean ± SD (standard deviation) for three or two replicates. The statistical analyses were carried out using one-way analysis of variance (ANOVA). The Tukey's multiple range test and Duncan's multiple-range test were used to compare differences among treatment means. Treatment effects were considered significant at $P \leq 0.05$. The analyses were performed using Statistica 7.1 software.

3 RESULTS

3.1 BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FORMULATED FEEDS

The approximate biochemical compositions of the different experimental foods are summarized in Table 2. They were determined by calculation considering the biochemical compositions of the ingredients in the literature and those of the maggots in this study. The protein contents of RD, D20, D30 and D40 foods ranged from 30.12% (D20) to 34.56% (RD). The fiber contents ranged from 5.93% (RD) to 7.23% (D20). Lipid contents ranged from 6.67 (RD) to 9.05% (D40). Ash contents ranged from 6.27% (D40) to 6.91% (RD) and moisture contents ranged from 8.74% (D20) to 9.03% (D40).

Table 2. Biochemical composition (% dry matter) of experimental diets

parameters	Diets			
	RD	D20	D30	D40
M	8.87 ± 0.06	8.74 ± 0.08	8.87 ± 0.09	9.03 ± 0.08
CP	34.56 ± 0.12	30.12 ± 0.11	30.17 ± 0.13	30.15 ± 0.10
CL	6.67 ± 0.06	7.44 ± 0.07	7.81 ± 0.07	9.05 ± 0.08
Ash	6.91 ± 0.08	6.48 ± 0.09	6.30 ± 0.07	6.27 ± 0.06
CF	5.93 ± 0.07	7.23 ± 0.09	7.17 ± 0.08	7.18 ± 0.07
NFE	37.06	39.99	39.68	38.32
GE (Kj. g ⁻¹)	16.64	16.45	16.56	16.80

RD= Reference diet; D20 = Diet with 20% maggot protein and 80% vegetable protein; D30 = Diet with 30% maggot protein and 70% vegetable protein and D40 = Diet with 40% maggot protein and 60% vegetable protein; M = Moisture, CP = Crude protein, CL = Crude lipid, CF= Crude fiber, NFE = Nitrogen free extract

Nitrogen free extract (NFE) = 100 – (% Moisture + % Protein+ % Ash +% Lipid + % Fiber)

GE= Gross Energy = 22.2 × % Protein + 38.9 × % Lipid + 17.2 × % Nitrogen free extract [16]

CF= Cost of feed

3.2 PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATER

The physicochemical parameters of the water in the tanks collected during the study were presented in the table 3. Water temperatures recorded during the rearing experiments in the different treatments fluctuated from 28.73 ± 1.05°C (D30) to 28.93 ± 1.1°C (RD). As for pH, the average values obtained ranged between 7.94 ± 1.38 (D40) and 10.04 ± 1.53 (RD). Dissolved oxygen concentrations ranged from 5.94 ± 2.14 (D20) to 6.49 ± 2.98 mg. L⁻¹ (RD). No significant differences ($p > 0.05$) were observed to the temperature, pH and dissolved oxygen of the pond water.

Table 3. Physicochemical parameters of water recorded in tanks during our study

Parameters	Diets			
	RD	D20	D30	D40
pH	8.41 ± 1.53 ^a	8.30 ± 1.36 ^a	8.02 ± 1.32 ^a	7.94 ± 1.38 ^a
T°C	28.93 ± 1.10 ^a	28.73 ± 1.05 ^a	28.79 ± 1.07 ^a	28.75 ± 1.03 ^a
O ₂ (mg. L ⁻¹)	6.49 ± 2.98 ^a	5.94 ± 2.14 ^a	6.30 ± 2.23 ^a	6.18 ± 2.26 ^a

Each value is the mean ± Standard deviation. Means with the same letters in the same row are not significantly different ($p > 0.05$). ANOVA and Duncan's multiple-range test.

3.3 GROWTH PERFORMANCE AND FEED UTILIZATION

The results of growth parameters (average final weight, average daily weight gain, specific growth rate) and feed processing (apparent feed conversion ratio, protein efficiency coefficient) as well as survival rate are presented in the table 4. The survival rates (Ts) were 99.89 ± 0.9, 98.96 ± 0.65, 99.59 ± 0.41 and 99.91 ± 0.7% respectively for RD, D20, D30 and D40 diet. There was no significant difference between the four diets ($P > 0.05$). After 75 days of rearing, the mean final weights were 45.80 ± 8.93, 24.73 ± 5.37, 24.75 ± 4.66 and 44.32 ± 7.97 g, respectively for RD, D20, D30 and D40 diets. The mean daily weight gains were 0.6 ± 0.12 g for RD, 0.32 ± 0.07 g for D20, 0.31 ± 0.07 g for D30 and 0.58 ± 0.11 g for D40. Calculated weight-specific growth rates (SGR) ranged from 4.5 ± 0.27 (D20) to 5.36 ± 0.27%/day (RD). The multiple comparison test (Tukey's HSD test) showed that the RD and D40 diets gave significantly higher growth parameters ($P \leq 0.05$) than the other diets. However, there was no significant difference ($P > 0.05$) between the D20 and D30 diets. The tested foods were characterized by significantly lower mean apparent consumption index values for the RD (0.8 ± 0.17) and D40 (0.84 ± 0.18) diets and higher for D20 (1.07 ± 0.22) and D30 (1.02 ± 0.19). The mean values of protein efficiency coefficients ranged from 3.22 ± 0.72 for the D20 diet to 4.34 ± 0.85 for the RD diet. The RD and D40 diets remained significantly different from the D20 and D30 diets.

Table 4. Growth performance, survival rate, feed conversion ratio and protein efficiency ratio at juvenile stage of *Oreochromis niloticus*

Parameters	Diets			
	RD	D20	D30	D40
SR (%)	99.89 ± 0.59	98.96 ± 0.65	99.59 ± 0.41	99.91 ± 0.7
IW (g)	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01
FW (g)	45.80 ± 8.93 ^a	24.73 ± 5.37 ^b	24.75 ± 4.66 ^b	44.32 ± 7.97 ^a
WG (g)	45.00 ± 8.93 ^a	23.93 ± 5.37 ^b	23.95 ± 4.66 ^b	43.52 ± 7.97 ^a
ADG (g/day)	0.60 ± 0.12 ^a	0.32 ± 0.07 ^b	0.31 ± 0.07 ^b	0.58 ± 0.11 ^a
SGR (%/day)	5.36 ± 1.27 ^a	4.50 ± 1.97 ^b	4.56 ± 1.24 ^b	5.26 ± 1.26 ^c
FCR	0.80 ± 0.17 ^a	1.07 ± 0.22 ^b	1.02 ± 0.19 ^b	0.84 ± 0.18 ^a
PER	4.34 ± 0.85 ^a	3.22 ± 0.72 ^b	3.38 ± 0.66 ^b	4.07 ± 0.78 ^a

RD= Reference diet; D20 = Diet with 20% maggot protein and 80% vegetable protein; D30 = Diet with 30% maggot protein and 70% vegetable protein and D40 = Diet with 40% maggot protein and 60% vegetable protein

Each value is the mean ± Standard deviation; Means has the different letters in the same row are significantly different at $p = 0.05$. ANOVA and Tukey's multiple tests.

3.4 BIOCHEMICAL COMPOSITION OF CARCASS

The biochemical composition of the juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* carcasses at the end of the feeding experiments were presented in the table 5.

After 75 days of rearing, no significant differences were observed between the moisture, ash, protein, lipid, and energy contents of the carcasses of fish fed with the different experimental diets. The carcass protein content was higher in fish fed with RD ($51.11 \pm 0.17\%$) and D40 ($50.83 \pm 0.31\%$) and do not present any significant difference ($p > 0.05$). The lowest carcass protein contents were recorded with fish fed with D20 and D30 ($49.47 \pm 0.15\%$ and $49.82 \pm 0.17\%$ respectively). The results of statistical analyses showed that the lipid contents of the carcass were significantly identical in the diets RD ($16.85 \pm 0.15\%$) and D40 ($17.91 \pm 0.12\%$). As for the ash contents of the carcasses, they varied from $18.85 \pm 0.16\%$ (D20) to $20.43 \pm 0.13\%$ (RD). The energy contents of the fish carcasses were between 17.90 (RD) and 18.25 kJ. g⁻¹ (D40).

Table 5. Carcass chemical composition of fish used for our study

Parameters	Diets			
	RD	D20	D30	D40
Moisture	76.87 ± 0.15 ^a	77.08 ± 0.17 ^a	76.97 ± 0.18 ^a	77.15 ± 0.16 ^a
Crude protein	51.11 ± 0.17 ^b	49.47 ± 0.15 ^a	49.82 ± 0.17 ^a	50.83 ± 0.31 ^b
Ash	20.43 ± 0.13 ^b	18.85 ± 0.16 ^a	19.21 ± 0.17 ^a	19.42 ± 0.16 ^{ab}
Crude lipid	16.85 ± 0.15 ^a	18.65 ± 0.14 ^b	18.22 ± 0.15 ^b	17.91 ± 0.12 ^{ab}
GE (Kj. g ⁻¹)	17.90 ^a	18.06 ^a	18.14 ^a	18.25 ^a

Each value is the mean ± Standard deviation. Means with the same letters in the same row are not significantly different ($p > 0.05$). ANOVA and Duncan's multiple-range test.

GE= Gross Energy = $22.2 \times \% \text{ Protein} + 38.9 \times \% \text{ Lipid} + 17.2 \times \% \text{ Nitrogen free extract}$ [16]

3.5 COST-BENEFIT ANALYSIS

The costs of the different experimental feeds are summarized in the table 6. The costs in FCFA per kilogram of the experimental feeds were 780, 305.98, 283.51, and 261.66 for the RD, D20, D30 and D40 feeds respectively. The highest value was obtained for the RD feed and the lowest for the D40 feed. The use of maggot meal helped to reduce the cost per kilogram of the formulated feed. Compared to the reference feed (RF), the observed values generated a reduction rate of approximately 60.77% for D20, 63.65% for D30 and 66.45% for D40. The production costs (PC) per kilogram of fish were respectively 624 FCFA.kg⁻¹ (RF), 327.39 FCFA.kg⁻¹ (D20), 289.18 FCFA.kg⁻¹ (D30), and 219.79 FCFA.kg⁻¹ (D40). The highest value was obtained for fish fed with RD feed and the lowest for D40 feed. The use of feed containing maggot meal generated respective production cost reduction rates of 47.53, 53.65 and 64.67% for D20, D30 and D40. Regarding the time required to produce (PT) one gram of live weight, it was 1.66 (RD), 3.13 (D20), 3.13 (D30) and 1.8 days (D40).

Table 6. Evaluation of feed costs and fish subjected to test diets

Parameters	Diets			
	RD	D20	D30	D40
CF (FCFA/Kg)	780	305.98	283.51	261.66
CFU (FCFA/Kg)	624	327.39	289.18	219.79
RR. CF/AR (%)	-	60.77	63.65	66.45
RR. PC/AR (%)	-	47.53	53.65	64.67

CF= Cost of 1 kg of feed; CFU = Cost of feed used; PC= Production cost of 1 kg of fish;

RR. CF/RD = Reduction Rate of CF compared to reference diet (RD); RR. PC/RD = Reduction Rate of PC compared to reference diet (RD).

4 DISCUSSION

Water quality was maintained within the recommended limits for the culture of freshwater tilapia *Oreochromis niloticus*. Indeed, the pond water temperatures recorded during the culture experiments ranged from 28.73 ± 1.05 (D20) to $28.93 \pm 1.10^\circ\text{C}$ (RD). These values were similar to those obtained by [17] which were between 27.30 ± 0.80 and $29.40 \pm 0.80^\circ\text{C}$. As for the pH values recorded, the average values obtained ranged between 7.94 ± 1.38 (D40) and 8.41 ± 1.53 (RD), these values were higher than those of other authors ([18], [17]) obtained in studies prior to ours. This observed difference could be explained by the use of running water (SODECI) in the present study. However, these results remain within the recommended limits which is 25 to 35°C for temperature [19] and 5 to 11 for pH [20]. The dissolved oxygen concentrations were between 5.94 ± 2.14 (D20) and 6.49 ± 2.98 mg. L⁻¹ (RD) these data were consistent with those of [21] whose values oscillated between 4.4 to 6.1 mg. L⁻¹ with an overall average of 5.19 ± 0.92 mg. L⁻¹.

The use of maggot meal does not appear to affect the Survival rate of fry receiving the test rations. The survival rate (98.96 ± 0.61 to $99.91 \pm 0.7\%$) of our results was higher than those of [22] as well as [23] whose values ranged from 89.4 to 94.4%. The results of the present study were similar to those of [24] who obtained a rate varying from 95 to 100% in juveniles of *Lates niloticus* fed with soybean meal. But lower than those of [25] who obtained results of 100% survival on tilapia *Oreochromis niloticus* fed for 60 days. The values of the final average weight after 75 days of testing were 45.80 ± 8.93 , 24.73 ± 5.37 , 24.75 ± 4.66 and 44.32 ± 7.97 g, respectively for RD, D20, D30 and D40 foods. These average weights were higher than those of [26] who obtained 17.25 g after three months, as well as [18] whose weights ranged between 25.60 g and 31.57 g. The good growth of the fish could be explained by the presence of maggot protein in the feed, unlike the two tests mentioned above, whose feed inputs consisted solely of agricultural by-products. Daily weight gains in the present study were 0.6 ± 0.12 g for RD, 0.32 ± 0.07 g for D20, 0.31 ± 0.07 g for D30 and 0.58 ± 0.11 g for D40. These daily increases were higher than those in pond studies (0.28 g/d – 0.35 g/d) by [22]. The good growth performance of subjects receiving the D40 diet (0.58 g/day) similar to the reference diet (0.6 g/day) would justify that the incorporation rate of maggot protein at 40% in the diet of Tilapia *Oreochromis niloticus* is the best, as mentioned in other research at larval stage [27]. Indeed, the D40 diet boosted the growth of fry thanks to good digestibility of maggot protein. However, these results differ from those of [22] who recorded good performance when maggot flour was incorporated at 50%. Indeed, unlike the work [22], this study consisted of evaluating the effect of maggot protein and not flour on the growth parameters of *Oreochromis niloticus* in the pre-fattening phase. In addition, the protein value of maggot flour can vary from one author to another, depending on the nature of the production substrate, the time of harvesting the larvae and the drying system [28]. As for the specific growth rate (SGR), our tests (4.5 to 5.36% /day) are superior to those of [22] which recorded values varying from 0.04 to 0.05% /day and to those of [25] which obtained an SGR varying from 0.83 to 0.90% /day. With respect to feed conversion indices (FCR), the present results (0.8 to 1.07) were better than those (1.02 – 4.58) recorded in work carried out in concrete tanks [29] against 2.8 to 6 in [22]. These low indices highlight the high digestibility of maggot proteins by Nile Tilapia fry.

The results of the biochemical composition of fish carcasses showed that the ash and protein content increased with the high incorporation rates of maggot protein in the different diets. The minerals provided by maggot meal in feed would be very well utilized and retained by *Oreochromis niloticus*. Similar results were obtained with this species by [30]. Regarding proteins, the incorporation of maggot protein in feed did not affect the protein contents of fish carcasses. The reference [31] report the same results in this species. The lipid contents of fish carcasses decrease with high rates of maggot protein incorporation, conversely those of energy increase. The high lipid contents obtained in fish fed with D20 and D30 diets influenced the energy retained and daily lipid gain of the fish.

Analyses of the various financial costs related to feeding showed that the use of feed containing maggot protein resulted in economic gain and satisfactory growth performance thanks to good digestibility of maggot proteins. The use of D20, D30 and D40 feeds generated a saving in feed cost (feed cost to produce one kilogram of fish) by respective rates of 47.53, 53.65 and 64.67%, compared to the RD reference. The results of this work are in line with those of previous works which recorded reduction rates of 63.34 to 70.48% [18] and 13% - 21% [31]. Compared to the RD reference, the D40 feed offers the best quality/price ratio and helps to enhance fish growth while producing at a lower cost compared to the other two (D20 and D30), thanks to its good nutritional quality. In tropical fish farming, the high-performance D40 feed could therefore be the one that optimizes economic results and fish production performance.

5 CONCLUSION

At the end of this study, the maggot protein allowed good growth in the zootechnical performance of the tilapia *Oreochromis niloticus* at the pre-fattening stage. It therefore appears that maggot meal can completely replace fish meal in the diet of tilapia *Oreochromis niloticus*. In addition, feed containing maggot protein has led to a reduction in the cost of fish production. Finally, the best results recorded with the D40 diet in terms of impact on zootechnical performance and on the reduction of fish production costs, allow it to be retained as the ideal rate of incorporation in the diet of Nile tilapia, Brazilian strain.

REFERENCES

- [1] Fao. Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. ADCP/REP/89/46, 2022.
- [2] T. Garlock, F. Asche, J. Anderson, T. Bjørndal, G. Kumar, K. Lorenzen, R. Tveterås, A Global Blue Revolution: Aquaculture Growth Across Regions, Species, and Countries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 1–10, 2019.
- [3] Naylor, R. W. Hardy, A. H. Buschmann, S. R. Bush, I. Cao, D. H. Klinger, D. C. Little, J. Lubchenco, S. E. Shumway, et M. Troell, Un examen rétrospectif de 20 ans de l'aquaculture mondiale. *Nature*, 591 (7851), 551–563, 2021.
- [4] Fao, *Food systems for better nutrition*, The state of food and agriculture.
- [5] Rome, 2013.
- [6] Fao, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, La durabilité en action.
- [7] Rome. Italie, 274p, 2020.
- [8] C. Burel, et F. Médale, Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture ? *Oilseeds and Fats Crops and Lipids*. 21 (4) D406: 2-15, 2014.
- [9] G. Francis, H. P. S. Makkar et K. Becher, Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197-227, 2001.
- [10] R. W. Hardy, Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture research*, 41: 770-776, 2010.
- [11] Fao, Fisheries & Aquaculture - Cultured aquatic species fact sheets – *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), 2016.
- [12] Fao, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rome: 255 p, 2014.
- [13] Gasco L., Biasato I., Dabbou S., Schiavone A., Gai F, Animals fed insect-based diets: State-of-the-art on digestibility, performance and product quality. *Animals* 9: 170, 2019.
- [14] M. Heuel, C. Sandrock, F. Leiber, A. Mathys, M. Gold, C. Zurbrugg, I. D. M. Gangnat K. J. Lazard, La pisciculture des tilapias. *Cahiers Agricultures*, 18 (2-3): 393–401, 2009.
- [15] M. Gbai, A. Ouattara, N. Ouattara, M. Ouattara et K. Yao, Substitution of
- [16] the fish meal by maggot meal in the feed of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* at different stages of growth: *IJAR* 5 (1): 1-16, 2019.
- [17] H. L. Golterman, R. S. Clymo, M. Ohnstad, Methods of Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters. *Blackwell Science*, 214 p, 1978.
- [18] AOAC, Official methods of analysis. 15th Association of official optimal aquaculture chemists 15th Edith. Published by the AOAC Benjamin Franklin Station. Washington D.C. Doi: 10.4236/ce2020.118106, 1990.
- [19] P. Luquet, Y. Moreau, Energy-Protein management by some warmwater finfishes, In *Advances in Tropical Aquaculture*, AQUACOP IFREMER, Actes du Colloque n° 9, Tahiti. pp 751-755, 1989.
- [20] M. Gbai, A. Ouattara, N. Ouattara, M. Ouattara et K. Yao, Influence de la substitution totale de la farine de poisson par celles de spiruline, d'asticot et de ver de terre dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* sur la qualité de l'eau d'élevage. / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 18 (1): 82-91, 2024.
- [21] Y. Diabagate, Y. Bamba, K. J. Brou, K. Richmond N'zue, A. Ouattara, Effets de l'alimentation contenant des tourteaux de coprah et coton sur les performances de production en bassin des juvéniles du tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) « Souche Brésil » Science de la vie, de la terre et agronomie. *REV. RAMRES* - vol.11 02. 2023** ISSN 2424-7235, 2023.
- [22] C. Melard, Système de production en aquaculture. Systèmes intensifs. Notes de cours, *Université de Liège*, Belgique, 81 p, 2004.
- [23] R. Billard, J. Marcel. Quelques techniques de production de poissons d'étangs. *Pisciculture Française*, 59: 9-16 et 41-49, 1980.
- [24] E. Faye, M. S. Serigne, M. A. TOURE, S. Gueye et G. Gueye, Effets de la densité de stockage sur la croissance des alevins de Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en cages fixes dans le Lac de Guiers, Sénégal. *Afrique SCIENCE* 14 (3) (2018) 378 – 390, 2018.
- [25] N. D. Coulibaly, C. Kondombo, H. L. Imien, Effets de la substitution partielle de la farine de poisson par la farine d'asticots, sur la croissance du tilapia du Nil, (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 50 (3): 9150-9161, 2021.
- [26] Y. Abou, A. Adité, M. Ibikounlé, Y. Beckers, E. D. Fiogbé and J. C. Micha, Partial replacement of fish meal with Azolla meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) affects growth and whole-body fatty acid composition. *Int.J.Biol.Chem.Sci.* 5 (6): 2224-2235, 2011.
- [27] M. Ly et C. T. Ba, Effets d'une partielle substitution de la farine de poisson par la farine de soja sur la croissance des juvéniles de la perche du Nil (*Lates niloticus*, Linnaeus 1758). *Int.J.Biol.Chem.Sci.* 9 (3): 1477-1484, 2015.

- [28] C. I. Dibala, M. C. Yougbaré, K. Konaté, N. D. Coulibaly, M. H. Dicko, Production d'tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) avec des aliments à base de protéines végétales. *J. Appl. Biosci.* 128: 12943-12952, 2018.
- [29] K. Makila, K. Kasongo, N. Kiayima, M. Mwene-Nsenge, N. Kabamba, L. N. Nzel, K. Mukuende, I. Lushimba, Étude de la croissance de l'*Oreochromis niloticus* en élevage semi-intensif à la ferme Naviundu de l'Université de Lubumbashi. *Journal of Animal & Plant Sciences* (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.44 (2): 7657-7663, 2020.
- [30] A. Traore, M. Gbai, LA. Yao, K. Yao, Effect of different rates of maggot protein in feed on the growth and cost of production of tilapia *Oreochromis niloticus* (Brazilian strain) at larval stage. *Int. J. of Biosci.*, 25 (4): 45-53, 2024.
- [31] J. Atteh et F. Ologbenla, Replacement of fish meal with maggots in broiler diets: effects on performance and nutrient retention. *Nigerian Journal of Animal Production*, 20: 44-49, 1993.
- [32] A. Chikou, P. K. Houndonougbo, D. Adandedjan, E. Sodjinou, C. Bonou, A. Adite, P. Laleye, and G. A. Mensah, Mise au point de formules alimentaires à base de farine de ver de fumier (*Eisenia foetida*) et de sous-produits locaux pour la pisciculture rurale du tilapia *Oreochromis niloticus*. *Afrique SCIENCE*, 15 (1): 27-36, 2019.
- [33] D. M. S. El-Saidy and M. M. A. Gaber, Complete replacement of fishmeal by soybean with the dietary Lysine Supplementation in Nile tilapia fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society* 33: 297-309, 2002.
- [34] K. Brou, K. R. N'zue, M. Oswald, Y. Bamba, Effets des régimes extrudés contenant du son de riz et du son de blé sur les performances de croissance du tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) élevé en enclos. *Afrique SCIENCE*, 17 (6): 264-281, 2020.

Ambivalences des usages de symboles palestiniens en Tunisie: Entre solidarité sincère et altruisme ostentatoire

[Ambivalences in the use of palestinian symbols in Tunisia: Between genuine solidarity and ostentatious altruism]

Sana Ben Ghali

Department Design, Université de Tunis, Institut Supérieur des Beaux Arts de Tunis (ISBAT), Tunis, Tunisia

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article examines the circulation of Palestinian symbols between genuine political engagement and performative commodification, drawing on the theoretical frameworks of Veblen, Illouz, Debord, and Baudrillard. In Tunisia, these symbols function as markers of memory, solidarity, and resistance, yet they are also vulnerable to political neutralization when integrated into commercial logics or transformed into objects of conspicuous consumption. The study shows, however, that ethical practices — transparency, redistribution of profits, and respect for symbolic integrity — can reconfigure activist marketing as a tool of real support rather than a form of moral spectacle. It also highlights the central role of digital platforms in amplifying mobilization, provided that superficial performativity is contained. The article concludes by calling for a rethinking of activist consumption as a concrete lever for justice and collective action, rather than a display of virtue.

KEYWORDS: Palestinian symbols, Activist consumption, Commodification, Performativity, Activist marketing, altruisme ostentatoire.

RESUME: Cet article examine la circulation des symboles palestiniens entre engagement authentique et marchandisation performative, en mobilisant les cadres théoriques de Veblen, Illouz, Debord et Baudrillard. En Tunisie, ces symboles constituent des marqueurs de mémoire, de solidarité et de résistance, tout en étant exposés au risque de neutralisation politique lorsqu'ils sont intégrés aux logiques commerciales ou transformés en objets de consommation ostentatoire. L'étude montre toutefois que des pratiques éthiques — transparence, redistribution des bénéfices, respect des symboles — peuvent reconfigurer le marketing militant comme un outil de soutien réel plutôt qu'un simple spectacle moral. Elle souligne également le rôle central des plateformes numériques dans l'amplification de la mobilisation, à condition de limiter les dérives performatives. L'article conclut en appelant à repenser la consommation militante comme un levier concret de justice et d'action collective, et non comme une mise en scène de vertu.

MOTS-CLEFS: Symboles palestiniens, Consommation militante, Marchandisation, Performativité, Marketing militant, altruisme ostentatoire.

1 INTRODUCTION

La cause palestinienne occupe en Tunisie une position singulière, à la fois politique, historique et affective. Depuis les années 1960, elle constitue un repère majeur de l'imaginaire collectif et un marqueur identitaire partagé, transcendant les clivages idéologiques et générationnels. Pour beaucoup de Tunisiens, soutenir la Palestine relève moins d'un simple positionnement géopolitique que d'une expression de valeurs fondamentales telles que la justice, la dignité et l'anti-

colonialisme. Cette sensibilité s'est renforcée durant les années 1980, lorsque Tunis a accueilli l'OLP, inscrivant matériellement la cause palestinienne dans la mémoire urbaine et politique du pays. Aujourd'hui encore, la mobilisation autour de la Palestine s'exprime à travers les manifestations populaires, et le passage à l'action depuis la caravane de *soumoud* arrivant à la flotille de *soumoud*.

Dans la même veine, ces pratiques se manifestent dans la pratique culturelle, les productions artistiques, les réseaux sociaux et les gestes quotidiens de consommation. Ainsi, la cause palestinienne fonctionne comme un "mythe social" tunisien: un symbole fédérateur qui permet aux individus d'articuler une appartenance morale, une solidarité émotionnelle et une critique de l'ordre international. Dans ce contexte, l'apparition et la circulation de produits engagés, de slogans ou de symboles renvoyant à la Palestine revêtent une signification particulière, car ils s'inscrivent dans un champ affectif et mémoriel déjà fortement chargé.

Depuis plusieurs décennies, les symboles palestiniens: drapeau, carte, keffieh, personnage de Handhala constituent des vecteurs de visibilité, de mémoire et de résistance face à l'effacement territorial et culturel. Ces signes sont omniprésents dans les médias, les manifestations, l'art et plus récemment, dans l'espace commercial et numérique. La circulation de ces symboles dans le marketing contemporain illustre un phénomène complexe où la visibilité de la cause se combine à des stratégies marchandes. L'enjeu n'est plus seulement de représenter la Palestine dans l'imaginaire collectif. Il s'agit également de comprendre comment ces objets deviennent des instruments de communication affective, de performativité morale et d'argument d'achat.

La situation géopolitique récente, notamment les offensives de Gaza, a intensifié la visibilité des symboles palestiniens dans l'espace médiatique et les réseaux sociaux. Mais aussi sur les boutiques en ligne, les produits « militants » se multiplient, allant des t-shirts et bracelets aux bijoux et objets décoratifs. La prolifération de ces objets soulève un double questionnement : comment distinguer les usages sincères, visant à sensibiliser et soutenir la cause, des usages opportunistes, transformant les symboles en produits de consommation ? Et quels effets cette marchandisation a-t-elle sur la perception publique de la lutte palestinienne et sur les formes contemporaines de solidarité ?

Pour aborder cette problématique, nous nous sommes basés sur un corpus montrant le double usage de ces symboles. Nous adoptons, une méthodologie reposant sur une approche qualitative triangulée, combinant une analyse sémiotique, portant sur les formes, couleurs, composition et mise en scène visuelle des symboles, une analyse discursive, centrée sur les slogans, messages publicitaires et arguments de vente et une analyse socio-politique, visant à comprendre les effets sur les attitudes collectives.

2 LES SYMBOLES COMME SIGNES DE SOLIDARITE

2.1 L'INDIGNATION COMME MOTEUR DE VISIBILITE

Historiquement, le drapeau palestinien a été adopté en 1964 par l'Organisation de libération de la Palestine (OLP) et s'est imposé comme un signe identitaire et de résistance. Nous retrouvons aussi le "morceau de pastèque", symbole de plus en plus popularisé apparu dans un moment d'extrême censure, quand les palestiniens étaient interdit de brander leur drapeau. Ce symbole est inspiré du livre du palestinien Radhi Chahadah, intitulé: *الجراد يحب البطيخ*, nous traduisons: "Les sauterelles aiment les pastèques". Le keffieh, popularisé par Yasser Arafat, symbolise l'attachement à la terre et à l'identité nationale. Le personnage de Handhala, créé par le caricaturiste Naji al-Ali, incarne la résistance populaire et l'injustice sociale. Ces symboles ont traversé les décennies, se maintenant comme points de repère visuels pour la communauté palestinienne et les soutiens internationaux. Leur diffusion dépasse désormais les frontières politiques et géographiques, notamment grâce aux réseaux sociaux, où les hashtags #Palestine, #FreePalestine ou #Handhala accompagnent des images et objets vendus en ligne.

Les symboles palestiniens ne sont pas de simples images ; ils fonctionnent comme des véritables opérateurs de visibilité et d'indignation morale. Depuis la Nakba de 1948, ces signes visuels ont accompagné la lutte pour la reconnaissance nationale et la mémoire collective. Dans le contexte contemporain, marqué par la diffusion massive des informations sur les réseaux sociaux et l'émergence de pratiques de marketing « militant », ces symboles sont investis d'une double fonction : représenter la résistance et mobiliser affectivement les publics.

Les signes sociaux Selon Jean Baudrillard (1995), ne se limitent pas à représenter la réalité : ils sont des opérateurs sociaux qui rendent visibles des réalités invisibilisées par les structures de pouvoir. Dans ce cadre, le drapeau palestinien ou le keffieh ne sont pas de simples objets décoratifs : ils matérialisent la résistance face à l'effacement culturel et territorial ou comme le nomme Marion Slitine "culturicide". L'affichage de ces symboles sur des vêtements, accessoires ou bijoux constitue un acte sémiotique revendicatif, signalant l'appartenance à une cause et la reconnaissance d'une injustice historique.

Les objets militants, qu'ils soient physiques (bracelets, tote bags, keffieh) ou numériques, (avatars, filtres, stickers), inscrivent la cause dans la vie quotidienne, donnant au public une présence tangible et constante de la lutte.

Dans ce contexte, les banderoles brandies dans les arènes sportives et les actions menées dans la rue pour la cause palestinienne, lors des manifestations deviennent des dispositifs sémiotiques centraux. Ils constituent de véritables dispositifs sémiotiques qui structurent l'expérience collective et donnent une visibilité matérielle à la lutte. Leur puissance symbolique réside dans leur capacité à cristalliser un imaginaire commun, à susciter des affects et à produire un sentiment d'appartenance.

L'usage de ces symboles s'inscrit dans la logique des communautés imaginées décrites par Anderson (1983). En effet, se reconnaître dans un drapeau palestinien ou dans la figure de Handhala revient à intégrer un ensemble de croyances, de valeurs et de récits partagés. Ces signes rendent visible une communauté transnationale de lutte, construite moins par des frontières géographiques que par une conscience politique commune. Brandir un symbole même dans un événement sportif devient ainsi un acte performatif d'adhésion à une cause collective, et confère au participant un rôle actif au sein d'un « nous » solidaire (Butler, 1997).

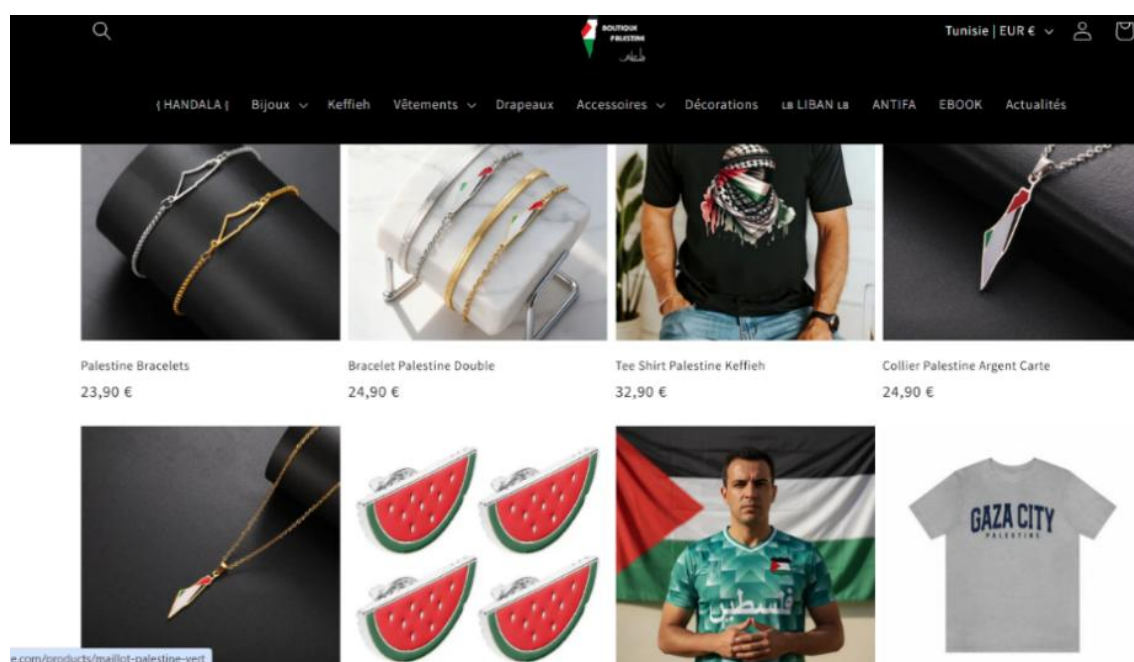


Fig. 1. Produits vendus dans le site d'achat la boutique Palestine

Cette performativité est renforcée par l'engagement corporel qui accompagne systématiquement ces dispositifs. Les manifestations, les chants, les clameurs, les gestes amples et la mobilisation des corps inscrivent les individus dans une dynamique collective qui dépasse la simple expression d'opinion. Comme l'a montré Ahmed (2004), les émotions circulent entre les corps et produisent des alignements affectifs qui structurent durablement les engagements politiques. Dans les stades ou dans la rue, l'atmosphère euphorique mêlant joie, indignation, colère, espoir fonctionne comme un catalyseur d'émotions partagées. Les corps s'accordent, vibrent ensemble, se reconnaissent dans une même énergie qui confère à l'action politique sa densité affective.

Ce phénomène rejoint la notion d'effervescence collective développée par Durkheim (1912), selon laquelle le rassemblement des individus dans une situation rituelle produit une intensité émotionnelle qui dépasse les expériences individuelles. Sous cette perspective, le moment sportif ou la manifestation deviennent des espaces quasi rituels où se rejoue, sous une forme spectaculaire, l'appartenance à une communauté de lutte. Les symboles palestiniens ne sont alors pas seulement montrés: ils sont vécus, incorporés, mis en acte. Leur circulation dans ces contextes génère une immersion affective et corporelle qui permet aux participants d'« entrer dans la peau du résistant ».

La dimension immersive de ces pratiques est largement liée à la manière dont elles articulent simultanément le symbolique, le corporel et l'affectif. Dans les mobilisations pro-palestiniennes, ce cadre est celui de la résistance: les gestes, les chants, les signes visuels deviennent les éléments d'une scénographie collective qui fait de chaque participant un acteur de la lutte. Les stades, de leur côté, fonctionnent comme des espaces rituels contemporains (Bromberger, 1995) où la ferveur des supporters se situe à l'intersection du politique et de l'émotionnel, transformant un événement sportif en tribune de contestation. Ces

dispositifs sémiotiques, par leur matérialité, leur visibilité et leur charge émotionnelle, produisent une expérience immersive de la résistance, où chacun peut occuper temporairement la place du résistant, non seulement en paroles, mais par le corps, les affects et la participation active au rituel collectif.

Elles matérialisent une solidarité qui se veut sincère et immédiatement lisible, tout en produisant une visibilité collective difficilement contestable. Ces signes performatifs construisent un imaginaire partagé où l'expression de l'affect politique se manifeste sous une forme sensible et communautaire. Elles agissent ainsi comme des vecteurs d'identification et comme des instruments de légitimation de la cause, en permettant aux participants d'inscrire leur engagement dans une mise en scène visuelle reconnue socialement.

Des exemples récents illustrent cette visibilité : lors des offensives de Gaza de 2023, une étude sur Instagram a montré une augmentation de plus de 120 % des publications intégrant le drapeau palestinien (#Palestine, #FreePalestine).

Certaines pratiques vont au-delà de la simple visibilité, vers un Boycott ciblée. Ces usages traduisent une participation active et consciente, où la marchandisation n'annule pas la dimension politique : elle peut la diffuser, la ritualiser et créer un engagement durable. La consommation devient ainsi un acte militant indirect, capable de transformer la sphère privée et quotidienne en espace de visibilité politique.

Dans la même veine, L'essor des réseaux sociaux et des marketplaces en ligne a transformé la manière dont les symboles palestiniens circulent. Sur Instagram, TikTok facebook... des micro-influenceurs et des petites boutiques spécialisées créent des campagnes mêlant storytelling, merchandising et émotion politique. Ces plateformes facilitent la création micro-réseaux de solidarité, où chaque interaction, like, partage, commentaire ou achat contribue à amplifier la cause. Ces pratiques mettent en évidence l'importance de l'engagement performatif affectif, où le symbole devient un support à la fois identitaire, émotionnel et politique. Elles confirment que la circulation commerciale et numérique des symboles palestiniens peut servir à la fois la visibilité et la mobilisation collective, lorsqu'elle est articulée à des intentions sincères et à des pratiques transparentes.

2.2 DU POLITIQUE ET DU COMMERCIAL DANS LES PLATEFORMES "MILITANTES"

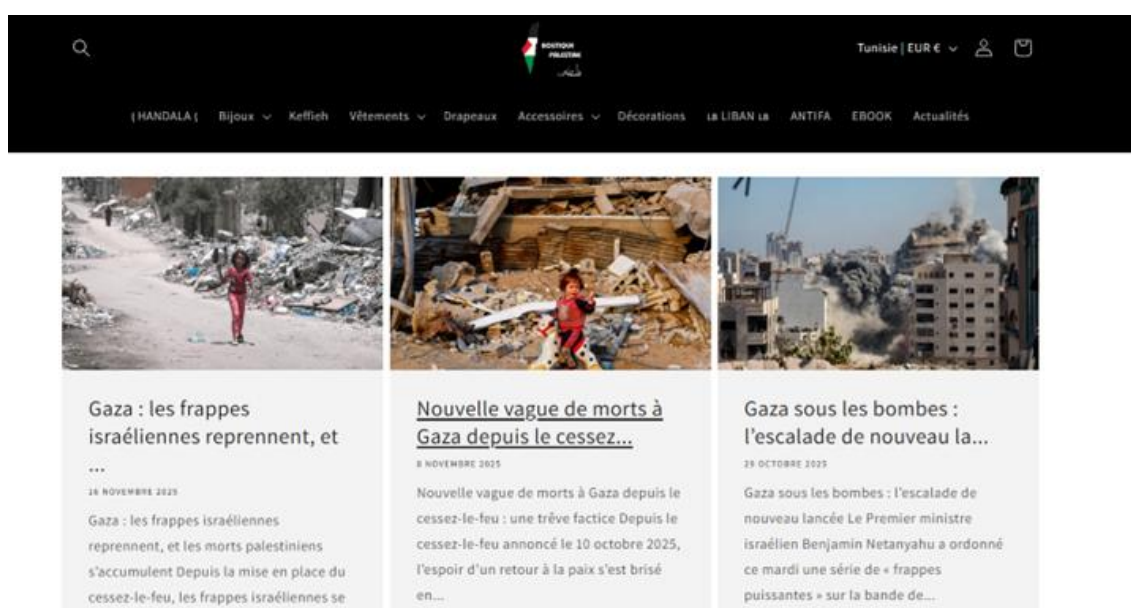


Fig. 2. Capture écran montrant le site d'achat comme source d'information et d'actualité

Le cas de la boutique *Palestine* constitue un exemple particulièrement éclairant de l'articulation contemporaine entre engagement politique, économie numérique et stratégies commerciales. En apparence, la plateforme se présente comme une boutique en ligne proposant des produits culturels et identitaires liés à la Palestine : keffieh, bijoux, vêtements, accessoires, objets décoratifs, etc. Cependant, l'analyse de son interface et de ses contenus révèle une dimension supplémentaire : la boutique diffuse également des fils d'actualité, des photos de guerre et des informations politiques sur la situation à Gaza. Cette hybridation entre commerce et information interroge les frontières traditionnelles entre consommation, engagement et médiatisation.

Une première hypothèse consiste à considérer que les produits vendus servent de simple prétexte pour diffuser des contenus politiques. Selon cette lecture, la boutique fonctionnerait comme un espace alternatif d'information, en utilisant le commerce comme façade pour toucher un public plus large. L'acte d'achat devient alors secondaire, tandis que la véritable finalité serait la visibilisation du conflit, la médiation d'un récit politique et la construction d'une mémoire collective. Dans cette perspective, la boutique se rapproche d'une plateforme militante qui instrumentalise les logiques marchandes pour contourner les restrictions imposées à l'expression politique sur d'autres réseaux.

Une seconde hypothèse peut être formulée de manière symétrique: les fils d'actualité seraient mobilisés comme arguments marketing, renforçant la valeur symbolique des produits vendus. Dans cette logique, l'exposition d'images de destruction, de témoignages ou de bilans humains crée une charge affective susceptible d'intensifier le sens moral de l'achat. Le produit ne serait plus seulement un objet marchand, mais un marqueur identitaire inscrit dans l'actualité tragique du moment. Cette stratégie rejoint ce que la littérature qualifie de consommation militante performative, où les consommateurs achètent autant pour afficher un positionnement éthique que pour soutenir une cause. L'actualité devient ainsi un outil de mise en scène émotionnelle, qui contribue à légitimer et valoriser la transaction commerciale.

Ces deux hypothèses ne s'excluent pas nécessairement. La force du dispositif réside peut-être justement dans cette ambiguïté productive: la boutique sert simultanément de relais d'information et de canal commercial, en entretenant une porosité entre engagement politique et acte d'achat. Cela soulève toutefois des questions éthiques importantes. À quel moment la marchandisation risque-t-elle de neutraliser le message politique ? À l'inverse, jusqu'où peut-on instrumentaliser l'émotion publique à des fins commerciales sans basculer dans une forme d'exploitation symbolique ?

L'exemple de la *boutique Palestine* met ainsi en lumière les tensions inhérentes à l'économie politique des causes contemporaines. Il révèle comment, à l'ère du numérique, les frontières entre solidarité, consommation et information s'entremêlent, au point de rendre parfois indissociables l'acte de s'informer, celui de s'indigner et celui d'acheter.

Le cas de la boutique *Palestine* constitue un objet d'étude pertinent pour appréhender les formes contemporaines d'articulation entre engagement politique, économie numérique et stratégies de communication marchande. Cette plateforme, présentée comme une boutique en ligne commercialisant des produits culturels et identitaires palestiniens, intègre également un volet informationnel important, sous la forme de fils d'actualité et de photographies documentant les événements en cours à Gaza. Cette cohabitation entre contenus commerciaux et contenus politiques soulève un ensemble de questions théoriques relatives à la circulation des signes, à la marchandisation des causes et à la performativité des engagements en ligne.

Une première interprétation consiste à envisager que les produits commercialisés constituent essentiellement un support ou un prétexte permettant de diffuser des contenus politiques. Dans cette perspective, la boutique se situerait dans la lignée des dispositifs militants qui investissent les espaces marchands pour contourner les contraintes algorithmique ou éditoriales imposées par d'autres plateformes numériques. Les articles vendus fonctionnent alors comme une façade, tandis que la finalité première serait l'amplification de l'information et la construction d'une visibilité alternative du conflit. Le commerce se trouve ainsi reconfiguré en vecteur d'un contre-récit politique, mobilisant les logiques du marché pour soutenir un projet symbolique et mémoriel.

Une seconde hypothèse, non contradictoire, suppose que les contenus d'actualité sont déployés en tant que ressource marketing, destinée à renforcer l'attractivité symbolique des produits. L'exposition d'images de destruction, de témoignages de victimes ou de bilans humanitaires confère une charge émotionnelle particulière aux objets commercialisés, qui se trouvent investis d'une valeur morale. Dans ce cas, l'achat n'est pas seulement motivé par l'intérêt esthétique ou utilitaire du produit, mais par son inscription dans un contexte politique dramatique. Ce phénomène s'inscrit dans la dynamique de la consommation militante, telle que décrite par Banet-Weiser (2018) ou Sandoval (2020), où les pratiques d'achat deviennent des actes performatifs d'affirmation identitaire, plus que de véritables formes d'action politique.

L'intérêt analytique de la boutique *Palestine* réside précisément dans cette zone d'indétermination, où les frontières entre information, engagement et commerce deviennent poreuses. La coexistence de ces registres, loin d'être accidentelle, participe d'une stratégie communicationnelle qui mobilise simultanément la dimension affective, identitaire et marchande. Ce brouillage soulève néanmoins des enjeux éthiques majeurs: d'une part, il interroge la capacité d'un message politique à conserver sa force critique lorsqu'il est inséré dans un dispositif marchand; d'autre part, il questionne le risque d'instrumentalisation de l'émotion collective au profit d'une logique commerciale.

Ainsi, l'exemple de la boutique *Palestine* met en lumière les tensions constitutives de l'économie politique des causes à l'ère numérique. Il illustre comment les pratiques de solidarité s'inscrivent désormais dans des circuits où l'information, l'indignation morale et la consommation s'enchevêtrent, au point de rendre difficile la distinction entre engagement authentique, performativité symbolique et stratégies marchandes.

3 DETOURNEMENT COMMERCIAL ET ALTRUISME OSTENTATOIRE

3.1 L'EFFET "MODE": TRANSFORMATION D'UN ENGAGEMENT EN TENDANCE PASSAGERE

Si les symboles palestiniens peuvent renforcer la visibilité et l'engagement sincère, ils sont également soumis à des logiques commerciales et performatives. Le marché contemporain, combiné à la puissance des réseaux sociaux, a produit un phénomène où la solidarité devient parfois un acte ostentatoire et la cause politique un outil de branding. Cette section explore les dérives potentielles, illustrées par des exemples concrets et une analyse sémiotique approfondie.

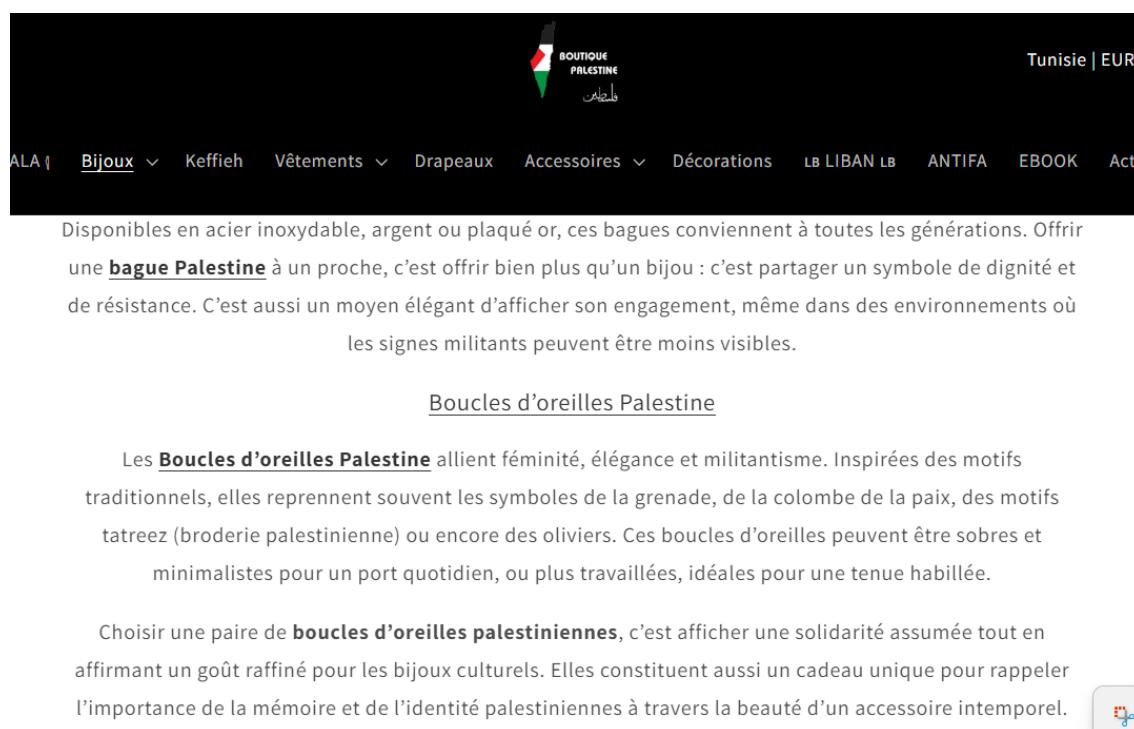


Fig. 3. Capture écran d'une interface d'une boutique en ligne

Pour Thorstein Veblen (1899), la notion de *consommation ostentatoire* pour désigner les achats visant à signaler son statut social et sa vertu. Dans le contexte des symboles palestiniens, certains consommateurs ne s'engagent pas par solidarité réelle mais pour afficher leur moralité. Porter un keffieh, un bracelet Handhala ou un t-shirt, comme il est affiché sur le site: « résistance en élégance » devient alors une manière de projeter une identité morale plutôt qu'un acte de soutien concret.

Ce processus est également appelé par Pierre Bourdieu (1979) comme du *capital symbolique* : la performance morale peut être valorisée socialement, créant une distinction entre ceux qui « affichent » leur vertu et ceux qui ne le font pas. L'engagement affectif est remplacé. Selon Guy Debord (1967), influenceurs peuvent poster des photos avec des objets militants pour signaler leur « bonne conscience », indépendamment de tout engagement réel ou matériel.

Handala

A l'occasion du départ de la Flottille de la Liberté Handala, retrouvez ici tous nos produits Handala. D'après le célèbre dessin du caricaturiste Naji Al-Ali, créé en 1969.



Fig. 4. Texte extrait de la page Web de la marque « boutique Palestine »

Dans la figure 4, nous constatons une instrumentalisation marchande des événements tragiques.

Le slogan: « À l'occasion du départ de la flottille, découvrez notre nouvelle collection de colliers Handhala »

Cette annonce, illustre un opportunisme discursive flagrant. Ici, un événement historique et risqué est transformé en argument commercial, réduisant la gravité politique à une occasion marketing.

La Figure 1, illustre une bannière commerciale présentant la carte palestinienne intégrée dans un fond noir, avec des produits à acheter. Cette image révèle plusieurs problèmes sémiotiques:

1. Négligence du symbole : le noir du fond absorbe le noir du drapeau palestinien, effaçant une partie essentielle de son iconographie historique. La couleur perd sa valeur symbolique.
2. Dissolution de la carte : la carte de Palestine fusionnée avec le drapeau devient difficilement lisible, ce qui neutralise le sens géopolitique du symbole.
3. Positionnement marchand : la carte et le drapeau sont intégrés dans un menu commercial (bijoux, keffiehs, accessoires), réduisant la Palestine à une surface visuelle à exploiter pour le marketing.

Baudrillard (1995) décrit ce phénomène comme la dissolution du réel dans l'image. Le symbole politique cesse d'être un outil de résistance pour se transfigurer en un logo d'une marque et objet de consommation.

Le détournement commercial des symboles de la résistance palestinienne met en lumière un paradoxe central: comment défendre une cause anti-coloniale par l'intermédiaire des circuits du capitalisme globalisé ? Cette tension, située au croisement du politique et du marchand, s'inscrit dans ce que Naomi Klein (2000) a nommé la *logique de l'absorption culturelle*, par laquelle tout signe de contestation est potentiellement récupérable, reformatable et revendable. En effet, dès qu'un symbole politique entre dans l'économie de la marchandise, il se trouve immédiatement exposé à une transformation profonde: il devient simultanément objet esthétique, vecteur de distinction sociale et support d'affects exploitables.

Dans la logique capitaliste contemporaine, la marchandise ne se limite plus à une fonction utilitaire; elle est, selon Baudrillard (1972), un « signe » dont la valeur symbolique dépasse souvent la valeur d'usage. L'objet pro-Palestine que ce soit un collier *Handala*, un t-shirt imprimé ou une affiche est ainsi réencodé dans un régime de visibilité centré sur l'esthétique, la personnalisation et le style.

En devenant consommable, le symbole perd une partie de sa charge subversive: il s'intègre aux mêmes circuits qui produisent l'homogénéisation visuelle, la mode et le passage rapide d'un style à un autre. L'esthétisation tend alors à neutraliser les dimensions violentes, historiques et décoloniales du signe (Foster, 1985). La carte de la Palestine, les couleurs du drapeau ou le personnage de Handala peuvent devenir des motifs décoratifs dissociés de la lutte contre l'occupation.

Cette « domestication graphique » du politique est accentuée par les logiques de plateformes où les symboles circulent sous forme de produits attractifs. Le marketing valorise la beauté, la simplicité, l'effet visuel — éléments souvent incompatibles avec la complexité du réel politique (Arvidsson & Peitersen, 2013).

L'objet militant, réinséré dans le régime de la mode, perd alors en radicalité ce qu'il gagne en visibilité. (kouffia décliné en toutes les couleurs)

L'achat d'un signe de solidarité n'est jamais neutre. Selon Bourdieu (1979), la consommation est un acte de distinction par lequel l'individu manifeste un habitus et une position sociale. Dans le cas des objets pro-Palestine, ce principe se double d'une dimension morale.

En effet, comme l'explique Illouz (2007), notre époque produit des « affects publics » : les émotions deviennent visibles, performées et évaluées socialement. L'acquisition d'un bracelet aux couleurs du drapeau ou d'un collier *Handala* devient alors un acte de signalement moral. L'individu montre ce qu'il soutient, ce qu'il ressent, ce qu'il veut être perçu comme défendant.

Cette dynamique correspond à ce que Veblen (1899) nommait déjà la *consommation ostentatoire*, ici adaptée au registre de l'éthique et du militantisme. L'objet pro-Palestine offre ainsi un capital symbolique : il construit une identité politique valorisable, partageable sur les réseaux sociaux, intégrable aux micro-communautés de soutien.

Cependant, cette valorisation identitaire comporte un risque : la solidarité devient un attribut social plus qu'un engagement politique réel.

Fisher (2009) décrit ce mécanisme comme un « capitalisme moral », dans lequel l'individu consomme des signes de vertu pour nourrir son égo et combler symboliquement son impuissance politique.

La publicité contemporaine est largement structurée par les affects. Comme le soulignent Ahmed (2014) et Papacharissi (2015), les émotions deviennent des ressources économiques : elles attirent, captent et fidélisent les publics. Les marques ou vendeurs qui utilisent la cause palestinienne exploitent ainsi une constellation d'émotions protectrices indignation, empathie, colère, tristesse, désir de justice pour transformer un malaise moral en acte d'achat.

Dans ce contexte, la résistance palestinienne devient une ressource narrative. Les slogans tels que « Résistance en élégance » ou « Nouvelle collection Handala pour le départ de la flottille » fonctionnent comme des opérations discursives hybrides : ils juxtaposent un événement géopolitique et une stratégie commerciale. L'événement politique devient prétexte à la mise en marché, tandis que l'achat est présenté comme participation à la lutte.

Cette logique, bien que parfois motivée par un soutien réel, illustre ce qu'Arvidsson (2008) appelle « l'économie affective » : l'espace où les marques captent et monétisent la sensibilité morale des individus. Les émotions d'indignation ou d'empathie deviennent ainsi des carburants du marché.

Le paradoxe atteint son point culminant dans ce double risque : Dépolitisation du symbole : la cause devient décorative.

Lorsque le symbole est réduit à un motif, il perd son contexte historique, sa charge subversive et sa capacité à produire une critique matérielle du colonialisme. Debord (1967) souligne que dans la *société du spectacle*, les significations politiques sont absorbées dans une circulation infinie d'images qui en neutralise la portée. Un drapeau ou une carte intégré dans une esthétique « glamour » comme la bannière sur fond noir qui confond visuellement les couleurs participent de cette neutralisation.

Lorsque la résistance devient un marché, sa visibilité dépend des dynamiques du capitalisme : disponibilité, tendance, rentabilité. La diffusion du symbole n'est alors plus gouvernée par les nécessités politiques mais par les impératifs de vente. Comme le note Žižek (2008), le capitalisme peut intégrer et revendre les critiques adressées contre lui, les transformant en opportunités de croissance : « *le système prospère en absorbant sa propre contestation* ».

Ce phénomène donne lieu à une forme de solidarité marchande qui peut certes augmenter la visibilité de la cause, mais qui remplace l'engagement politique par un engagement consommable.

Les pratiques commerciales ostentatoires peuvent générer ce que Sandoval (2020) appelle la *performativité morale simulée* : on observe un engagement visible mais sans impact tangible sur le terrain. La solidarité devient un spectacle social, apprécié et commenté sur les réseaux, mais qui peut diluer la signification politique des symboles.

Cette dérive est accentuée par l'omniprésence des plateformes numériques et des marketplaces. Les micro-influenceurs et boutiques en ligne exploitent les émotions collectives pour maximiser les ventes, renforçant l'idée que la visibilité médiatique est plus valorisée que la solidarité réelle.

L'analyse sémiotique et graphique montre que le merchandising, lorsqu'il est mal pensé, efface le sens profond des symboles, dans la bannière étudiée :

- Les couleurs ne sont pas respectées,
- La lisibilité des cartes est compromise,
- Les messages sont formatés pour séduire et vendre, non pour sensibiliser.

Ce phénomène confirme les critiques de Debord (1967) : le spectacle absorbe les luttes dans une logique d'images et de consommation, transformant les symboles de résistance en produits de marketing.

La circulation des symboles palestiniens dans l'espace public et commercial révèle une tension structurelle entre leur fonction identitaire et politique, et la logique de marché qui tend à les transformer en produits de consommation. Cette discussion vise à synthétiser les observations des parties précédentes, en proposant une lecture critique des usages commerciaux, performatifs et affectifs des symboles palestiniens, tout en explorant des voies pour un engagement éthique et concret.

L'intégration des symboles dans des circuits marchands crée un conflit interne : les objets deviennent des supports de communication affective, mais aussi des marchandises soumises aux règles du marketing global. Cette tension, analysée par Baudrillard (1995), illustre le passage du signe politique au simulacre marchand, où l'objet perd de sa substance politique tout en conservant une image de solidarité.

Debord (1967) met en garde contre la transformation des luttes en spectacle : la visibilité des symboles devient parfois plus importante que la substance de l'engagement. Ainsi, un t-shirt ou un bijou Handhala, aussi visuellement engagé soit-il, ne garantit pas la compréhension de la cause ni l'action réelle.

Cette tension structurelle souligne que la circulation commerciale des symboles peut renforcer la cause par la visibilité, mais risquer de l'affaiblir si le message est vidé de son contenu politique.

4 SURVISIBILITE, BANALISATION ET EFFACEMENT SYMBOLIQUE

L'un des dangers majeurs liés à la marchandisation des symboles de la résistance est leur assimilation progressive à un phénomène de mode éphémère. Lorsqu'un signe politique circule massivement dans l'économie capitaliste dans des produits de consommation du quotidien, il devient exposé aux mêmes logiques de tendance, de renouvellement rapide et de surconsommation visuelle qui caractérisent l'industrie culturelle contemporaine. Cette dynamique crée un paradoxe: plus le symbole se diffuse, plus il risque de perdre sa capacité à produire du sens politique.

Baudrillard (1981) rappelle que dans les sociétés contemporaines, la surabondance des signes conduit à une saturation sémiotique, c'est-à-dire à une inflation d'images qui finit par réduire la perception du réel. Lorsqu'un symbole — ici la carte de la Palestine, Handala, le keffieh ou le drapeau — devient omniprésent dans les espaces commerciaux, sur les réseaux sociaux et dans la mode, il se transforme en signe flottant, détaché de ses ancrages historiques et politiques.

Cette survisibilité crée un phénomène que Debord (1967) nomme « neutralisation par le spectacle »: un signe protestataire perd sa puissance critique lorsqu'il devient trop facilement consommable. En d'autres termes, ce n'est pas la disparition du symbole qui constitue la menace, mais au contraire son omniprésence, qui entraîne une perte de profondeur sémantique.

Les travaux de Herman et Chomsky (2002) montrent que lorsqu'un message se répète massivement sans contexte, il tend à se normaliser, à se vider de son contenu conflictuel. Appliqué à la cause palestinienne, cela signifie que les objets qui ambitionnaient de rendre visible une lutte peuvent, en devenant surabondants, rendre cette lutte invisible par banalisation.

La logique de la mode repose sur le renouvellement permanent, la rapidité de cycle et l'obsolescence esthétique (Lipovetsky, 1987). Lorsqu'un symbole de résistance entre dans ce système, il risque d'être absorbé dans ce que Klein (2000) appelle la "culture fast-fashion de la contestation", dans laquelle les engagements politiques sont consommés comme des styles.

Ce phénomène a déjà été observé dans d'autres luttes: le poing noir du Black Power dans la mode streetwear (Rickford, 2016), les slogans féministes dans les t-shirts Dior (Gill & Kanai, 2018) ou encore les symboles queer intégrés aux campagnes des grandes marques (Sender, 2004). Dans chacun de ces cas, le passage au registre de la mode a produit une tension entre visibilité accrue et fragilisation de la portée politique.

La répétition excessive d'un symbole entraîne ce que Barthes (1964) nommait « l'usure du signe »: lorsque le signe est trop présent, il perd son caractère d'événement. La présence constante du message visuel crée une familiarisation, puis une indifférence, mécanisme bien documenté dans la psychologie sociale (Zajonc, 1968). Ce phénomène est connu sous le nom de *mere exposure effect*, où la répétition engendre non pas une indignation accrue, mais une habitude qui réduit l'intensité émotionnelle.

Les plateformes numériques amplifient ce mouvement. Rosa (2010) explique que dans un environnement marqué par l'accélération, les images doivent être toujours plus percutantes pour continuer à affecter les publics; autrement, elles

deviennent du bruit visuel. Ainsi, la multiplication des bijoux Handala, des pulls imprimés ou des bannières fusionnant carte et drapeau peut conduire à un effet d'invisibilisation par saturation.

Autrement dit: à force d'être vus partout, ces symboles finissent par ne plus être vus du tout.

Le message politique s'affaiblit alors non pas parce qu'il disparaît, mais parce qu'il devient un élément décoratif du paysage visuel.

Comme l'écrit Arvidsson (2008), la logique de la visibilité capitaliste repose sur la « valeur affective » d'un signe plutôt que sur sa vérité politique. Le symbole devient alors une expérience émotionnelle légère plutôt qu'un rappel de la violence coloniale. L'action voulue indignation, solidarité, prise de position s'annule lorsque le signe devient un simple motif.

Les slogans commerciaux du type « Résistance en élégance » ou « Nouvelle collection Handala à l'occasion du départ de la flottille » illustrent parfaitement cette dérive: l'événement politique devient un prétexte esthétique.

Ainsi, la banalisation visuelle et l'esthétisation excessive produisent une dépolitisation par vidange symbolique.

Le risque de voir les symboles de la résistance se transformer en phénomène éphémère n'est pas anecdotique: il est structurel. La survisibilité mène à la saturation; la saturation mène à la banalisation; la banalisation mène à la perte d'efficacité politique.

Malgré les dérives identifiées, il existe des modèles qui permettent de concilier commerce, visibilité et engagement concret. Ces modèles se fondent sur plusieurs principes :

1. Transparence et redistribution réelle : les bénéfices générés par la vente d'objets militants doivent être clairement reversés à des projets humanitaires ou éducatifs, plutôt que captés par des logiques de profit.
2. Respect strict de l'iconographie : le drapeau, la carte et les symboles culturels doivent être reproduits avec fidélité, afin de préserver leur signification politique et historique.
3. Production décoloniale et non-extractive : les objets doivent être fabriqués de manière responsable, en impliquant si possible les communautés concernées dans le processus de conception et de production.
4. Communication éthique : les slogans et messages doivent informer et sensibiliser, plutôt que d'instrumentaliser des tragédies ou des événements politiques à des fins commerciales.

Ces pratiques permettent de restituer la dimension politique et morale des symboles tout en profitant de la circulation commerciale pour amplifier la visibilité de la cause. Elles représentent une articulation possible entre marché et engagement, où la consommation devient un acte militant concret, et non un simple spectacle de vertu.

5 CONCLUSION

L'analyse conduite dans cet article montre que les symboles palestiniens circulent aujourd'hui entre deux pôles distincts mais interdépendants : solidarité sincère et marchandisation performative. D'un côté, ces symboles jouent un rôle essentiel dans la visibilité politique et affective de la cause palestinienne. Ils permettent de fédérer des communautés, de maintenir la mémoire collective et de créer des espaces d'indignation et d'empathie. Les objets militants, les slogans affectifs et les micro-communautés numériques traduisent une mobilisation réelle, où la consommation et l'affichage des symboles deviennent des actes de solidarité tangibles, inscrivant la lutte dans la vie quotidienne. La dimension affective, analysée par Illouz (2007), confère aux objets militants une puissance de mobilisation que les seules images médiatiques ne peuvent atteindre.

D'un autre côté, la logique commerciale et performative révèle une dérive inquiétante. La consommation ostentatoire décrite par Veblen (1899), la neutralisation sémiotique observée dans des supports comme la Figure 1 et la transformation d'événements tragiques en arguments marketing illustrent comment la visibilité et l'émotion peuvent être exploitées pour produire du capital symbolique ou du profit. Dans ce contexte, la solidarité devient spectacle, et les symboles perdent une partie de leur signification politique et historique, rejoignant la critique de Debord (1967) sur le spectacle et Baudrillard (1995) sur le simulacre.

Pourtant, cette tension n'est pas insurmontable. Les pratiques commerciales éthiques et responsables montrent qu'il est possible de concilier marché et engagement : transparence des intentions, redistribution réelle des bénéfices, respect strict des symboles et production permettent de convertir l'émotion en action concrète. Dans ces conditions, la consommation cesse d'être un simple acte ostentatoire pour devenir un outil de soutien effectif, capable de renforcer la lutte et de préserver la charge politique des symboles.

Les plateformes numériques occupent d'emblée un rôle central dans le soutien de la cause palestinienne notamment lorsqu'elles sont bien utilisées, elles peuvent favoriser, la sensibilisation et l'action collective, en limitant les effets de

performativité superficielle. Elles constituent ainsi un espace où le marketing militant peut se transformer en engagement tangible et éclairé. Dans *La société du spectacle*, de Guy Debord (1967), les luttes politiques peuvent être transformées en images consommables. Cependant, dans le cas de la Palestine, la prolifération de symboles sur les objets du quotidien ne relève pas uniquement d'une logique spectaculaire : elle constitue une résistance à l'invisibilisation médiatique.

Cette étude invite à réfléchir à la manière dont d'autres luttes sociales ou symboles culturels peuvent circuler dans un espace commercial sans perdre leur sens politique. Elle suggère également l'importance d'un marketing éthique appliqué à l'ensemble des causes sociales, où visibilité, affect et action concrète s'articulent de manière responsable. L'enjeu futur est de repenser la consommation militante non comme un spectacle de vertu, mais comme un levier effectif de justice et de solidarité, capable de transformer la visibilité en impact réel.

REFERENCES

- [1] Ahmed, S. (2004). *The cultural politics of emotion*. Edinburgh University Press.
- [2] Anderson, B. (1983). *Imagined communities: Reflections on the origin and spread of nationalism*. Verso.
- [3] Arvidsson, A. (2008). *The ethical economy: Toward a post-capitalist theory of value*. Columbia University Press.
- [4] Banet-Weiser, S. (2018). *Empowered: Popular feminism and popular misogyny*. Duke University Press.
- [5] Barthes, R. (1964). *Mythologies*. Seuil.
- [6] Baudrillard, J. (1981). *Simulacres et simulation*. Galilée.
- [7] Note: Edition 1995 également existante, mais on conserve 1981 pour cohérence APA.).
- [8] Bourdieu, P. (1979). *La distinction*. Minuit.
- [9] Bromberger, C. (1995). Le match de football: Ethnologie d'une passion partisane à Marseille, Naples et Turin. Éditions de l'EHESS.
- [10] Butler, J. (1997). *Excitable speech: A politics of the performative*. Routledge.
- [11] Chatzidakis, A., Maclaran, P., & Bradshaw, A. (2014). *Ethical consumption: A critical introduction*. Routledge.
- [12] Debord, G. (1967). *La société du spectacle*. Buchet-Chastel.
- [13] Durkheim, É. (1912). *Les formes élémentaires de la vie religieuse*. Presses Universitaires de France.
- [14] Gill, R., & Kanai, A. (2018). Mediating neoliberal feminism: Future directions for feminist social and cultural research. *European Journal of Cultural Studies*, 21 (1), 66–82.
- [15] Goffman, E. (1974). *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. Harper & Row.
- [16] Herman, E. S., & Chomsky, N. (2002). *Manufacturing consent: The political economy of the mass media*. Pantheon Books. (Original work published 1988).
- [17] Illouz, E. (2007). *Cold intimacies: The making of emotional capitalism*. Polity Press.
- [18] Klein, N. (2000). *No logo: Taking aim at the brand bullies*. Picador.
- [19] Lipovetsky, G. (1987). *L'empire de l'éphémère: La mode et son destin dans les sociétés modernes*. Gallimard.
- [20] Mukherjee, R., & Banet-Weiser, S. (2012). *Commodity activism*. NYU Press.
- [21] Rickford, R. (2016). *Black Lives Matter: Toward a modern practice of mass struggle*. African American Intellectual History Society.
- [22] Rosa, H. (2010). *Accélération: Une critique sociale du temps*. La Découverte.
- [23] Sandoval, M. (2020). *A critical guide to brand activism*. Wiley.
- [24] Sender, K. (2004). *Business, not politics: The making of the gay market*. Columbia University Press.
- [25] Veblen, T. (1899). *The theory of the leisure class*. Macmillan.
- [26] Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9 (2, Pt. 2), 1–27.

Représentation de la profession enseignante: Une carrière ou un tremplin ? Point de vue des étudiants finissants de l'ISP/Bukavu

[Representation of the teaching profession: A carrier or a springboard ?]

Ebondo Ntambue Espérant

Département de Psychopédagogie, Institut Supérieur pédagogique (ISP), Bukavu, RD Congo

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this study entitled « representation of the teaching profession: a carrier or a springboard » ?, I wanted to know the impression that students of Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu have about that profession. In addition, I wanted also to understand the real motivations that would push them to choose the teaching career and see if they are ready to remain in that profession as long as possible. I have selected these students because they are being trained to become teachers. Following the poor conditions of teachers in the Congolese context (D.R.Congo), it is necessary to understand that representation. Only students finalizing the 1st and the 2nd cycle of their college training have been selected in the sample. After analyzing the data collected through a questionnaire, I found that the teaching profession is very interesting even more interesting for those students. However, in comparison with others free professions (medical, judicial, commerce, etc.), the teaching profession loses its position because of the small advantages that it brings. This is the reason why these students would not like to stay in that profession for a long time. The teaching profession is considered as transitory before moving on to more promising horizons for a better future. This is what has pushed me to affirm that it is the extrinsic motivation which is the basis of students' aspiration to become teachers.

KEYWORDS: representation, profession, carrier, springboard, teacher.

RESUME: Dans cette étude intitulée représentation de la profession enseignante: une carrière ou un tremplin ?, nous avons voulu saisir l'image dont les étudiant de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu de cette profession. Ce faisant, nous avons aussi voulu appréhender les réelles motivations qui le pousseraient à la carrière enseignante et comprendre s'ils sont prêts à y accéder et y demeurer aussi longtemps que possible. Nous avons choisi ces étudiants parce qu'ils sont, de par leur formation, préparés à la profession enseignante. Alors il s'avérerait nécessaire au regard de la situation du traitement médiocre de l'enseignant dans le contexte congolais (RDC), saisir cette représentation. Seuls les étudiants finissants du premier et du second cycle ont été retenus dans l'échantillon.

Après des analyses des données collectées à l'aide du questionnaire nous nous sommes rendu compte pour ces étudiants la profession enseignante est intéressante voire même très intéressante. Toutefois, comparée à d'autres métiers libéraux (médical, magistrature, commerce, etc.), elle perd de place suite aux maigres avantages qu'elle rapporte. Ceci explique d'ailleurs le fait que ces étudiants n'envisagent pas passer trop de temps dans cette profession. L'enseignement étant considéré comme une profession transitoire avant de se lancer vers d'autres horizons prometteurs d'un avenir radieux. Voilà ce qui nous a poussé à affirmer que c'est plus la motivation extrinsèque qui est à la base l'aspiration du devenir enseignant.

MOTS-CLEFS: représentation, profession, carrière, tremplin, enseignant.

1 INTRODUCTION

Le travail est la donnée stable de notre société. Si on n'a rien à faire, on n'a pas de raison d'être. L'homme qui ne peut pas travailler est presque sans vie; d'habitude, il préfère la mort et œuvre pour l'atteindre. Le travail permet à l'homme de jouer un rôle dans la société. Le résultat de son travail a une valeur reconnue par ses semblables. L'homme se rend et se sent utile. Il est acteur de la vie économique et sociale. Il acquiert ainsi une signification aux yeux des autres.

Dans ce même ordre d'idées, [1] affirme que le travail contribue à la bonne insertion sociale de l'homme en lui procurant une occupation régulière, qui le valorise par rapport à ses semblables et lui donne la possibilité d'accéder à l'autonomie financière.

Cependant, de nos jours, avec un chômage structurellement élevé et un accès à l'emploi stable de plus en plus long pour les jeunes, malgré leurs diplômes, le travail est devenu une ressource rare et précieuse. Il devient incertain et il évolue.

Mais avant même d'accéder à un emploi ou à un métier, il se pose la question du choix et de la construction d'un projet clair et réalisable, aussi bien pour les salariés que pour les jeunes ou les demandeurs d'emploi. Le choix du métier est en effet une décision consciente, prise par l'adolescent à son propre sujet.

[2] pense que le choix et l'exercice du métier se font d'abord sur la base de réalités perçues, imaginées, avant d'être des réalités vécues. En ce sens qu'il y a une situation d'avant où la représentation sociale de la profession est une sorte de projection sur l'avenir. Or, selon [3], les pratiques que les sujets acceptent de réaliser dans leur existence quotidienne modèlent, déterminent leurs systèmes de représentations sociales ou leur idéologie. Ce qui fait que le jeune est appelé à choisir de lui-même son travail se réfère à son environnement.

Le choix de métier se fait aussi en amont via le choix d'une filière d'étude pouvant conduire à cette fin. Donc, lorsqu'on se choisie une filière d'étude, on se fait d'idée sur l'avenir du travail susceptible à occuper à son terme. L'orientation scolaire est une orientation professionnelle à posteriori [4]. Ce qui signifie que ces choix résulteraient d'une confrontation logique entre la représentation des filières de formation et des métiers, et celle que le jeune se fait de lui-même [5].

C'est ainsi qu'on peut s'en dire que les étudiants se représentent forcément l'emploi qu'ils pourront occuper après leurs études. Et c'est tout à fait logique que ceux de l'Institut Supérieur Pédagogique puissent en premier lieu penser à l'enseignement étant donné qu'ils sont préparés à cette profession.

Comme nous pouvons le constater, l'évolution de la société s'accompagne d'importants changements du monde du travail. Ces changements se caractérisent par l'apparition de formes d'emploi atypiques telles que le travail temporaire, l'emploi occasionnel et le travail à temps partiel [6]. La profession enseignante n'y échappe pas et fait face à une précarisation persistante du travail enseignant.

Sachant que le choix d'un métier quel qu'il soit, obéit à des motivations à la fois intrinsèques et extrinsèques [7, 8, 9] et la représentation qu'on en a selon l'expérience présente et de celle qu'on projette [2], nous avons jugé important de nous pencher sur la représentation de la profession enseignante par les étudiants de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu. Autrement dit, nous voulons comprendre comment ces étudiants considèrent le métier d'enseignant. Aussi, tenterons-nous de saisir les réelles motivations qui les amèneraient à se consacrer à la profession enseignante.

De manière opérationnelle, cette étude veut répondre aux questions suivantes:

- Comment est-ce que les étudiants de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu considèrent-ils l'enseignement ?
- Compte tenu de la formation reçue leur prédisposant au métier d'enseignant, acceptent-ils d'y accéder et y demeurer longtemps malgré les difficultés y afférentes ?
- Quelles sont les réelles motivations qui pousseraient les étudiants à la profession enseignante ?

Notre objectif principal est de comprendre la manière dont les étudiants perçoivent le métier d'enseignant. Il s'agit de manière concrète de:

- Saisir la manière dont les étudiants de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu considèrent l'enseignement, c'est-à-dire découvrir l'image qu'ils ont de cette profession;
- Comprendre s'ils sont prêts à y accéder et vouloir y demeurer le plus longtemps possible malgré les difficultés y afférentes.
- Appréhender les réelles motivations qui les pousseraient à la carrière enseignante.

Tenant compte de notre problématique et de nos objectifs, nous formulons les hypothèses comme suit:

- Malgré une formation qui leur prépare à la profession enseignante, les étudiants de l'institut Supérieur Pédagogique de Bukavu une image négative de l'enseignement et le considéreraient plus comme un tremplin et non comme une carrière;
- Considérant l'exigence du métier d'enseignant, le mauvais traitement des enseignants par l'Etat, l'image sociale de l'enseignant actuellement, nous pensons qu'ils ne seraient pas disposés à demeurer le plus longtemps possible dans l'enseignement;
- La vocation pour l'enseignement, l'amour des enfants, le manque d'un autre emploi décent, la formation reçue, la sécurité et la stabilité de l'emploi seraient à la base de l'engagement des jeunes au métier d'enseignants.

2 MÉTHODOLOGIE

Au vu de notre problématique et de notre objectif de recherche, il nous a semblé judicieux de réaliser une enquête de terrain. Au cours de celle-ci, nous nous sommes intéressés uniquement aux étudiants finissants soit leur premier ou leur deuxième cycle afin d'établir une vision globale de la manière dont ils se représentent la carrière enseignante pour laquelle ils sont suffisamment préparés. Notre population est constituée de tous les étudiants finissants du premier et du deuxième cycle de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu. Le choix de cette catégorie se justifie non seulement par le fait qu'ils sont à la sortie du système pour le monde du travail mais parce qu'ils ont eu à palper du doigt certaines réalités liées à la profession enseignante lors de leur stage de professionnalisation.

Nous avons néanmoins constitué un échantillon à portée de main de 80 étudiants finissants du premier et du second cycle confondu. Autrement dit, ce sont les étudiants qui étaient disposés à nous fournir les informations nécessaires en répondant à notre questionnaire qui l'on constitué.

Un questionnaire d'enquête nous a permis de réunir les données de cette étude. Ce questionnaire possédait des questions ouvertes et des questions fermées dont les réponses ont été interprétées séparément. Chaque sujet ayant participé à cette étude recevait individuellement le questionnaire d'enquête. En cas de nécessité, quelques explications supplémentaires sur les objectifs de la recherche et sur le questionnaire étaient fournies.

Lors du traitement des données, nous avons directement procédé à au calcul des fréquences et des pourcentages pour les questions fermées. Par contre, pour des questions ouvertes nous avons procédé par l'analyse de contenu avant d'y arriver. Autrement dit, pour ces questions nous avons commencé par catégoriser les réponses fournies par nos enquêtés étant donné que des réponses similaires revenaient à plusieurs reprises.

Pour tester la différence entre les fréquences, nous avons recouru au calcul du test de chi-carré.

3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Dans un premier temps, nous avons voulu voir comment les étudiants finissants se représentent de manière générale la carrière enseignante. Les observations faites à ce sujet sont contenues dans le tableau qui suit:

Tableau 1. Représentation de la carrière enseignante par les étudiants finissants

Opinions	f	%
Très intéressante	35	43,8
Intéressante	39	48,8
Moins intéressante	5	6,2
Très moins intéressante	1	1,2
Total	80	100

Il se dégage de ce tableau que la carrière enseignante est jugée très intéressante et intéressante respectivement par 35 sujets (soit 43,8 %) et 39 sujets (soit 48,8 %). Il y a lieu de constater que 5 étudiants (6,2 %) trouvent la carrière enseignante moins intéressante et 1 étudiant seulement (soit 1,2 %) juge très moins intéressante la profession enseignante.

Nous avons voulu, après avoir appréhendé la représentation de la carrière enseignante par nos enquêtés, essayer de comparer celle-ci par rapport aux autres métiers. C'est ce que nous présente le tableau ci-dessous:

Tableau 2. *Représentation de la carrière enseignante par rapport aux autres professions*

Opinions	f	%
Très intéressante	7	8,8
Intéressante	14	17,5
Moins intéressante	35	43,7
Très moins intéressante	24	30,0
Total	80	100

Il ressort de ce tableau que comparativement aux autres professions, la profession enseignante est pour 33 sujets (43,7 %) moins intéressante, très moins intéressante pour 24 sujets (soit 30,0 %). Par ailleurs, 14 (17,5 %) et 7 sujets (8,8 %) estiment respectivement que la carrière enseignante est intéressante et très intéressante par rapport aux autres professions.

Le test de Chi carré calculé sur base de ces effectifs est de 22,30; étant donné qu'il est supérieur au chi carré tabulaire = 7,82 au seuil de 5 % avec un dl=3, la différence est significative. Cela veut dire que la carrière enseignante est bien jugée moins intéressante et très moins intéressante par rapport aux autres professions.

Notre troisième question s'est attelée à relever les mobiles qui poussent les jeunes à la carrière enseignante. Les résultats relatifs à cet aspect sont consignés dans le tableau qui suit:

Tableau 3. *Facteurs motivationnels à la carrière enseignante*

Opinions	f	%
Carrière de ma vocation	17	14,2
Amour des enfants	23	19,2
Manque d'un emploi décent	19	15,8
Carrière de ma formation	51	42,5
Sécurité et Stabilité de l'emploi	10	8,3
Total	120	100

Le tableau ci-dessous nous révèle que le facteur motivationnel à la carrière enseignante la plus en vue est la formation reçue qui représente 42,5 % des réponses exprimées à ce sujet, elle est suivie de l'amour des enfants et le manque d'un emploi décent qui s'observent respectivement avec 19,2 % et 15,8 % de réponses. La sécurité et la stabilité de l'emploi ne revient qu'à 8,3 %.

Avec la quatrième question nous avons voulu appréhender les éléments rendant la carrière enseignante non attrayante par rapport à d'autres professions.

Tableau 4. *Facteurs de non attractivité de la carrière enseignante*

Arguments	f	%
Niveau du salaire insuffisant	52	37,4
Négligence de ce secteur/le gouvernement	44	31,7
Manque des perspectives d'avenir	9	6,5
Exigences liées au métier d'enseignant	10	7,2
Image négative véhiculée par la population	15	10,8
Indiscipline vécue en milieu scolaire	9	6,5
Total	139	100,0

De la lecture du précédent tableau, on peut se rendre compte que le facteur le plus évoqué est le niveau de salaire insuffisant avec 37,4 %, il est talonné par la négligence du secteur de l'enseignement par le gouvernement qui est observé avec 31,7 % des réponses. Les raisons qui sont moins évoquées à la lumière de ce tableau sont le manque de perspective d'avenir qui se présentent chacune avec 6,5 % des réponses exprimées.

Le Chi Carré calculé à cet effet donne une valeur de 82,31 largement supérieure au chi carré critique qui est de 11,07 au seuil de 5 % avec un $df = 5$. La différence est significative entre les fréquences observées. Il y a donc lieu de conclure que les facteurs rendent la carrière enseignante non attrayante sont le niveau de salaire bas et la négligence du secteur éducatif par le gouvernement.

La question n°5 nous a permis de saisir les facteurs sur lesquels nos enquêtés estiment que leur amélioration rendrait attrayante la carrière enseignante. Les résultats y relatifs sont consignés dans le tableau suivant:

Tableau 5. Facteurs à envisager pour rendre la carrière enseignante attrayante

Facteurs à améliorer	f	%
Réduire le nombre d'élèves par classes	8	5,3
Revaloriser le salaire des enseignants	62	41,1
Améliorer l'image sociale de l'enseignant	36	23,8
Gratifier les enseignants dévoués	14	9,3
Améliorer les conditions de travail	31	20,5
Total	151	100

Au regard de ce tableau on s'aperçoit que le facteur sur lequel il faut miser est la revalorisation salariale des enseignants qui est citée à 41,1 %. Elle est suivie de l'amélioration de l'image sociale et celle des conditions de travail des enseignants qui s'observent respectivement avec 23,8 % et 20,5 % de réponses enregistrées. La réduction des effectifs n'est citée qu'en faibles proportions (5,3 %).

La différence est significative entre les effectifs observés car le Chi carré calculé = 59,63 est de loin supérieur à celui de la table = 9,49 au seuil de 5 % et un $df = 4$. Ainsi, la revalorisation salariale couplée à l'amélioration de l'image sociale et des conditions de travail de l'enseignant serait le meilleur moyen de rendre la profession enseignante plus attrayante.

Au regard de ce qui était évoqué par rapport à la représentation de la carrière enseignante, nous avons voulu savoir combien de temps nos enquêtés envisageraient consacrer à cette carrière. Les observations faites sont présentées dans le tableau ci-après:

Tableau 6. Temps probable à consacrer à la carrière enseignante attrayante

Temps dans la carrière	f	%
Jusqu'à trouver un autre emploi	55	68,7
Juste peu de temps en attendant	10	12,5
Jusqu'à la retraite	15	18,8
Total	80	100

Il ressort de ce tableau un constat selon lequel 55 sujets (soit 68,7 %) disent qu'ils se consacraient à l'enseignement le temps qu'ils trouvent autre emploi. Par ailleurs, 15 sujets seulement (soit 18,8 %) affirment qu'ils se consacraient à l'enseignement jusqu'à la retraite.

En vue de départager les opinions, nous avons fait recours au chi carré dont le calcul nous a donné une valeur de 45,62 largement supérieure à celle de la table qui est de 5,99 au seuil de 5 % avec un $df = 2$. Ce résultat veut tout simplement dire que si les jeunes finissants s'orientent vers l'enseignement, c'est pour un laps de temps pour sauter d'autres opportunités au cas où elles se présentaient. Donc il s'engage dans l'enseignement de façon temporaire par manque d'autres choses à faire.

Ici notre préoccupation était de savoir les mobiles qui pousseraient les finissants de l'ISP à s'orienter dans l'enseignement. Nous présentons dans le tableau suivant, les observations faites à propos:

Tableau 7. Facteur motivant les étudiants finissants à la carrière enseignante

Réponses	f	%
Facilité d'embauche	56	35,6
Manque d'autre travail	62	39,5
Carrière liée à leur formation	29	18,5
Leur vocation	10	6,4
Total	157	100

La lecture de ce tableau nous montre que le manque d'autre travail et la facilité d'embauche sont les raisons les plus enregistrées, ils représentent respectivement 39,5 % et 35,6 % des réponses exprimées. La formation reçue et la vocation ne sont évoquées qu'en de faibles proportions par rapport aux précédents facteurs; ils s'observent chronologiquement avec 18,5 % et 6,4 %.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

A l'issue de nos analyses, nous sommes abouti à certains résultats dont nous allons à ce niveau tenter de résumer et de confronter aux idées d'autres chercheurs dans la mesure du possible.

Prise de manière isolée, la carrière enseignante est jugée intéressante voire même très intéressante respectivement par 48,8 % et 43,8 % de nos enquêtés et elle est jugée moins intéressante et très moins intéressante par 7,4 % d'étudiants. Ces résultats sont confirmés par ceux de [10] selon lesquels le métier d'enseignant est posé comme plus intéressant que tant des métiers qui lui sont proches par la similarité des intérêts éducatifs qu'ils peuvent partager, que des métiers qui s'en éloignent de par les besoins sociaux différents qu'ils remplissent. Comparée aux autres professions, elle apparaît moins intéressante et même très moins intéressante.

Concernant la durée, les enquêtés affirment qu'ils vont s'engager dans l'enseignement jusqu'à trouver mieux ailleurs. On peut donc comprendre que la profession enseignante ne sert que de pont avant un emploi jugé décent. En effet, cette conception des jeunes étudiants qui sont formés et préparés à la carrière enseignante, peut se justifier par le fait que celle-ci en République Démocratique du Congo, rapporte moins d'avantages tant matériels que financiers par rapport à d'autres métier.

Parmi les mobiles poussant les jeunes à s'orienter dans l'enseignement, la formation reçue vient en tête avec 42,5 % suivie de l'amour des enfants qui s'observe avec 19,2 %. Quand nous avons tenté d'interroger les finalistes de l'ISP de Bukavu sur ce qui les amèneraient à s'engager à la carrière enseignante, nous apercevons que c'est plus le manque d'un autre travail qui est plus évoqué avec 39,5 % suivi de la facilité d'embauche qui représente 35,6 % de réponses exprimées à ce sujet.

Au regard de ces résultats, nous pouvons nous rendre compte plus vite que les jeunes s'orientent et/ou s'orienter vers la carrière enseignante non pas par la motivation intrinsèque mais pour des raisons extrinsèques. Ce constat va à l'encontre des conclusions de [11] et de [10] selon lesquelles ce sont les facteurs intrinsèques qu'extrinsèques qui expliquent plus le choix à devenir enseignant. Dans leur étude, [11] ont mis en évidence que les facteurs liés à l'intérêt pour le métier, le sentiment d'efficacité dans la profession et l'envie de contribuer socialement et de travailler avec les jeunes comme étant déterminants dans le choix de s'engager dans la pratique de l'enseignement. A l'inverse, les motivations de type personnel telles « salaires » ou « temps pour la famille » ne sont rapportés que peu fréquemment dans ce même choix.

Dans notre étude les facteurs sociaux (extrinsèques) comme « le manque d'un autre travail »; « facilité d'embauche » qui sont prépondérants dans le désir de s'orienter vers la profession enseignante. Ces résultats corroborent finalement les observations de [12] et [13], selon lesquelles le motif « choix par opportunité » joue un rôle non négligeable dans le choix de la carrière enseignante, ce qui semble démontrer que tous les enseignants ne parviennent pas dans ce métier par vocation.

Ainsi, nous lançons un appel pressant à tous les responsables et partenaires de l'enseignement en leur faisant comprendre que la carrière enseignante exige des compétences et la conscience professionnelles. A ce propos, il nous semble que toute stratégie visant à doter l'école congolaise des enseignants de qualité devrait partir de la restauration de la dignité de ce métier, ce qui passe avant tout par l'amélioration de la rémunération et des conditions de travail de l'enseignant. La restauration de la dignité de l'enseignant congolais permettra certainement de relever la considération que la société et le pouvoir politique en particulier manifestent à son égard.

Si donc l'enseignement jouit du même prestige que d'autres professions, il attirera sans nul doute une partie importante de la jeunesse, ce qui permettra à l'école congolaise de se doter progressivement des enseignants de qualité. On ne peut redorer l'image de l'enseignant congolais que s'il y a une réelle volonté politique de la part des gouvernants, surtout pendant cette période difficile de la reconstruction du pays, période au cours de laquelle les défis à relever sont si énormes que tout est priorité et urgent. Mais c'est le prix à payer si l'on veut tirer l'école congolaise de la déconfiture qui la caractérise aujourd'hui. Les maux qui rongent le système éducatif de la RDC sont nombreux. Aussi le redressement du système nécessite-t-il une thérapeutique de grande envergure. Mais aucune solution ne pourra être efficace si elle ne prend en compte la situation de l'enseignant dont l'image s'est détériorée depuis près de trois décennies.

Les résultats auxquels nous sommes abouti sont à considérer à la lumière des limites de notre recherche. Tout d'abord tenons à signifier que les données ayant permis l'aboutissement de cette réflexion sont issues d'un échantillon occasionnel, donc des sujets volontaires. Aussi, faut-il retenir que le questionnaire adressé aux étudiants d'autoévaluer et de rapporter leurs motivations pour la carrière enseignante. Nous pensons que leurs réponses pourraient être biaisées par le phénomène de désirabilité sociale. Un autre élément qui attire notre attention dans cet ordre d'idées, c'est le fait que ce sont les étudiants qui ne sont pas encore confrontés à la réalité de la carrière enseignante, ceci peut influencer d'une manière ou d'une autre leurs représentations de la profession enseignante.

5 CONCLUSION

Cette étude a porté sur la représentation de la profession enseignante par les étudiants finissants de l'ISP/Bukavu: une carrière ou un tremplin ? Il était question pour nous de nous enquérir de la situation motivationnelle de ces jeunes qui sont préparés et formés à la profession enseignante. Après des analyses des données collectées à l'aide du questionnaire nous nous sommes rendu compte pour ces étudiants la profession enseignante est intéressante. Toutefois, comparée à d'autres métiers libéraux, elle perd de place suite aux maigres avantages qu'elle rapporte. Ceci explique d'ailleurs le fait que ces étudiants n'envisagent pas passer trop de temps dans cette profession. L'enseignement étant considéré comme une profession transitoire avant de se lancer vers d'autres horizons prometteurs d'un avenir radieux. Voilà ce qui nous a poussé à affirmer que c'est plus la motivation extrinsèque qui est à la base l'aspiration du devenir enseignant.

REFERENCES

- [1] Sillamy, *Dictionnaire de psychologie*. Paris: Larousse, 2006.
- [2] Kei, M., Dynamique des représentations sociales du métier chez les Enseignants-Chercheurs de l'Université Felix Houphouët-Boigny. In *Cross-Cultural Communication*, Vol. 12, n° 10, pp. 58-64, 2016.
- [3] Abric, J.-C., Les représentations sociales: Aspects théoriques. In *Les Pratiques sociales*. Point Hors Ligne, 1994.
- [4] Wenda, P., L'orientation scolaire et professionnelle en RD Congo: Guide pratique. Paris: L'Harmattan, 2014.
- [5] Meunier, O., Orientation scolaire et insertion professionnelle, Approches sociologiques. Lyon: Institut national de recherche pédagogique, 2008.
- [6] Mukamurera, J. et al., Chronique sur l'insertion professionnelle en enseignement: La précarité d'emploi, une voie périlleuse d'entrée en enseignement. In *formation et profession*, pp. 54 – 56, 2009.
- [7] Locke, E. A., Nature and causes of job satisfaction. In M. D. Dunette (Ed.), *Handbook of industrial and organizational Psychology*. Chicago: Rand Mc Nally, 1976.
- [8] Mignonac, K., Evénements affectifs et attitudes au travail: Étude exploratoire auprès d'une population de cadres. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 9 (1/2), 113-141, 2003.
- [9] Pichault, F., & Nizet, J., *Les pratiques du GRH*. Paris: Seuil, 2000.
- [10] Monier, J-C., Choix professionnels et représentations motivées du métier d'enseignant chez des étudiants en premier cycle. IUFM de l'Académie de Montpellier, pp.: 47-59, 1992.
- [11] D'Ascoli, Y., & Berger, J.L., Les déterminants du choix de carrière des enseignants de la formation professionnelle et leur relation aux caractéristiques sociodémographiques. In *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 15 (2), 1-33, 2012.
- [12] Nägele, C. et Bestvater, A., The attractiveness of VET teacher profession in switzerland. In Berger, J-L. (dir.), *The choice to become a vocational teacher: Economical, psychological, and social determinants*. Symposium tenu à la conférence de la société Suisse pour la recherche en éducation, 2012.
- [13] Deschenaux, F. et Roussel, C., L'accès à la carrière enseignante en formation professionnelle au secondaire: le choix d'un espace professionnel. In *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 11 (1), 1-16, 2008.

L'explosion de l'urbanisme anarchique dans le quartier Mfinda et ses conséquences sur l'environnement

[The explosion of unregulated urban development in the Mfinda neighborhood and its consequences for the environment]

Alain Bosco MANSILA BAKETA¹, SHUKU ONEMBA Nicolas², LUNOKI LUDEVO Ben³, and MAVINGA MVUMBI Sylvain⁴

¹Doctorant à l'Université Pédagogique Nationale et Chef des travaux au Département de Géographie-Gestion de l'Environnement, ISP, Gombe, Kinshasa, RD Congo

²Prof au Département de Géographie, Environnement et Géomatique de l'université d'Ottawa-Canada, Professeur Associé à l'Institut de l'Environnement et Développement durable de l'Université Laval-Québec et Professeur au Département de Géographie-Gestion de l'Environnement de L'institut Supérieur pédagogique de la Gombe, Kinshasa, RD Congo

³Chercheur, Département de Géographie-Gestion de l'Environnement, ISP, Gombe, Kinshasa, RD Congo

⁴Faculté des sciences agronomiques, Département des ressources naturelles, BP 314 Boma, RD Congo

Copyright © 2026 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: Anarchic peri-urban town planning has become one of the modes of production of popular housing in African cities. Coming from ascending urbanization, it remains particularly today the most practiced method in the development and growth of the city of Kinshasa. Today, the city of Kinshasa no longer has an urban plan enforceable by all, a planning body or a private or public construction company which would take charge of the subdivisions, the land equipment, the construction of houses as well as their subsequent management and finally a housing policy which would juxtapose the individual initiatives of city dwellers and the regulatory framework of the State. Abandoned to its own devices, the population tries to support itself by building new forms of housing outside of legality, which is often the consequence of the gap between strong demographic pressure and the housing supply.

KEYWORDS: explosion, anarchic urban planning, housing production, demographic pressure, urban planning.

RESUME: L'urbanisme anarchique périurbain est devenu l'un des modes de production de l'habitat populaire dans les villes Africaines. Issu de l'urbanisation ascendante, elle demeure particulièrement de nos jours le modèle le plus pratiqué dans l'aménagement et la croissance de la ville de Kinshasa. Aujourd'hui, la ville de Kinshasa ne dispose plus d'un plan d'urbanisme opposable à tous, non plus d'un organisme planificateur ou encore d'une société de construction privée ou publique qui prendrait en charge les lotissements, les équipements du terrain, la construction des maisons ainsi que leur gestion ultérieure et enfin d'une politique en matière d'habitat qui juxtaposerait les initiatives individuelles des citoyens et le cadre réglementaire de l'Etat. Abandonnée à elle-même, la population essaie de se prendre en charge par la construction des nouvelles formes d'habitation en marge de légalité, qui est souvent la conséquence due à l'écart entre la forte pression démographique et l'offre en logement.

MOTS-CLEFS: explosion, urbanisme anarchique, production de l'habitat, pression démographique, plan d'urbanisme.

1 INTRODUCTION

Le 21^e siècle est marqué par une explosion démographique sans précédent, la population mondiale s'est accru de manière très vertigineuse. Depuis l'année 2023, le monde a atteint le fameux chiffre record de 8 milliards d'individu sur terre (statistique du PNUD relayé par RFI) et à l'horizon 2025, les estimations déduisent que cette population mondiale atteindra près de 9 milliards d'habitants. La menace est donc réelle sur notre humanité et sur la biosphère à cause de cette croissance considérable de la démographie mondiale. Par ailleurs, l'urbanisation s'accélère, or celle-ci a besoin d'espace, surtout en Afrique, qui après avoir été longtemps rurale, voit surgir, par-ci par-là des villes et des cités calquées sur le modèle européen (Pain M., 1984). La population du monde rural se déplace vers les villes (exode rural) pour des raisons d'étude, de santé, de commerce ou encore de mieux-être...; les hommes s'entassent ainsi dans des agglomérations gigantesques où les conditions de vie sont lamentables et aux maigres ressources.

Il y'a de cela quelques décennies, la République Démocratique du Congo a fait structurellement face à ce problème d'urbanisation, l'histoire nous révèle que depuis l'indépendance, les autorités congolaises ne sont jamais parvenues à mettre en place des mécanismes de gestion efficaces des espaces tant urbains que ruraux. Les différents plans d'aménagements proposés (1967, 1975, 1984, 2013) sont restés lettre morte dans les locaux de la B.E.A.U et demeurent caduques lorsqu'il s'agit de les confronter aux réalités d'une ville continuellement en pleine expansion démographique et spatiale (Nzuzi L., 2011). Actuellement la ville de Kinshasa se développe sans schéma d'aménagement, les pouvoirs publics assistent impuissants à une extension rapide des quartiers spontanés autour des cités planifiées avec comme corollaire la destruction progressive de l'équilibre écologique urbaine. L'absence de logements sociaux contraste avec le boom immobilier (Nzuzi, L. & al, 2004). La conséquence qui en résulte est que l'habitat n'est plus viable aussi bien dans les grandes métropoles comme Kinshasa que dans les villes secondaires. En outre, Mavinga (2022) révèle que dans plusieurs quartiers de Kinshasa, les constructions improvisées induisent différentes externalités négatives. Ces dernières, que l'on aborde comme enjeux d'urbanisation, peuvent être lues sur le plan socio-environnemental, dès lors les ménages utilisent des latrines collectives, jettent leurs ordures dans la nature...

2 PROBLÉMATIQUE, OBJECTIF, QUESTION DE RECHERCHE

Plusieurs nouveaux quartiers de Kinshasa, nés sous l'influence des exodes démographiques non planifiés, connaissent une urbanisation qualifiée de sauvage. Pour le plus grand nombre, la procédure habituelle est l'auto construction, faisant appel à l'initiative et à un financement individuel s'adressant aux artisans du secteur que l'on qualifie d'informel (Nzuzi L., 2018).

Cette situation observée à Kinshasa dans son ensemble n'épargne pas le quartier Nfinda dans la commune de Ngaliema. Ce quartier qui a connu une mutation profonde à l'issue de l'auto-construction observée dans plusieurs parcelles dictée par le seul souci de résoudre le problème de logement pour les membres de la famille devenue nombreuse, mais aussi qui est devenu une source de revenus pour d'autres. Toutes ces modifications intra et inter parcellaires qui ne tiennent pas compte des normes urbanistiques changent désormais la physionomie du quartier et entraînent des graves conséquences environnementales (Nzuzi L., 2018). Cette situation prend une tournure telle que nous ne pouvions rester indifférent face à cela. C'est dans ce contexte que nous nous sommes résolus à mener nos investigations en vue de trouver des solutions utiles.

Ainsi donc, dans le cadre de cette étude, nous nous sommes posé un certain nombre de questions notamment:

- Quel était l'état du quartier Nfinda à l'origine ?
- Quels sont les facteurs qui ont été à la base de l'auto construction dans le dit quartier ?
- Quelles sont les conséquences de l'auto-construction dans le dit-quartier ?
- Quelles seront les pistes des solutions à retenir pour arrêter ou atténuer ce fléau ?

L'hypothèse émise dans cette recherche est que le phénomène d'auto construction tel que décrit précédemment est dictée principalement par les soucis de résoudre le problème de logement due aux conditions de vie précaire de la population et à la croissance démographique qui commande l'occupation de presque tous les espaces de la ville de Kinshasa en général et du quartier Nfinda en particulier puisqu'il constitue notre terrain de recherche. Ce phénomène serait la cause des différents problèmes environnementaux que connaît le quartier tels que les inondations des maisons pendant la période pluvieuse, le glissement des terrains, l'insalubrité criante (Nzuzi, L., 2008) etc.

L'intérêt de notre sujet d'étude est premièrement de montrer que l'absence d'une politique d'aménagement urbaine ou d'un plan d'urbanisme local opposable à tous, apporte des conséquences néfastes sur l'avenir d'une agglomération, car elle favorise le développement du spontanéisme dans la croissance de l'habitat, même sur des sites non favorables à l'urbanisation. Et deuxièmement d'amener l'Etat congolais et les auto-constructeurs à prendre conscience de l'état de délabrement du quartier et de recourir aux techniques appropriées de mise en valeur de leur espace afin d'assurer une vie meilleure à la population.

3 MÉTHODOLOGIE

Selon M. Gratwiz (2001), la méthode constitue un guide indispensable pour n'importe quel travail scientifique. En d'autres termes, la méthode est un ensemble d'opérations intellectuelles par lesquelles une discipline cherche à étudier les vérités qu'elle poursuit, les démontrer, les vérifier ainsi elle confère aux résultats un fondement légitime.

Pour l'atteinte des objectifs escomptés, nous avons utilisé les méthodes suivantes:

L'analyse documentaire: elle nous a permis de récolter des données après lecture de plusieurs ouvrages, livres, travaux de fin de cycle et mémoires des années antérieures en rapport avec notre sujet. Nous avons été aussi dans plusieurs services, notamment la maison communale de Ngaliema, le bureau du quartier Nfinda etc.

La méthode dialectique: cette méthode est considérée comme la plus complète, la plus riche et la plus achevée de méthodes conduisant à l'explication en sciences humaines du fait qu'elle part de la constatation très simple des contradictions qui nous entourent. Elle correspond aux exigences fondamentales de la notion même des méthodes. Elle est d'abord une attitude vis-à-vis de l'objet: empirique et déductive, elle commande par là une certaine façon de recueillir des données concrètes. Et enfin, elle représente une tentative d'explication des faits sociaux.

En effet, Cette recherche a porté sur l'urbanisation anarchique du quartier Mfinda, commune de Ngaliema et ses conséquences sur l'environnement. De façon générale, les objectifs de notre étude étaient de décrire l'état du quartier Mfinda à l'origine, de présenter les facteurs qui sont à la base de ce phénomène dans ledit quartier et identifier les conséquences qu'elle engendre dans l'environnement. Pour atteindre ces objectifs, nous avons fait usage des méthodes descriptive et analytique. Quant à la récolte des données, nous avons fait usage de la technique documentaire, la technique d'interview, l'observation directe et la technique d'observation indirecte.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 PRÉSENTATION DU QUARTIER MFINDA

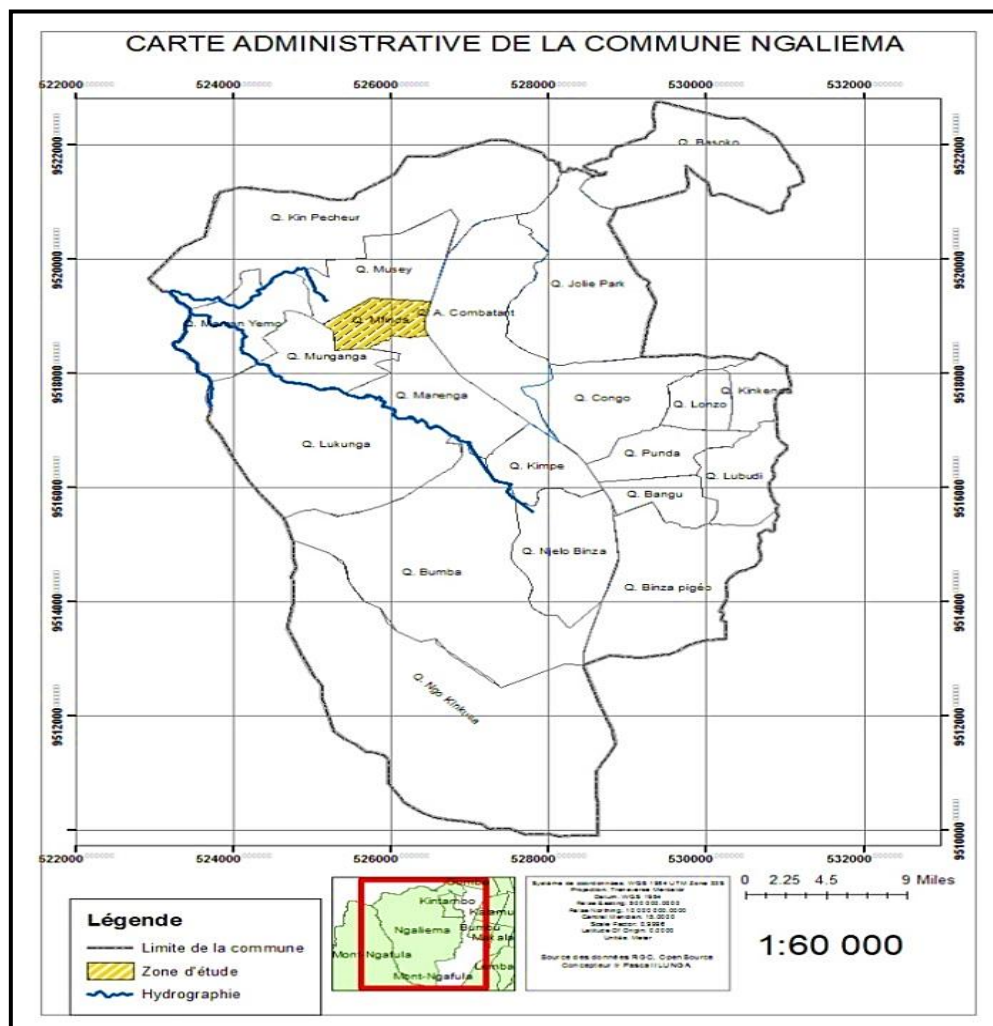


Fig. 1. Délimitation géographique du quartier Mfinda

La croissance du quartier Mfinda commence par la partie Est le long de la route de Matadi. Son développement s'est effectué petit à petit vers l'Ouest où l'on observe encore des signes d'occupation spontanée d'un site urbain. La partie Est du quartier, principalement à partir de l'avenue Escorte, s'est développée au point de plus présenter les aspects d'une zone d'habitat spontané.

4.1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le quartier Mfinda est limité au Nord par le quartier Musey, à l'Est par la cité des anciens combattants, à l'Ouest par le camp Monganga et enfin au Sud par le quartier Manenga. Mfinda fait partie des quartiers qui sont nés après l'indépendance de la République Démocratique du Congo (Cfr Fig. 1). Il est donc un quartier spontané né de l'occupation anarchique de la population. Mawesse Z. et al. (2021) affirme que « le quartier Mfinda existe depuis les années 1963 sans aucune reconnaissance légale ». Il était connu sous le nom de Binza Ozone. Sa création juridique est intervenue le 25/02/1982 par l'ordonnance loi n°008/82 portant statut de la ville de Kinshasa. Il compte parmi le 21 quartiers qui composent la commune de Ngaliema.

Le quartier est composé de 8 localités. Ces localités se présentent comme suit voici: KILANGI, KUMBU, LOLAKA, MFUMI, MONGANGA, NKEKA, NZAKIMUENA et enfin NTUKA.

4.1.2 ASPECTS NATURELS

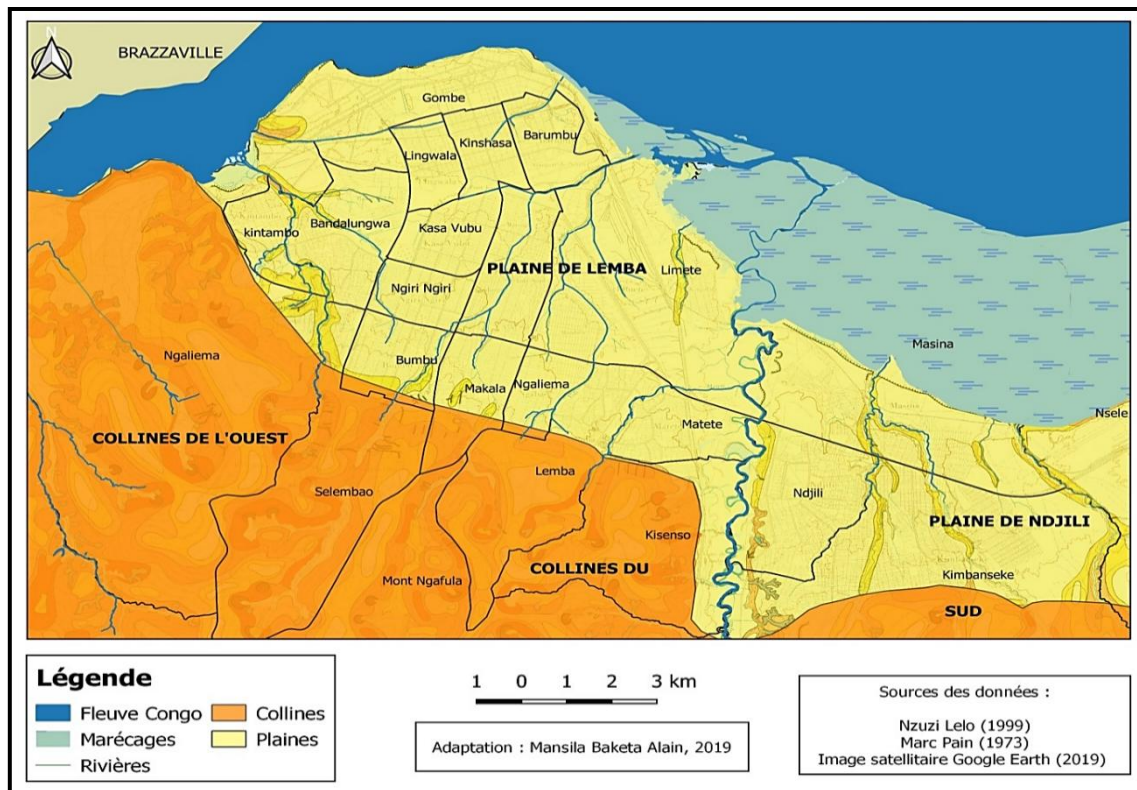


Fig. 2. La zone des plaines et collines dans la ville de Kinshasa

Le relief de Kinshasa oppose deux parties: l'une des parties est occupée par les basses terres, appelée ainsi la plaine de Kinshasa dont l'altitude varie entre 300 et 320m, la deuxième partie orographique de Kinshasa est essentiellement représentée par les sites collinaires dont l'altitude varie entre 400 et 550m (Jean Flouriot et al, 1975). Kinshasa est situé à une altitude moyenne de 350 mètres. On peut diviser sa géomorphologie en deux zones distinctes à savoir: Une zone de plaine et une zone de collines (Cfr Fig. II).

La zone qualifiée de plaine est la première. Selon Pain M. (1984), elle consiste en une plate-forme superficielle de sables fins, localement argileuse, créée d'une part par les apports, à différentes périodes des dépôts alluvionnaires provenant du fleuve Congo et d'autre part par les colluvions ayant comme origine l'érosion plus récente des différents versants situés aux alentours. La deuxième région, appelée zones des collines présentent, quant à elle, une géographie plus vallonnée (Katalayi H., 2014), Le tout repose sur un socle de grès tendre d'altération variable, datant du Secondaire, lui-même installé sur un substrat de nature gréseuse formé au Précambrien et généralisé à l'ensemble du territoire que constitue la ville de Kinshasa. Notre site d'étude se situe sur une des zones collinaires de Kinshasa à savoir: l'ensemble des sous- bassins versants entourant l'université de Kinshasa cités ci-hauts (Nzuzi L., 2011).

En ce qui concerne le relief du quartier Mfinda, il convient de signaler que notre milieu d'étude est localisé dans la partie collinaire de Kinshasa, dénommée les « hautes terres de Kinshasa selon Fumunzanza, J. (2009) & (Katalayi H., 2014). Ces dernières sont sujettes aux phénomènes érosifs dus principalement par les degrés des pentes plus ou moins importants ainsi que par la nature du sol de Kinshasa. Et notre milieu d'étude n'échappe pas à ces tristes réalités (érosion et ravinement). Le relief du quartier est identique à celui de la Commune. Le quartier comprend des collines et des vallées. A certains endroits, ce relief fait place aux érosions. Il s'agit des érosions de Mbinza, de Kimpu, de Lusevakueno et de Mbuesa.

4.1.3 LA VOIRIE

La voirie est l'ensemble des voies publiques dans une entité administrative. Le quartier Mfinda est doté de plusieurs avenues et rue (Tableau 1 & Fig. III). Les plus grandes sont:

Tableau 1. Voirie du quartier Mfinda

Avenue	Caractéristiques	Orientation
De l'Ecole	-Elle est asphaltée -Constitue la limite nord du quartier	Elle va de l'est à l'ouest à partir de la route Matadi jusqu'au rond-point Pompage
Nsuala	-Elle est également asphaltée -Elle constitue la limite de la partie sud du quartier	Elle va de l'avenue Mama Yemo jusqu'au rond-point Pompage
La route Matadi	-Elle est également asphaltée -Elle constitue la limite Est du quartier	Se retrouve dans la partie Est de la route Matadi

Source: Enquêtes personnelles, 2022

4.1.4 LE RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT

Le quartier est faiblement doté d'un réseau d'assainissement (Fig. III) dont seules les grandes avenues et rues ont des caniveaux. Il s'agit de l'avenue de l'Ecole, Maman Yemo puis de la route de Matadi. Les autres avenues de dimension sont dépourvues des caniveaux et cela a pour conséquence la dégradation de ces derniers.

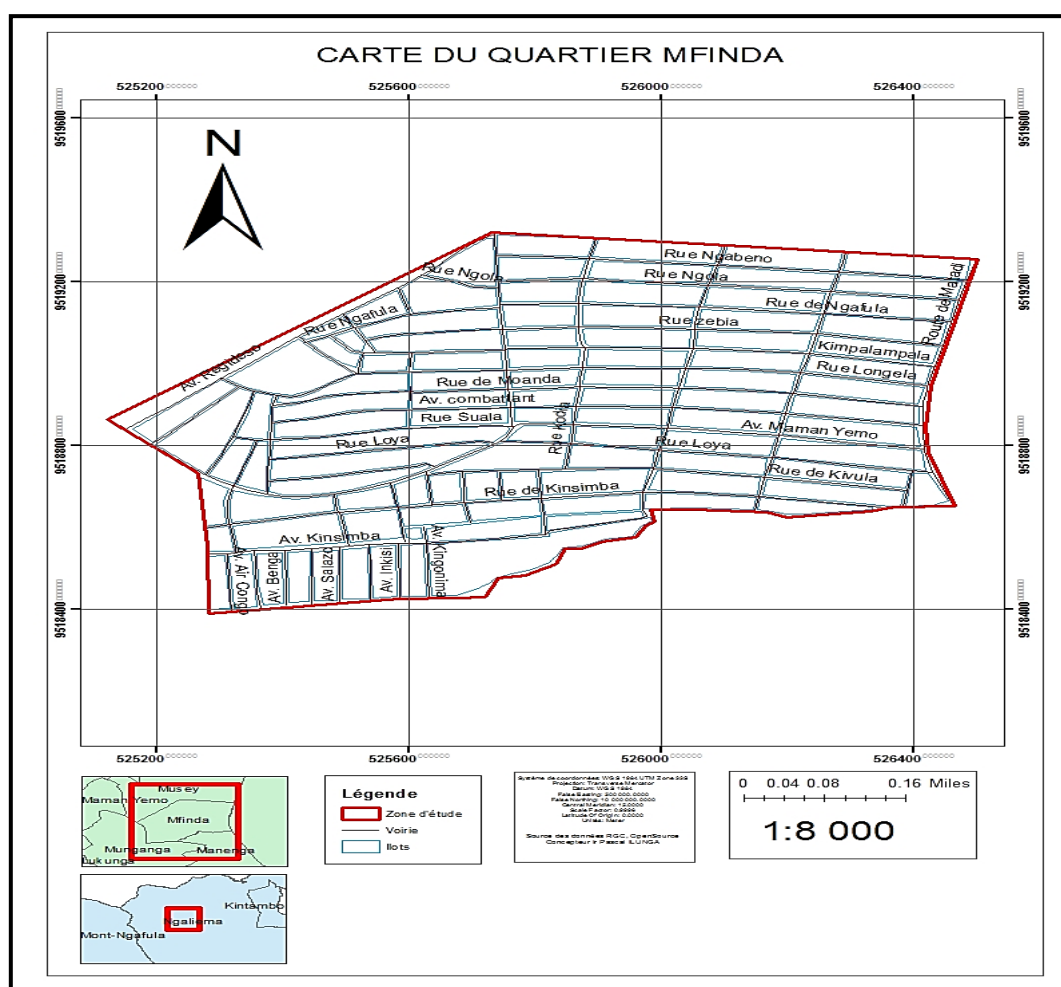


Fig. 3. La voirie du quartier Mfinda

4.1.5 SITUATION DÉMOGRAPHIQUE

4.1.5.1 LA POPULATION DU QUARTIER ET SON ÉVOLUTION

La population générale du quartier Mfinda a été estimée à 43.024 habitants en 2021 (Voir tableau 2 en annexe) dont:

- La population congolaise est de 42.064 habitants,
- La population étrangère est estimée à 960 habitants parmi lesquels nous trouvons les Angolais et les Congolais de Brazzaville.

Le tableau 2 et la figure IV montrent que la démographie du quartier Mfinda est dynamique. Le graphique renseigne que durant ces 24 dernières années, la population de Mfinda a enregistré en même des fortes et faibles croissances démographiques. La faible population v de 2012 à 2020, période des conflits armés et de crise dans la ville de Kinshasa.

Nous noterons d'abord que l'occupation du quartier Mfinda s'est effectuée de manière illégale, car jadis bâtis anarchiquement sur un espace spontané. La crainte permanente d'un déguerpissement forcé demeure encore jusqu'aujourd'hui la raison majeure de sa faible occupation par une population constituée majoritairement par une classe sociale défavorisée. Le coût du loyer et la vente de terrain à des tarifs abordables ainsi que la mauvaise qualité di site demeure le facteur contraignant à la base de l'attrance de cette population de plus en plus marginalisée.

Tableau 2. Dynamique de la population du quartier Mfinda entre 1998 et 2021

PERIODE	ACTIVITES	OBSERVATION
De 1998 à 2009	Dynamique de la population sur le site	Baisse sensible de la population sur le site à cause des conditions topographiques défavorables
De 2010 à 2015	-Dégradation très avancée des infrastructures (voirie...) -Adoption d'un nouveau mode de transport (moto) qui détériore les infrastructures et le pratiquement impraticable.	Nouvelle baisse de la population sur le site
De 2016 à 2021	-Proximité géographique du site par rapport aux grands centres urbains et artères principaux de la ville -l' insouciance des services étatiques pour exécuter le déguerpissement forcé	Hausse de la population du fait de l'inactivité et la non applicabilité des mesures urbaines par l'Etat.

Source: enquête personnelle, 2022

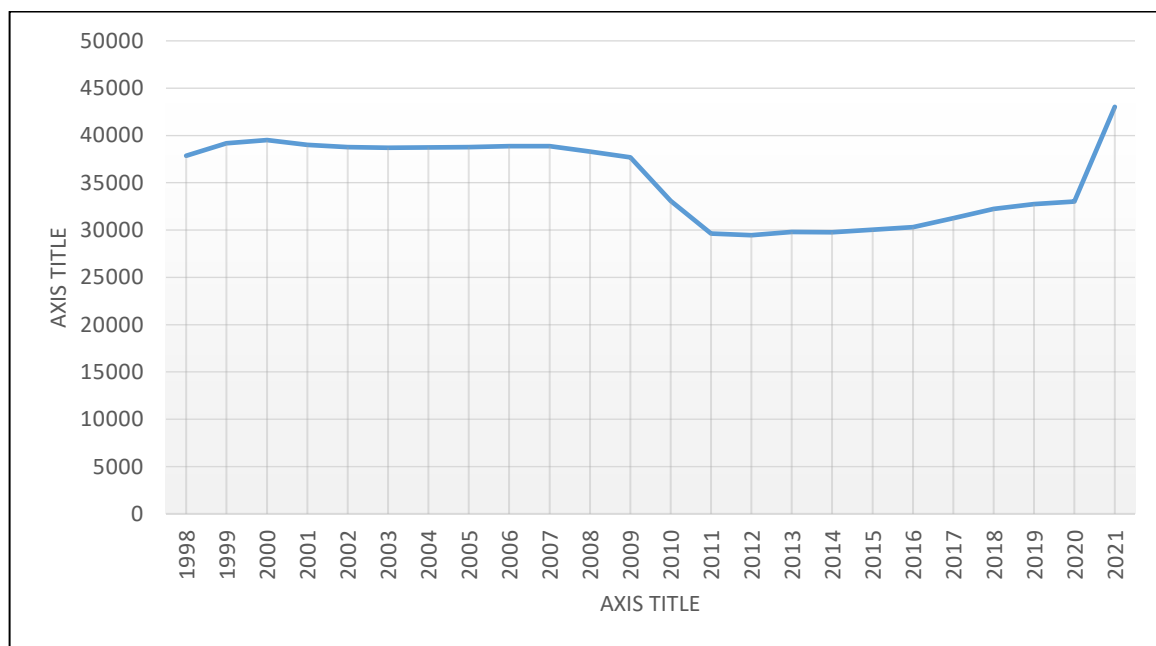


Fig. 4. Graphique évolutive de la population du quartier Mfinda de 1998 à 2021

Source: Bureau du Quartier Mfinda, 2022

4.1.5.2 RÉPARTITION DE LA POPULATION SELON LEUR PROVINCE D'ORIGINE

Le tableau 4 montre que les habitants du quartier Mfinda proviennent de toutes les provinces de la RDC, malgré leur inégale répartition. Cette répartition inégale est marquée par la prédominance des ressortissants de la province du Kongo Central (2913, soit 6,9%), suivi de ceux de l'Equateur (2210, soit 5,2%), du Haut-Katanga (2125, soit 5%) et du Haut-Uélé (2047, soit 4,8%). On enregistre, pour ces provinces des effectifs supérieurs à 2.000 habitants. Pour la province du Kongo Central, la proximité géographique pourrait être à la base de cette importante représentativité.

Certaines provinces viennent en seconde position en termes de représentativité. Les effectifs de leurs ressortissants sont compris dans une fourchette variant entre 1000 et 2000 habitants. Il s'agit des provinces de la Tshuapa avec 1940 habitants, Lomami avec 1938 habitants, suivi du Sud-Ubangi avec 1825 habitants, du Kwilu avec 1779 habitants, du Sankuru avec 1703 habitants et enfin du Bas-Uele avec 1669 habitants. Se classent

également dans cette catégorie, les provinces du Kasai, Equateur, Kwango, Mongala, et Mai- Ndombe qui atteignent chacune une moyenne de 4 %.

Les provinces des Nord Kivu, Haut-Uélé, Ituri, Haut Katanga et Maniema ont par contre une moyenne de 3 % de représentativité. Les provinces les moins représentées sont marquées par des taux compris entre 1 et 2 %, il s'agit des provinces de la Tshopo, Kinshasa, Haut-Lomami, Lualaba, Sud Kivu et Tanganyika.

Tableau 3. Répartition de la population selon leur province d'origine

N	PROVINCE	HA	FA	G	F	TOTAL	%
01	BAS-UELE	408	413	417	431	1669	3,97
02	EQUATEUR	547	552	549	562	2210	5,25
03	HAUT KATANGA	525	530	528	542	2125	5,05
04	HAUT LOMAMI	368	370	373	386	1497	3,56
05	HAUT UELE	505	508	510	524	2047	4,87
06	ITURI	216	226	221	234	897	2,13
07	KASAI	389	394	395	409	1587	3,77
08	KASAI CENTRAL	330	335	332	345	1342	3,19
09	KASAI ORIENTAL	360	366	365	379	1470	3,49
10	KINSHASA	284	289	291	304	1168	2,78
11	KONGO CENTRAL	721	726	726	740	2913	6,93
12	KWANGO	269	274	273	286	1102	2,62
13	KWILU	436	441	444	458	1779	4,23
14	LOMAMI	475	480	485	498	1938	4,61
15	LUALABA	347	352	354	368	1421	3,38
16	MAI-NDOMBE	362	367	369	383	1481	3,52
17	MANIEMA	297	302	305	319	1223	2,91
18	MONGALA	385	390	292	312	1379	3,28
19	NORD KIVU	211	216	284	298	1009	2,40
20	NORD UBANGI	412	417	412	424	1665	3,96
21	SANKURU	415	420	427	441	1703	4,05
22	SUD KIVU	375	370	381	395	1530	3,64
23	SUD UBANGI	450	455	453	467	1825	4,34
24	TANGANIKA	402	406	408	422	1638	3,89
25	TSHUAPA	478	482	483	497	1940	4,61
26	TSHOPO	369	373	375	389	1506	3,58
TOTAL GENERAL		10336	10463	10452	10813	42064	100

Source: Bureau du quartier Mfinda, 2021

4.1.6 NATURE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Les types de construction et les matériaux utilisés dépendent totalement des types de logement. Composés de 130 maisons à raison de 10 par quartier, lors de notre descente sur terrain, nous avons pu observer attentivement les différentes constructions ainsi que les matériaux de construction utilisés. Le résultat présenté sur le tableau 5 démontre clairement que sur le total de 130 maisons prise comme échantillon, le nombre des maisons construites avec des matériaux en dur domine, il constitue un total de 108 maisons, soit 83% des cas, en second lieu, nous avons les maisons en construite avec des briques adobes, un total de 16 maisons, soit 13,8% que l'on retrouve surtout vers la partie ouest du quartier vers le quartier Monganga. Enfin, les habitations en pisé et en tôle ne sont représentées respectivement que par 3,8% et 1, 5 % du total.

Tableau 4. Nature des matériaux de construction utilisé dans le quartier

Avenue	Type de constructions	Matériaux de constructions				Tot/Gen.
		En durs	En brique adobe	En pisé	En tôle	
Regideso	Anarchique – spontané – non planifié	10	-	-	-	10
Ngabeno	Anarchique – spontané – non planifié	10	-	-	-	10
Ngafula	Anarchique – spontané	9	1	-	-	10

Congo Dieto	Anarchique – spontané	8	2	-	-	10
Kimpala Mpala	Anarchique – spontané	8	1	-	1	10
Longela	Anarchique – spontané – non planifié	8	1	-	-	10
Muanda	Anarchique – spontané – non planifié	8	2	-	-	10
Lovo Congo	Anarchique – spontané – non planifié	8	1	1	-	10
Nsuala	Anarchique – spontané	7	2	1	-	10
Batetela	Anarchique – spontané	6	2	1	1	10
Mama Yemo	lotis	10	1	-	-	10
Kinsimba	Anarchique – spontané – non planifié	8	1	1	-	10
Mbanzampa	Anarchique – spontané – non planifié	8	1	1	-	10
Total		108	16	5	2	130

Source: Enquêtes personnelles sur terrain, 2022

Tableau 5. Evolution de la population du quartier Mfinda de 1998 à 2021

N°	Année	Population Congolaise						Population étrangère						Totaux		Evolution
		H	F	G	F	S/Tot	%	H	F	G	F	S/Tot	%	POP.	%	
1	1998	8372	8660	9210	9662	35904	94,8%	380	492	601	485	1958	5,2%	37862	100%	-
2	1999	9330	9088	9342	10062	37822	96,5%	270	431	284	382	1367	3,5%	39189	100%	1327
3	2000	7959	10043	9027	10991	38020	96,2%	297	465	310	423	1495	3,8%	39515	100%	326
4	2001	7993	9754	9068	11309	38124	97,8%	145	248	173	300	866	2,2%	38990	100%	-525
5	2002	7964	9722	9033	11280	37999	98,0%	113	216	149	291	769	2,0%	38768	100%	-222
6	2003	7949	9707	9018	11265	37939	98,0%	113	216	149	288	766	2,0%	38705	100%	-63
7	2004	7816	9866	9038	11290	38010	98,2%	106	201	147	258	712	1,8%	38722	100%	17
8	2005	7831	9874	9059	11294	38058	98,1%	110	203	150	259	722	1,9%	38780	100%	58
9	2006	7864	9885	9071	11299	38119	98,1%	126	202	152	258	738	1,9%	38857	100%	77
10	2007	7872	9889	9080	11302	38143	98,1%	127	202	156	258	743	1,9%	38886	100%	29
11	2008	7767	9759	8950	11133	37609	98,2%	116	191	146	245	689	1,8%	38307	100%	-579
12	2009	8700	9413	9352	9632	37097	98,5%	163	204	84	124	575	1,5%	37672	100%	-635
13	2010	7769	8608	7946	8204	32527	98,3%	124	149	125	156	554	1,7%	33081	100%	-4591
14	2011	7207	7384	7120	7468	29179	98,5%	125	139	87	100	451	1,5%	29630	100%	-3451
15	2012	7239	7239	7416	7152	29046	98,6%	117	130	72	92	411	1,4%	29457	100%	-173
16	2013	7255	7432	7168	7516	29371	98,6%	119	134	78	96	427	1,4%	29798	100%	341
17	2014	7216	7393	7214	7580	29403	98,8%	99	103	74	90	366	1,2%	29760	100%	-29
18	2015	7281	7404	7303	7660	29648	98,8%	97	98	89	90	374	1,2%	30022	100%	253
19	2016	7344	7467	7366	7723	29900	98,7%	103	110	95	98	406	1,3%	30306	100%	284
20	2017	7516	7669	7526	7900	30611	98,6%	161	184	146	142	633	1,4%	31244	100%	938
21	2018	7688	7871	7686	8127	31372	97,3%	219	258	197	186	860	2,6%	32232	100%	988
22	2019	7823	8008	7929	8385	32145	98,2%	128	163	152	141	584	1,7%	32729	100%	497
23	2020	7903	8078	8001	8448	32430	98,1%	134	151	168	143	596	1,8%	33026	100%	719
24	2021	10336	10463	10452	10813	42064	97,7%	226	240	249	245	960	2,2%	43024	100%	9998

SOURCE: Bureau du quartier Mfinda, 2022

4.2 CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT

4.2.1 ABSENCE ET INSUFFISANCE DES ÉQUIPEMENTS RÉSIDENTIELS

Le quartier Mfinda étant un quartier en grande partie non urbanisé, est dominé par une voirie non asphaltée dépourvue d'un réseau d'assainissement viable permettant d'assurer un bon drainage des eaux pluviales et usées provenant des parcelles. Cette absence de réseau d'assainissement fait que pendant les heures pluies, voir même après la pluie dans certains coins du quartier, les rues et les avenues se transforment en cours d'eau empêchant ainsi toute circulation. Ce qui rend le quartier inaccessible pendant de telles périodes.

En plus de la transformation des avenues en cours d'eau pendant les heures de pluies, il se forme des flaques et des étangs d'eau dans la majorité des voies, ce qui entraîne la formation de bourbiers avec les passages des véhicules. Cette situation s'observe sur pratiquement toutes les avenues du quartier.

4.2.2 QUASI ABSENCE EN RÉSEAU D'ADDUCTION D'EAU ET EN ÉLECTRICITÉ

Compte tenu du fait que le quartier Mfinda fut un quartier auto-construit ses origines n'ont pas permis l'installation immédiate de certains services urbains, notamment le réseau d'adduction en eau potable et en électricité. En effet, l'adduction d'eau potable s'est fait plusieurs années seulement après le premier lotissement puisque ce dernier s'est fait de manière spontanée. Il faut signaler par ailleurs, que tout le quartier n'est pas connecté au réseau Regideso. La zone la plus connectée à ce réseau se trouve au Nord-Est du quartier. La partie Sud-Ouest du quartier, site où a été basé notre étude, étant connecté à ladite entreprise n'arrive pas à être desservi totalement en eau et ce, dans certaines parties puisque dans d'autres, ils n'en reçoivent pas.

Toutes les parcelles de la partie Est du quartier ont eu ce privilège d'être connecté au réseau électrique. Il en est de même pour celles localisées le long de grandes voies de circulation. Par contre, un bon nombre de parcelles de la partie ouest du quartier sont connectées de façon frauduleuse. Le problème de connexion au réseau ne se pose pas seulement en termes de connectivité ou de raccordement, mais aussi de celui de la qualité du réseau. En effet, le réseau connaît une saturation du fait de la croissance anarchique de l'habitat.

4.2.3 AUTRES FACTEURS INFLUENÇANT L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT DU QUARTIER MFINDA

L'état de l'environnement à l'échelle du quartier Mfinda n'est pas identique sur toute l'étendue de l'entité. Il est influencé par plusieurs autres facteurs, nous citons notamment:

- Une voirie essentiellement non asphaltée qui n'assure pas un drainage efficace des eaux;
- Un faible équipement du quartier en réseau d'assainissement. La majorité des avenues du quartier ne possèdent pas de caniveaux;
- La mauvaise gestion des déchets solides qui finissent principalement dans la voirie non asphaltée pour lutter contre les eaux stagnantes;
- La configuration géomorphologique du quartier favorable à la prolifération des ravins utilisés comme dépotoirs publics par la population;
- Le faible niveau de vie de la population qui n'arrive pas à s'offrir un habitat décent.

4.2.4 DÉFICIENCE COMPLÈTE D'UNE VOIRIE IMPECCABLE DANS LE DIT-QUARTIER

La voirie du quartier Mfinda est fortement dégradée et colonisée par les eaux stagnantes. Des eaux qui transforment certaines rues en cours d'eau permanents, en marre de boue et en étang et d'autres se chargent en boue. Ce sont des eaux usées domestiques que la population canalise sur la voie publique par absence des caniveaux et qui se déposent à ces endroits. Mais de manière générale, toutes les voies de circulation du quartier ne sont pas dans un état de délabrement. Il existe encore des voies en bon état, bien asphaltées et dotées des caniveaux. Certaines voies non asphaltées sont aussi bien entretenues. Ce sont des avenues et rues de la partie Est du quartier. Elles sont toutes localisées à l'Est de l'avenue Regideso.

4.2.5 CONSÉQUENCES URBANISTIQUES DE L'EXPLOSION ANARCHIQUE

Les conséquences de la croissance urbanistiques dans le quartier Mfinda sont dues à plusieurs facteurs dont l'auto construction, mais aussi l'absence et insuffisance des équipements d'infrastructure qui, par manque des réseaux d'assainissement devrait assurer et faciliter un bon drainage des eaux pluviales et usées provenant des parcelles (Routière S, 2023), la Transformation des avenues en cours d'eau pendant les heures de pluies. Dépourvu des caniveaux, ces eaux forment des flaques et des étangs d'eau dans la majorité des voies, ce qui entraîne la formation de bourbiers avec les passages de véhicule (Rode, S., 2017), l'inaccessibilité de l'eau et de réseau électrique dans certain coin du quartier, car l'auto-construction de ce dernier n'a pas permis l'installation immédiate de différents services urbains, notamment l'adduction d'eau potable et l'éclairage électrique (Bahers, J. et al, 2018), l'Absence des espaces d'équipements, on ne retrouve dans le quartier aucun espaces aménagés pour les différents jeux, nous citons notamment le football, le basketball... ni aucun espace vert aménagé dans le quartier pour servir de lieu de détente ou de loisir pour la population (Bekolo L et al, 2022).

La mauvaise gestion des déchets solides qui finissent principalement dans la voirie non asphaltée (Leklou Y., 2022), la configuration géomorphologique du quartier qui est favorable à la prolifération des ravins utilisés comme dépotoirs publics par la population (Ndao, A. 2022), la pauvreté et le faible niveau de vie de la population qui n'arrive pas à s'offrir un habitat décent (Abderrahmani, H., 2019).

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

5.1 CONCLUSION

Le quartier Mfinda vieux de près de cinq décennies, est l'un des quartiers spontané et anarchique les plus frappant de la ville de Kinshasa. Il présente, plus précisément vers sa partie Sud-Ouest, divers grands problèmes d'urbanisme et environnementaux difficiles à résoudre pour un pays en crise multiforme et multi sectoriel depuis plusieurs années. Peuplé de 43.024 habitants en 2021, le quartier Mfinda a été construit anarchiquement et massivement depuis les années 1963, sans aucune reconnaissance légale, par des chefs coutumiers HUMBU sur un site qualifié d'impropre à l'urbanisation et inapproprié au lotissement sans précaution valable, du fait de l'importance de sa dénivellation dont les altitudes

varient entre 276 et 317 m de hauteur avec une valeur de pente de plus de 22% et la profondeur de son sol argilo-sablonneux très érodable (Nyabu, C., 2019).

Compte tenu de la qualité de ses aménagements initiés par des résidents eux-mêmes majoritairement pauvres: un pseudo-lotissement très irrégulier essentiellement parallèle à la pente, des destructions par érosion surtout vers la partie Sud-Ouest du quartier, des constructions intra parcellaire précaires, l'implantation des micro-activités résidentielles ont pu voir le jour.

5.2 RECOMMANDATIONS

Dans le quartier, l'on y observe une prolifération des services et la vétusté des constructions. Plusieurs facteurs ont déterminé l'état de l'environnement de ce quartier, notamment l'absence d'un cadre réglementaire et le niveau de vie de la population très bas. Pour essayer de palier à cette situation, l'étude propose quelques pistes de solutions à savoir: l'identification et la localisation des zones qui ne doivent pas faire l'objet de lotissement pour lutter contre les érosions qui ravagent le quartier, la définition des conditions de lotissement pour les espaces encore libres pouvant faire l'objet de lotissement dans l'avenir, la construction d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales et usées (caniveaux, égouts, collecteurs) pour atténuer l'extension des érosions et des inondations dans le quartier.

Il est aussi préférable de mettre en place un ensemble de mesures restrictives de sanction afin de dissuader les récalcitrants, mais aussi sensibiliser la population du quartier sur les conséquences de l'auto-construction et sur la mauvaise gestion de l'espace habité notamment, la population qui doit jouer elle-même un rôle dans la gestion de l'environnement ou prendre en charge le développement de son espace qu'elle-même indirectement détruit.

REFERENCES

- [1] Abderrahmani, H. (2019). Le rôle du déséquilibre de l'armature urbaine dans l'aggravation de la crise de l'habitat-Cas de Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- [2] Bahers, J. B., & Giacchè, G. (2018). Échelles territoriales et politiques du métabolisme urbain: la structuration des filières de biodéchets et l'intégration de l'agriculture urbaine à Rennes. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 31).
- [3] Bekolo, L. R. M., Marsac, A., & Bouchet, P. (2022). Les terrains de football à Yaoundé: usages et conflits d'accès aux espaces publics. *EchoGéo*, (61).
- [4] Canel, P., Delis, P., & Girard, C. (1990). Construire la ville africaine. *Chronique du citadin promoteur*. Paris: Karthala et ACCT.
- [5] De Maximy, R. (1984). Kinshasa, ville en suspens: Dynamique de la croissance et problème d'urbanisation, *Approche sociopolitique* Ed. De l'ORSTOM, Paris, 476 p.
- [6] Flouri, J., René de Maximy, Marc Pain, Kankonde Mbuyi Xavier Van Caillie (1975). *Atlas de Kinshasa*, 113 p.
- [7] Fumunzanza, J. (2009). Kinshasa, d'un quartier à l'autre, édition l'harmattan, Paris, 166 p.
- [8] Gratwiz, M. (2001). *Méthodes en sciences sociales*, Dalloz, Paris; CEDEX 14, 1019 p.
- [9] Gumuchian, H.M. (2000). *Initiation à la recherche en géographie: aménagement, développement territorial, environnement*. Montréal: Ed. Economica.
- [10] Katalayi Mutombo, H. (2014), Urbanisation et fabrique urbaine à Kinshasa, défis et opportunités d'aménagement, Thèse de doctorat, Université Michel de Montaigne, Bordeaux III Montaigne, 533p.
- [11] Leklou, Y. (2022). Gestion des déchets électroniques et leurs impact sur l'environnement: cas de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [12] Lelo Nzuzi, F. (1989). Urbanisation et aménagement en Afrique noire, Sedes, Paris, 252 p.
- [13] Lelo Nzuzi, F. (2008). Kinshasa, ville et environnement, Harmattan, Paris, 281 p.
- [14] Lelo Nzuzi, F. (2011). Kinshasa, Planification et aménagement, Harmattan, Paris, 381 p.
- [15] Lelo Nzuzi, F. & Tshimanga Mbuyi, c. (2004). Pauvreté urbaine à Kinshasa, Préface du professeur Léon de Saint-Moulin, Ed. Cordaid, 167 p.
- [16] Mavinga, M., S. (2022), Constructions stratifiées des logements des quartiers Kauka et Yolo-Nord dans la commune de Kalamu: Indices de ségrégation du cadre de vie, disponible sur le site: <http://ijias.issr-journals.org>.
- [17] Mawesse zalina et Kezipane Asegala, Rapport de toutes les informations du quartier Mfinda, 2021.
- [18] Ndao, A. (2022). Perception des impacts sanitaires liés aux inondations de 2020 dans la commune de Kaffrine: cas de la diarrhée dans les quartiers de Diamaguene-Centre et Kaffrine 2 Sud.
- [19] Nshimba Lubilanji, L. (2014). Introduction aux méthodes de recherche en Géographie humaine, Ed. Gravitass, 182 p.
- [20] Pain M. (1984). Kinshasa, la ville et la cité, Ed. De l'ORSTOM, Paris, 269 p.
- [21] Solotshi Muyunga, P. (2017). Méthodes des recherches en Sciences géographiques, Kinshasa, 179 p.
- [22] Rode, S. (2017). Reconquérir les cours d'eau pour aménager la ville. *Cybergeog: European Journal of Geography*.
- [23] Routière, S., General, s. de, p. d. m. e., des villes, d. u., & Faso, b. (2023). Etude d'impact environnemental et social pour la réalisation des ouvrages d'assainissement et de drainage des eaux pluviales dans la ville d'Ouahigouya dans la région du nord.
- [24] UPPE-SRP, (2005). Monographie de la ville de Kinshasa, Kinshasa, 173 p.
- [25] Ville de Kinshasa, 2024. Opération d'urgence de lutte contre de déchet à Kinshasa, 81 p.

Inventaire systématique de légumes cultivés et consommés dans les ménages de la ville de Kenge: Cas du quartier Wamba

[Systematic inventory of vegetables cultivated and consumed in households in the city of Kenge: Case of the Wamba neighborhood]

Bondonga Mambomba Herve¹⁻², Webana Banakpo Mireille¹, Monsengo Mbangi Bopaule¹⁻³, Nsakala Tanda Reddy Andy¹⁻⁴, Kazadi Mujinga Stella¹, Lubamba Lubamba Bob¹, Nguya Mata Job¹, Mabaya Arielle Arielle¹, and Tsudi Monaco Eden⁵

¹Centre National de Télédétection, RD Congo

²Département de Pyrotechnique, Facultés de Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

³Faculté d'agronomie, Université CEPROMAD, RD Congo

⁴Département des Géosciences, Faculté des Sciences et technologie, Université de Kinshasa, RD Congo

⁵Département de Pyrotechnique, Facultés de Sciences Agronomiques et Environnement Université de Kenge, RD Congo

Copyright © 2026 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 focuses on vegetable consumption among households in the Pont Wamba neighborhood of Kenge, in the Democratic Republic of the Congo. In a global context where fruit and vegetable intake remains insufficient, Sub-Saharan Africa displays particularly low levels. Yet, vegetables are essential to a balanced diet and are vital for local populations. The main objective of this research is to assess vegetable consumption in Pont Wamba by analyzing eating habits, the factors influencing consumption, and the actual level of intake. The methodology is based on quantitative, comparative, and analytical approaches, supported by surveys, interviews, and field observations. The findings reveal that 100% of surveyed households consume vegetables daily, primarily due to their affordability and local availability. The study recommends enhancing awareness campaigns, supporting local production, and involving authorities to ensure food security.

KEYWORDS: cultivated vegetables, household consumption, Kenge, Wamba neighborhood, nutrition, food security.

RESUME: Cette étude s'intéresse à la consommation de légumes dans les ménages du quartier Pont Wamba à Kenge, en République Démocratique du Congo. Dans un contexte où la consommation mondiale de fruits et légumes reste insuffisante, l'Afrique subsaharienne affiche des niveaux particulièrement bas. Les légumes, pourtant essentiels à une alimentation équilibrée, sont ici vitaux pour les populations locales. L'étude a pour objectif principal de dresser un inventaire de la consommation de légumes à Pont Wamba, en analysant les habitudes alimentaires, les facteurs influençant cette consommation, ainsi que son niveau réel. La méthodologie employée repose sur des approches quantitatives, comparatives et analytiques, combinées à des techniques d'enquête et d'observation. Les résultats indiquent que tous les ménages interrogés consomment des légumes quotidiennement, principalement grâce à leur accessibilité financière et à leur disponibilité locale. L'étude recommande de renforcer la sensibilisation, de soutenir la production locale et d'impliquer les autorités pour assurer la sécurité alimentaire.

MOTS-CLEFS: légumes cultivés, consommation ménagère, Kenge, quartier Wamba, nutrition, sécurité alimentaire.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

Partout dans le monde, notre consommation de fruits et légumes est bien inférieure à la quantité minimale recommandée par l'OMS (soit 400 g) pour s'alimenter de façon saine. La quantité de fruits et légumes dont on a besoin dépend de l'âge, du sexe et du niveau d'activité physique.

De nombreux pays ont formulé des recommandations supplémentaires à l'intention des enfants, compte tenu de l'importance des fruits et légumes pour leur croissance et leur développement. En moyenne, nous consommons seulement environ deux tiers des quantités minimales recommandées. (Fao 2021).

En Afrique Subsaharienne, la consommation des légumes est la plus faible comparée au reste du monde. Le Nigeria qui est le principal consommateur est à 61,3 kg /personne par an. Au Burkina Faso sur 100 000 ha de terres irrigables, 30 000 ha sont consacrées aux cultures maraîchères et fruitières. Bien que le maraîchage soit pratiqué dans l'ensemble du pays, seules 11 provinces sur 45 sont des grandes zones de production. A Ouagadougou la capitale, chaque matin les légumes provenant des provinces voisines inondent les marchés. Ministère de l'agriculture (Cité par Hama-Ba F et al 2017).

Les quantités varient considérablement: en Asie centrale, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on consomme légèrement plus que la quantité minimale recommandée, tandis qu'en Afrique subsaharienne et en Océanie, on n'en consomme qu'un tiers environ. Les habitants des Caraïbes consomment le plus de fruits, alors que ceux d'Afrique australe en mangent le moins. (Afshin Et Al., 2019).

Les légumes occupent une place importante dans la diversification des régimes alimentaires des populations des pays en développement et constituent une des principales sources de nutriments. En effet, de par leur richesse en protéines, fibres, minéraux, vitamines, et antioxydants, les légumes contribuent à améliorer la santé des populations. Ils ont de ce fait un intérêt nutritionnel dans la lutte contre les carences en micronutriments. Dans les pays en développement où les céréales sont les plats de base, les légumes complètent la valeur nutritionnelle des plats consommés. (Ganry J 2009).

En République Démocratique du Congo Les légumes sont des aliments très importants et essentiels pour une alimentation saine, équilibré et durable. Ils sont considérés comme une source de nombreux nutriments notamment les antioxydants et les fibres alimentaires pour le maintien des fonctions physiologiques normales des êtres humains et leur consommation est très utile pour la prévention de plusieurs maladies. (Ngweme et al.2020).

Dans la ville de Kinshasa avec une population estimée à plus de 15 millions d'habitants, les cultures maraîchères jouent un rôle économique et social très important dans la vie quotidienne de la population. L'amarante (communément appelé Bitekuteku) est l'un des légumes les plus consommés à Kinshasa. (Musibono et al 2021a).

La culture de ce légume est principalement pratiquée dans les zones péri-urbaines et souvent le long des rivières et à proximité des routes très fréquentées. (Musibono et al.2021b).

Dans la ville de Kenge et la commune de Masikita en particulier, la population consomme plus des légumes et constitue le principal aliment des survivres pour les ménages.

Afin de cerner cette situation avec plus d'acuité et précision sur l'inventaire systématique de légumes cultivés et consommés dans les ménages de la ville de Kenge et le quartier Pont Wamba en particulier, dans la présente étude nous allons essayer de nous poser des questions suivantes:

- Quels sont les facteurs qui déterminent la consommation de légumes dans les ménages du quartier Pont Wamba ?
- Qu'est-ce qui justifie la consommation excessive de légumes dans les ménages de Pont Wamba ?

1.2 HYPOTHÈSES

La présente étude tourne au tour des hypothèses ci-après:

- Les facteurs qui déterminent la consommation des légumes, c'est d'abord sa disponibilité au marché et sa production;
- Ce qui justifie la consommation excessive des légumes dans le quartier Pont Wamba sont les aliments les moins coûtés.

1.3 OBJECTIFS

1.3.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif général de ce travail est d'inventorier la consommation de légumes dans les ménages de la ville de Kenge et le cas des ménages du quartier Pont Wamba.

1.3.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Spécifiquement cette étude vise à:

- Relever le mode de consommation de légumes dans les ménages du quartier Pont Wamba;
- Déterminer les facteurs de consommation de légumes dans les ménages du quartier Pont Wamba;
- Evaluer la consommation de légumes dans les ménages du quartier Pont Wamba.

1.4 CHOIX ET INTÉRÊT DU TRAVAIL

Ce travail a un double intérêt: l'intérêt théorique et l'intérêt pratique. Le choix et l'intérêt de ce sujet se justifie par le fait que la population de la ville de Kenge et en particulier de la commune de Laurent Désiré Kabila consomme excessivement les légumes.

La présente étude servira de fournir des données de base pour les études ultérieures et d'orienter nombreux chercheurs dans ce domaine dans la ville de Kenge. Ainsi, les données récoltées dans ce travail sont très importantes pour éveiller la conscience des ménages qui sont les consommateurs, des producteurs de légumes et des autorités locales sinon nous risqueront d'assister à une pénurie des légumes aux jours avenir.

1.5 DÉLIMITATION SPATIO-TEMPORELLE

La présente étude est bien délimitée dans le temps et dans l'espace.

Sur le plan spatial, cette étude s'est déroulée dans la ville de Kenge, précisément dans la commune de Laurent Désiré Kabila et plus particulièrement au Pont Wamba. Alors que sur le plan temporel l'étude couvre une période allant du 18 mars au 18 septembre 2024 (7mois).

1.6 MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL

Pour élaborer ce travail, nous avons utilisé la méthode statistique, la méthode quantitative, la méthode comparative et la méthode analytique. Comme technique, nous avons utilisé l'enquête appuyée par les techniques d'interview, d'observation libre, la documentation et l'échantillonnage.

1.7 SUBDIVISION DU TRAVAIL

Hormis l'introduction, la conclusion et la discussion, ce travail comprend trois chapitres à savoir:

- Le premier chapitre traite de la revue de la littérature sur les légumes;
- Le deuxième concerne le milieu d'étude, matériels et approche méthodologique;
- Le troisième est destiné à la présentation et interprétation des résultats.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES LÉGUMES

2.1 DÉFINITIONS ET ORIGINE DES LÉGUMES

2.1.1 PRODUITS CONSOMMÉS

Les produits de consommation sont des biens tangibles destinés à satisfaire les besoins des consommateurs, sans intention de revente.

2.1.2 LÉGUMES

Les légumes sont définis comme les parties comestibles des végétaux, excluant les racines amylacées et certains produits transformés. Ils représentent une source importante de nutriments.

2.1.3 MÉNAGE

Un ménage est une unité qui regroupe des personnes partageant un même logement, et constitue une unité de décision microéconomique.

2.1.4 CLASSIFICATION DES LÉGUMES

La classification des légumes n'est pas détaillée dans le texte, mais elle est essentielle pour comprendre leur diversité.

2.1.5 HISTORIQUE DES LÉGUMES

L'histoire des légumes montre leur variabilité dans l'alimentation humaine, passant d'une base céréalière à une intégration plus large des légumes, notamment durant la Renaissance et avec l'urbanisation. Cette évolution a été influencée par des échanges culturels et des innovations agricoles.

2.1.6 IMPORTANCE DES LÉGUMES

Les légumes sont riches en fibres, vitamines et minéraux, et jouent un rôle protecteur contre diverses maladies. Ils sont essentiels pour la nutrition, surtout en RDC, où ils contribuent à l'équilibre alimentaire des populations défavorisées. De plus, leur production soutenue par de petits agriculteurs favorise la sécurité alimentaire et génère des revenus.

En conclusion, les légumes sont fondamentaux tant sur le plan nutritionnel qu'économique, et leur consommation doit être encouragée pour améliorer la santé et le bien-être des populations, en particulier dans les contextes vulnérables.

3 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODE

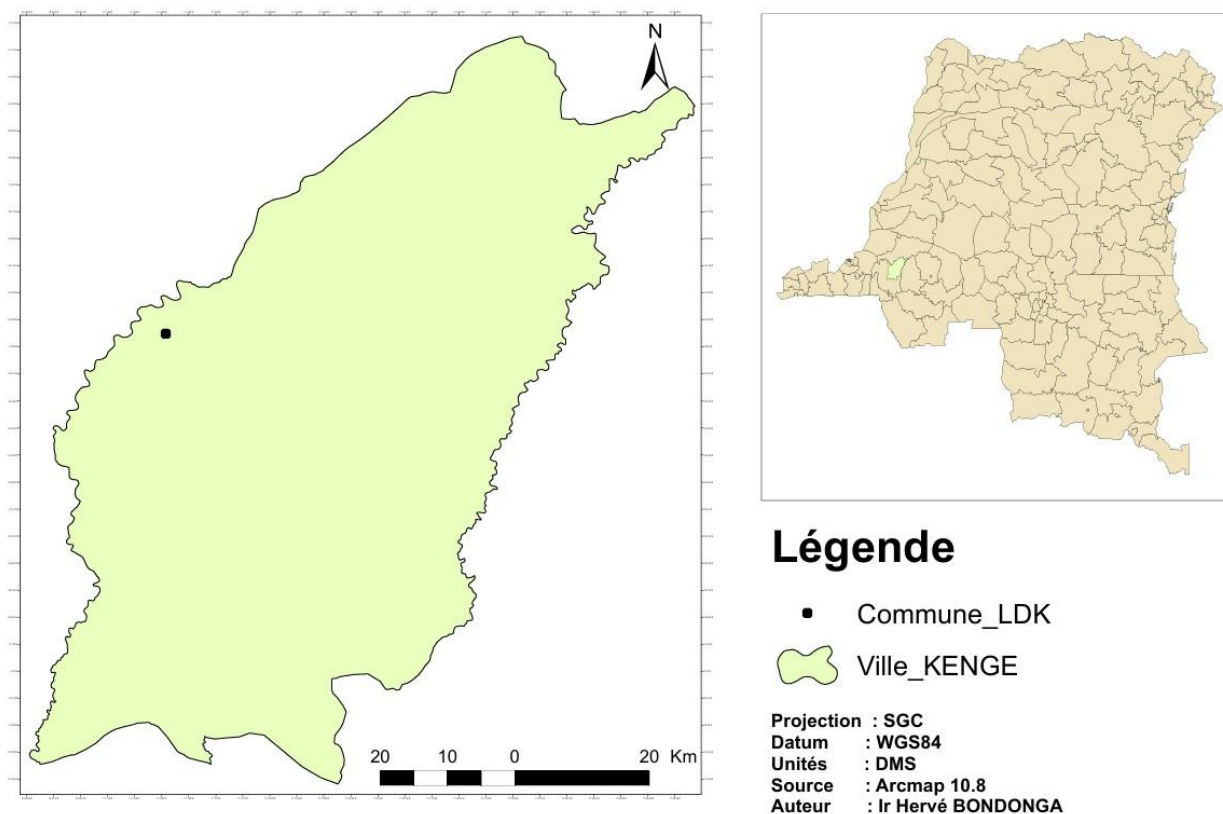
3.1 APERÇU HISTORIQUE ET ASPECT GÉOGRAPHIQUE

3.1.1 APERÇU HISTORIQUE

Le quartier Pont Wamba a été fondé en 1962 par Lubamba Lupatu Wusuwusu. Initialement un village sans urbanisation, son développement a été favorisé par la construction d'un bac.

3.1.2 DONNÉES GÉOGRAPHIQUES

CARTE DE LOCALISATION DU QUARTIER PONT WAMBA DANS LA COMMUNE LDK DANS LA VILLE DE KENGE



- **Localisation:** Situé au boulevard du 30 juin, Pont Wamba est le premier quartier de la commune Laurent Désiré Kabila, délimité par plusieurs repères géographiques.
- **Superficie:** Le quartier couvre 2 km² avec des avenues menacées par l'érosion.
- **Hydrographie:** Plusieurs sources d'eau et la rivière Wamba traversent le quartier.
- **Population:** Le quartier compte environ 6 750 habitants répartis dans différentes cellules.

3.1.3 SUBDIVISION ADMINISTRATIVE ET STATUT JURIDIQUE

Pont Wamba est subdivisé en cellules, chacune dirigée par un chef de cellule. Le quartier n'a pas de personnalité juridique distincte, étant sous l'autorité de la commune Laurent Désiré Kabila.

3.1.4 STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT

Le quartier est dirigé par un chef et un adjoint, mais fonctionne sans infrastructures spécifiques, dépendant des services de la commune.

3.2 MATÉRIEL

Deux types de matériel ont été utilisés:

- **Matériel vivant:** La population de Pont Wamba, interrogée pour obtenir des données.
- **Matériel inerte:** Comprend un stylo, des questionnaires, un carnet de bord, une moto pour la mobilité, et un ordinateur portable pour l'analyse des données.

3.3 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

3.3.1 MÉTHODES UTILISÉES

La méthode quantitative a permis de quantifier les répondants, tandis que la méthode analytique a aidé à analyser les types de légumes cultivés et consommés.

3.3.2 TECHNIQUES UTILISÉES

L'enquête s'est déroulée en deux phases: la pré-enquête pour tester le questionnaire et l'enquête principale pour collecter des données. Des techniques d'interview et d'observation ont également été employées, soutenues par une revue documentaire.

3.4 POPULATION DE L'ÉTUDE

La population de l'étude se compose des habitants du quartier Pont Wamba, avec un échantillon basé sur des critères d'inclusion (cultivateurs et consommateurs de légumes) et d'exclusion.

3.5 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

L'étude a été réalisée avec l'autorisation des autorités compétentes, garantissant la confidentialité et l'anonymat des participants. Les objectifs de l'étude ont été clairement expliqués aux responsables.

4 PRÉSENTATION, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

4.1 DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

4.1.1 ÂGE DES ENQUÊTÉS

Tableau 1. Répartition des enquêtés selon les tranches d'âges

Tranche d'âge	Fréquence	%
18-25 ans	7	14.0
25-35 ans	22	44.0
35-50 ans	12	24.0
50 ans et plus	9	18.0
Total	50	100.0

La répartition des répondants selon les tranches d'âge montre que la majorité (44 %) se situe entre 25 et 35 ans, suivie par ceux âgés de 35 à 50 ans (24 %). Les jeunes de 18 à 25 ans représentent 14 %, tandis que 18 % ont 50 ans et plus.

4.1.2 SEXE DES ENQUÊTÉS

Tableau 2. Répartition des enquêtés selon le genre

Genre	Fréquence	%
Masculin (M)	31	62.0
Féminin (F)	19	38.0
Total	50	100.0

Parmi les 50 répondants, 62 % sont de sexe masculin et 38 % de sexe féminin, indiquant un déséquilibre dans la représentation des genres.

4.1.3 ÉTAT MATRIMONIAL

Tableau 3. Répartition des enquêtés selon le statut matrimonial

Statut (état) matrimonial	Fréquence	%
Marié	27	54.0
Célibataire	19	38.0
Divorcé	1	2.0
Veuf (ve)	3	6.0
Total	50	100.0

La majorité des participants (54 %) sont mariés, suivis par 38 % de célibataires. Les divorcés et veufs représentent respectivement 2 % et 6 %.

4.1.4 CATÉGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES

Tableau 4. Répartition des enquêtés selon leur catégorie socioprofessionnelle

Catégorie socioprofessionnelle	Fréquence	%
Fonctionnaire de l'Etat	11	22.0
Enseignant(e)	12	24.0
Agriculteur	17	34.0
Infirmier	6	12.0
Commerçant(e)	4	8.0
Total	50	100.0

Les agriculteurs constituent le groupe le plus représenté (34 %), suivis par les enseignants (24 %), les fonctionnaires (22 %), les infirmiers (12 %) et les commerçants (8 %).

4.1.5 NIVEAU D'INSTRUCTION

Tableau 5. Répartition des enquêtés selon le niveau d'étude

Niveau d'étude	Fréquence	%
Primaire	14	28.0
Secondaire	13	26.0
Supérieur et universitaire	11	22.0
Sans niveau	12	24.0
Total	50	100.0

Concernant le niveau d'éducation, 28 % des enquêtés ont un niveau primaire, 26 % secondaire, 22 % supérieur, et 24 % n'ont aucun niveau d'instruction.

4.1.6 ETHNIE DES ENQUÊTÉS

Tableau 6. Répartition des enquêtés selon leurs ethnies

Ethnie	Fréquence	%
Yaka	17	34.0
Pelende	14	28.0
Tshokwe	5	10.0
Mbunda	3	6.0
Luba	4	8.0
Mbala	7	14.0
Total	50	100.0

La majorité des répondants sont de l'ethnie Yaka (34 %), suivis par les Pelende (28 %). D'autres ethnies comme Tshokwe, Mbunda, Luba et Mbala sont également représentées.

4.2 ÉTAT DE LA QUESTION

4.2.1 PROVENANCE DES LÉGUMES

Tableau 7. Répartition des enquêtés selon le lieu de récolte des légumes cultivés et consommés à Wamba

Lieux	Fréquence	%
Jardin	18	36.0
Parcelle	2	4.0
Champ	30	60.0
Total	50	100.0

La plupart des légumes cultivés et consommés proviennent des champs (60 %), suivis des jardins (36 %) et des parcelles (4 %).

4.2.2 PRINCIPAUX LÉGUMES CULTIVÉS

Tableau 8. Principaux légumes cultivés et consommés à Pont Wamba

Légumes cultivés et consommés	Fréquences	%
Aubergine	6	12,0
Tomate	4	8,0
Amarante	8	16,0
Piments	6	12,0
Gombo	4	8,0
Oseille	7	14,0
Oignons	1	2,0
Pondu	12	24,0
Baselle (épinard)	2	4,0
Total	50	100.0

Les légumes les plus cultivés et consommés incluent le pondu (24 %), l'amarante (16 %), l'oseille (14 %), l'aubergine et le piment (12 % chacun), et d'autres comme la tomate et le gombo.

4.2.3 IMPORTANCE DES LÉGUMES

Tableau 9. Place des légumes parmi les autres nourritures et ses ressources nutritives

Variable	Fréquence	%
Première place (beaucoup consommé)	24	48.0
Source de bonne santé	7	14.0
Source de protection	5	10.0
Source de provenance	0	0.0
Riche en eau	0	0.0
Produit beaucoup vitaminé	14	28.0
Total	50	100.0

Les légumes sont considérés comme très importants, 48 % des répondants les plaçant en première position parmi les aliments consommés. De plus, 56 % affirment leur importance pour la consommation, tandis que 44 % les considèrent comme une source de revenus.

4.2.4 CONSOMMATION DES LÉGUMES

Tableau 10. Consommation des légumes par jour, par semaine et par année

Consommation	Fréquence	%
Chaque jour	50	100.0
Chaque semaine	0	0.0
Chaque année	0	0.0
Total	50	100.0

Tous les répondants consomment des légumes quotidiennement, soulignant leur intégration dans l'alimentation locale.

4.2.5 PRIX DES LÉGUMES

Tableau 11. Prix d'une bote des légumes

prix	Fréquence	%
200fc à 300fc	35	70.0
300fc à 500fc	13	26.0
500fc et plus	2	4.0
Total	50	100.0

La majorité des enquêtés (70 %) estiment que le prix des légumes se situe entre 200 et 300 FC, et 84 % les considèrent comme peu coûteux.

Tableau 12. Considération de prix des légumes par les habitants

Variables	Fréquence	%
Moins cher	42	84.0
Trop cher	2	4.0
Moyen	6	12.0
Total	50	100.0

Les résultats du tableau montrent que parmi les 50 répondants, 42, soit 84 %, affirment que les légumes coûtent moins cher. De plus, 2 répondants, soit 4 %, estiment que les légumes sont chers, tandis que 6, soit 12 %, considèrent leur prix comme moyen. Ces données expliquent pourquoi un nombre élevé de participants soutient l'idée que les légumes sont peu coûteux.

4.2.6 LÉGUMES PRÉFÉRÉS

Tableau 13. Légumes préférés par les habitants du quartier Wamba

Légumes préférés	Fréquences	%
Feuilles	32	64.0
Tubercules	10	20.0
Bulbes	6	12.0
Fruits	2	4.0
Total	50	100.0

Les légumes feuilles sont les plus appréciés (64 %), suivis par les tubercules (20 %) et les bulbes (12 %).

4.2.7 IDENTIFICATION DES LÉGUMES

Tableau 14. Identification de légumes cultivés et consommés aux ménages du quartier Pont wamba

N°	Noms vernaculaires	Noms scientifiques	Organes (consommés)	utilisés	Familles
0.1	Pondu		Feuille		
0.2	Aubergine	<i>Solanum melongena</i>	Fruit		<i>Solanaceae</i>
0.3	Gombo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Fruit		<i>Malvacée</i>
0.4	Oseille	<i>Rumex acetosa</i>	Feuille		<i>Polygonacées</i>
0.5	Baselle	<i>Basella alba</i>	Feuille		<i>Basellaceae</i>
0.6	Oignons	<i>Allium cepa</i>	Bulbe		<i>Amaryllidaceae</i>
0.7	Piment	<i>Capsicum annum</i>	Fruit		<i>Solanaceae</i>
0.8	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Fruit		<i>Solanacées</i>
0.9	Amarante	<i>Amaranthus</i>	Feuille		<i>Amaranthaceae</i>
10	Patate	<i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule		<i>olanacées</i>
11	Salade	<i>Lactuca</i>	Feuille		<i>Asteraceae</i>
12	Choux pommé	<i>Brassica oleracea</i>	Feuille		<i>Brassicaceae</i>
13	Pointe		Feuille		

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les légumes jouent un rôle fondamental dans la diversification des régimes alimentaires des populations des pays en développement, en apportant une source significative de nutriments. Grâce à leur richesse en protéines, fibres, minéraux, vitamines et antioxydants, ils contribuent à améliorer la santé et à lutter contre les carences en micronutriments.

Parmi les 50 répondants, 48 % considèrent les légumes comme l'aliment le plus consommé, et 14 % les identifient comme une source de santé. De plus, 100 % des enquêtés déclarent consommer des légumes chaque jour. Dans le contexte de Kinshasa, où les cultures maraîchères sont essentielles, l'amarante est l'un des légumes les plus consommés.

Concernant l'importance des légumes, 44 % des répondants soulignent leur rôle dans la vente, tandis que 56 % les valorisent pour leur consommation. La majorité (84 %) estime que les légumes sont peu coûteux, ce qui renforce leur accessibilité.

En ce qui concerne la provenance des légumes, 60 % des enquêtés déclarent que ceux-ci proviennent de champs, tandis que 36 % proviennent de jardins. Les légumes les plus cultivés et consommés incluent le pondu (24 %), l'oseille (14 %), et d'autres comme l'aubergine et le piment (12 % chacun). Cela indique que le pondu reste le légume prédominant dans le quartier Pont Wamba.

Enfin, bien que l'étude de Musibono et al. (2021) souligne le rôle économique des cultures maraîchères à Kinshasa, notre recherche met en lumière des habitudes de consommation distinctes et des préférences alimentaires spécifiques dans le quartier Pont Wamba.

6 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

En République Démocratique du Congo, les légumes sont essentiels pour une alimentation saine, équilibrée et durable. Ils fournissent de nombreux nutriments, notamment des antioxydants et des fibres, et jouent un rôle crucial dans la prévention de diverses maladies (Ngweme et al. 2020). Les légumes sont particulièrement importants dans la diversification des régimes alimentaires dans les pays en développement.

Dans la ville de Kinshasa, l'amarante, également appelée Bitekuteku, est l'un des légumes les plus consommés (Musibono et al. 2021a). Cette étude avait pour objectif d'inventorier la consommation de légumes dans les ménages de la ville de Kenge, en se concentrant sur le quartier Pont Wamba.

Notre méthodologie a inclus des approches statistiques, quantitatives, comparatives et analytiques, avec des techniques d'enquête, d'interview, d'observation libre, de documentation et d'échantillonnage. Les résultats montrent que 100 % des enquêtés consomment des légumes quotidiennement, et la majorité considère les légumes comme les aliments les plus consommés parmi d'autres.

Les principaux facteurs déterminant la consommation de légumes incluent leur disponibilité sur le marché et leur faible coût. En effet, 84 % des répondants estiment que les légumes sont peu coûteux, ce qui explique leur consommation élevée dans le quartier.

SUGGESTIONS

1. Sensibilisation à l'Importance des Légumes: Mener des campagnes de sensibilisation pour éduquer la population sur les bienfaits nutritionnels des légumes.
2. Amélioration de la Production Locale: Encourager la production locale de légumes pour réduire la dépendance aux marchés extérieurs et garantir une disponibilité constante.
3. Soutien aux Agriculteurs: Fournir un soutien technique et financier aux agriculteurs pour améliorer la qualité et la quantité des légumes cultivés.
4. Diversification des Cultures: Promouvoir la diversification des cultures maraîchères pour enrichir l'alimentation et répondre aux besoins nutritionnels variés de la population.
5. Accessibilité des Prix: Travailler sur des politiques visant à maintenir des prix abordables pour les légumes, afin de garantir leur accessibilité à tous les ménages, en particulier ceux à faibles revenus.

REFERENCES

- [1] Fao. 2021. Fruits et légumes – éléments essentiels de ton alimentation. Année internationale des fruits et des légumes, 2021. Note d'information Rome, p.85.
- [2] Afshin, a. Sur, p.j., fay, k.a., corna by, l., ferrara, g., salama, j.s., mullany, e.c. Et al. 2019. « health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: à systematic analysis for the global burden of disease study 2017», the lancet, 393 (10184): 1958-72. P.
- [3] Ngweme, g., atibu, e., al salah, d., et al. 2020. Heavy metal concentration in irrigation water, soil and dietary risk assessment of amaranthus viridis grown in péri-urbaine areas in kinshasa, democratic republic of the congo. Watershed ecology and the environment 2 (2020) 16-24. P.
- [4] Musibono, ngweme, g., al salah, d., laffitte, a., et al. 2021a. Occurrence of organic micropollutants and human health risk assessment based on consumption of amaranthusviridis, kinshasa in the democratic republic of the congo. Science of the total environment 754.pages (2021) 142175.
- [5] Musibono, ngweme, g., konde, g., laffitte, a., et al. 2021b. Contamination levels of toxicmtals in marketed vegetable (amaranthusviridis) at kinshasa, democratic republicof the congo. J food sci, 7. Pages, 087.
- [6] Ganry j current status of fruits and vegetables production and consumption in francophone african countries - potential impact on health, proc. lind is on human health effects of f&v ed.: b. Patil acta hort, ishs 2009; 841: 249-255.pages.
- [7] Ministère de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques, secrétariat général. Analyse de la filière maraichage au burkina faso, novembre 2007.
- [8] Humphrey cm, clegg ms, keen cl and le grivetti food diversity and drought survival: the hausa example. Int j food sci and nutr 1993; 44: 1-16, pages.
- [9] Hama-BA F, Parkouda C, Kamga R, Tenkouano A, Diawara B., Disponibilite, modes et frequence de consommation des legumes traditionnels africains dans quatre localites du burkina faso a diverses activites de maraichage: ouagadougou, koubri, loubila, kongoussi, volume 1, numéro 1. (2017). 11552-11570pages.
- [10] <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/7812/produit-de-consommation>.
- [11] Fao et cirad (2021). Fruits et légumes - opportunités et défis pour la durabilité des petites exploitations agricoles. Rome 221, pages. <https://doi.org/10.4060/cb4173fr>.
- [12] Grand larousse en 5 volumes, tome 4: marburg, 1987 p 2010.
- [13] Guerrien. B, *dictionnaire d'analyse économique: théories des jeux*, ed. La découverte, paris, 1996-1997, p322.
- [14] Larousse illustré (2003), 1028pages.
- [15] Le robert (2006), 2028pages.
- [16] Éric birlouez, Petite et grande histoire des légumes, Editions quae, 2020, 179p.
- [17] L'histoire des légumes, d'où viennent-ils ? 1 octobre 2020 Ecrit par Emma Martin, 54pages.
- [18] L'histoire des légumes, d'où viennent-ils ? 1 octobre 2020 Ecrit par Emma Martin. Idem, 54pages.

Résolution et application de l'équation diophantienne $AXY + BX + CY = D$ (A et BC étrangers)

[Resolution and Application of the Diophantine Equation $AXY + BX + CY = D$ (A and BC coprime)]

Mushiwalyahyage Zaluka¹, Déborah Amani Faraja², and Marie-Chantal Niyomanzi Sebutimbiri³

¹Chef de Travaux, Département de Mathématique-Physique, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP, BUKAVU), Bukavu, RD Congo

²Assistante, Ecole des Mines, Université Officielle de Bukavu (U.O.B), Bukavu, RD Congo

³Assistante, Institut Supérieur des Techniques médicales de Goma (ISTM, GOMA), Goma, RD Congo

Copyright © 2026 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 deals with the Diophantine equation $axy + bx + cy = d$ (and bc are coprime). It revisits the old methods of solving this equation. It establishes a link between this solution and the characterization of the elements of the arithmetic progression $ax + b$ (and b are coprime). It provides a new method for solving this equation. It leads to two primality criteria and a commutative diagram characterizing odd natural numbers.

KEYWORDS: diophantine equation, coprime numbers, primality, commutative diagram, characterization.

RESUME: Cet article porte sur l'équation diophantienne $axy + bx + cy = d$ (a et bc étrangers). Il en repense les anciennes méthodes de résolution. Il établit un lien entre cette résolution et la caractérisation des éléments de la progression arithmétique $ax + b$ (a et b étrangers). Il en donne une nouvelle méthode de résolution. Il aboutit à deux critères de primalité et un diagramme commutatif de caractérisation des nombres entiers naturels impairs.

MOTS-CLEFS: équation diophantienne, nombres étrangers, primalité, diagramme commutatif, caractérisation.

1 INTRODUCTION

Les équations diophantiennes sont parmi les sujets les plus difficiles des mathématiques: on ne sait en traiter qu'un petit nombre et l'on a d'ailleurs montré que le cas général est indécidable (solution du deuxième problème de D. Hilbert); c'est-à-dire qu'aucune méthode générale algorithmique ne peut traiter toutes les équations diophantiennes ([3], p. 143). Cependant, l'importance en est indubitable. En effet, on peut montrer que des nombreuses questions d'Arithmétique (comme l'hypothèse de Goldbach, celle de Riemann,...) sont équivalentes à la non résolution d'une certaine équation diophantienne ([4], p. 115). Ainsi, autant ces questions sont actuelles, autant les équations diophantiennes le sont.

Parmi les équations diophantiennes les plus étudiées figurent l'équation de la forme $ax + by = c$ (1) et l'équation de la forme $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$ (2). L'équation de la forme $axy + bx + cy + d = 0$ (3) est un cas particulier de l'équation (2). Ainsi, l'équation (3) n'est certes pas une nouveauté. Néanmoins, cet article relance son étude en établissant sa

relation avec la théorie de nombres; relation qui transparaît dans la formalisation algébrique du crible d’Eratosthène ([5], pp. 144 et 147) et qui oblige de revenir sur sa résolution.

La résolution de l’équation (2) distingue les cas elliptique, hyperbolique et parabolique ([1], p. 517). Selon cette classification, l’équation (3) se retrouve dans le cas hyperbolique et se réduit à l’équation diophantienne $AX^2 + BX + C = AY^2$ (4). Or, la résolution de l’équation (4) est une application de celle de l’équation diophantienne $XY = \alpha$ (5). Donc, par transitivité, l’équation (3) peut être résolue, directement, comme une équation réductible à l’équation (5). Malheureusement, ces deux méthodes (générale et particulière) de résolution de l’équation (3) posent problème: l’on recherche des solutions sans en avoir préalablement testé l’existence. L’application de la résolution de l’équation (4) à celle de l’équation (3), est une tentative d’un tel test. En repensant ces anciennes méthodes de résolution, cet article contribue à l’amélioration dudit test par une nouvelle méthode de résolution de l’équation (3). Une telle amélioration produit deux nouveaux critères de primalité dont les principes, quelques illustrations et explications constituent une partie importante de cet article.

2 MATERIEL ET METHODES

Nous écrivons l’équation (3) sous la forme générale $axy + bx + cy = d$ et, pour sa résolution, nous nous servons de deux outils. Le premier est le fait que l’équation (3) est du deuxième degré. Le second outil est la résolution de l’équation (1), dite équation de Bachet De Meziriac (a et b étrangers). D’une part, nous systématisons la résolution classique de l’équation (3). D’autre part, nous appliquons la résolution de l’équation (1) à celle de l’équation (3). La condition « a et b étrangers », dans l’équation (1), engendre la condition « (a et bc étrangers) » dans l’équation (3). Nous supposons, connue, la résolution des équations (1), (2), (5) ([6], pp. 4-24) et (4) ([1], p. 517).

Quant à l’application de l’équation (3), nous recherchons son importance dans l’arithmétique modulaire et l’appliquons à la caractérisation des nombres entiers naturels sous forme des critères de primalité. Ici, aussi, nous supposons, connus, les critères de primalité antérieurement existants et, sauf indication contraire, les intervalles sont inclus dans l’ensemble $\mathbb{N}$ des nombres entiers naturels.

3 RESULTATS

3.1 METHODES DE RESOLUTION

Nous proposons trois méthodes de résolution:

- L’application du principe de résolution de l’équation $XY = \alpha (\alpha \in \mathbb{Z})$;
- L’application du principe de résolution de l’équation $ax^2 + bx + c = ay^2$
($a \in \mathbb{Z}^*, b, c \in \mathbb{Z}$) ;
- L’application du principe de résolution de l’équation $ax + by = c$ (a et b étrangers).

Dans la première méthode, on recherche les solutions sans en connaître préalablement l’existence. Dans les deuxième et troisième méthodes, on teste l’existence de solutions avant de les déterminer. L’hypothèse (a et bc étrangers) intervient dans la dernière méthode.

3.1.1 ECRIRE L’ÉQUATION SOUS LA FORME

THÉORÈME 1.

$$axy + bx + cy = d \Leftrightarrow (ax + c)(ay + b) = ad + bc.$$

DÉMONSTRATION

$$axy + bx + cy = d \Leftrightarrow a^2xy + abx + acy = ad \text{ (Multiplication par } a)$$

$$\Leftrightarrow a^2xy + abx + acy + bc = ad + bc \text{ (Ajout de } bc \text{ aux deux membres)}$$

$$\Leftrightarrow ay(ax + c) + b(ax + c) = ad + bc \Leftrightarrow (ax + c)(ay + b) = ad + bc \text{ (Factorisation du premier membre).}$$

EXEMPLE

Résoudre, dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$, l'équation $3xy + 2x + 4y = 5$.

SOLUTION

$$\begin{aligned} 3xy + 2x + 4y = 5 &\Leftrightarrow (3x + 4)(3y + 2) = 23 \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 3x + 4 = 23 \\ 3y + 2 = 1 \end{cases} \text{ ou } \begin{cases} 3x + 4 = 1 \\ 3y + 2 = 23 \end{cases} \text{ ou } \begin{cases} 3x + 4 = -23 \\ 3y + 2 = -1 \end{cases} \text{ ou } \begin{cases} 3x + 4 = -1 \\ 3y + 2 = -23 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow x = -1 \text{ et } y = 7 \text{ ou } x = -9 \text{ et } y = -1 \\ S &= \{(-1, 7), (-9, -1)\} \end{aligned}$$

REMARQUE 1

Si en particulier $b = c$, alors l'équation $axy + bx + cy = d$ s'écrit sous la forme

$axy + b(x + y) = c$ (les lettres c et d étant muettes) et le principe de résolution reste le même.

- Multiplier l'équation par a : $axy + b(x + y) = c \Leftrightarrow a^2xy + ab(x + y) = ac$
- Ajouter b^2 aux deux membres: $a^2xy + ab(x + y) + b^2 = ac + b^2$
- Réduire à la forme $xy = \alpha$: $(ax + b)(ay + b) = ac + b^2$
- Résoudre.

EXEMPLES

Résoudre, dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$, les équations suivantes

- $-5xy + 3x + 3y = -5 \Leftrightarrow (3 - 5x)(3 - 5y) = 34$.
 $34 = 1.34 = (-1).(-34) = 2.17 = (-2).(-17)$ et $S = \{(1, 4), (4, 1)\}$
- $2xy + x + y = 5 \Leftrightarrow (2x + 1)(2y + 1) = 11$.
 $11 = 1.11 = (-1).(-11)$ et $S = \{(5, 0), (0, 5), (-1, -6), (-6, -1)\}$

3.1.2 ECRIRE L'ÉQUATION $axy + bx + cy = d$ SOUS LA FORME $AX^2 + BX + C = AY^2$

THÉORÈME 2.

L'équation $axy + bx + cy = d$ admet de solution dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ si et seulement s'il existe $u, k, t \in \mathbb{Z}$ vérifiant simultanément les conditions suivantes:

- (1) $k^2 - u^2 = 4(ad + bc)$
- (2) $(at + b - c)^2 = u^2$
- (3) $(2ax + at + b + c)^2 = k^2$

Dans ces cas, $y = x + t$.

DÉMONSTRATION

Supposons que l'équation $axy + bx + cy = d$ admet une solution (x, y) . Alors $y - x \in \mathbb{Z}$; i.e. il existe $t \in \mathbb{Z}$ tel que $y - x = t$; i.e. $y = x + t$. L'équation devient :

$$\begin{aligned} ax(x + t) + bx + c(x + t) &= d \\ \Rightarrow ax^2 + (at + b + c)x &= d - ct \Rightarrow 4a^2x^2 + 4a(at + b + c)x = 4a(d - ct) \end{aligned}$$

$\Rightarrow (2ax + at + b + c)^2 = 4a(d - ct) + (at + b + c)^2$; ce qui n'est possible que s'il existe $k \in \mathbb{Z}$ tel que $4a(d - ct) + (at + b + c)^2 = k^2$;

i.e. $a^2t^2 + 2a(b - c)t = k^2 - 4ad - (b + c)^2$;

i.e. $(at + b - c)^2 = k^2 - 4ad - (b + c)^2 + (b - c)^2 = k^2 - 4(ad + bc)$; ce qui n'est possible que s'il existe $u \in \mathbb{Z}$ tel que $k^2 - 4(ad + bc) = u^2$; i.e. $k^2 - u^2 = 4(ad + bc)$.

Ainsi $(at + b - c)^2 = u^2$ et $(2ax + at + b + c)^2 = k^2$.

Réciproquement, supposons que les trois conditions sont simultanément remplies. Alors, en substituant (3) et (2) dans (1), on trouve

$$(2ax + at + b + c)^2 - (at + b - c)^2 = 4(ad + bc) \Rightarrow (ax + c)(ax + at + b) = ad + bc$$

$$\Rightarrow ax(x + t) + bx + c(x + t) = d \Rightarrow axy + bx + cy = d; \text{ avec } y = x + t: (x, y) \text{ vérifie l'équation } axy + bx + cy = d.$$

EXEMPLES

Résoudre dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$, les équations suivantes:

a) $3xy + 2x + 4y = 5$

SOLUTION

$$a = 3, b = 2, c = 4 \text{ et } d = 5$$

- $k^2 - u^2 = 92 \Leftrightarrow u = -22 \text{ et } k = -24 \text{ ou } u = 22 \text{ et } k = 24$
- $(3t + 2 - 4)^2 = 22^2 \Leftrightarrow (3t - 24)(3t + 20) = 0 \Leftrightarrow t = 8.$
- $(6x + 3.8 + 2 + 4)^2 = 24^2 \Leftrightarrow (6x + 6)(6x + 54) = 0 \Leftrightarrow x = -1 \text{ ou } x = -9.$

$$x = -1 \Rightarrow y = 7 \text{ et } x = -9 \Rightarrow y = -1$$

$$S = \{(-1, 7), (-9, -1)\}$$

b) $2xy + x + y = 5$

SOLUTION

$$a = 2, b = 1, c = 1, d = 5$$

- $k^2 - u^2 = 44 \Leftrightarrow u = -10 \text{ et } k = -12 \text{ ou } u = 10 \text{ et } k = 12$
- $(2t + 1 - 1)^2 = 10^2 \Leftrightarrow t = 5 \text{ ou } t = -5$

$$1^\circ) t = 5 \Rightarrow (4x + 2.5 + 1 + 1)^2 = 12^2 \Leftrightarrow x = 0 \text{ ou } x = -6.$$

$$x = 0 \Rightarrow y = 5 \text{ et } x = -6 \Rightarrow y = -1.$$

$$2^\circ) t = -5 \Rightarrow (4x - 2.5 + 1 + 1)^2 = 12^2 \Leftrightarrow x = 5 \text{ ou } x = -1.$$

$$x = 5 \Rightarrow y = 0 \text{ et } x = -1 \Rightarrow y = -6.$$

$$S = \{(0, 5), (-6, -1), (5, 0), (-1, -6)\}$$

REMARQUE 2

Bien que multiplié par 4, l'entier $ad + bc$ joue le même rôle dans le théorème 2 que celui qu'il joue dans la première méthode de résolution: la résolution en dépend.

$$\text{Ainsi, } 4(ax + c)(ay + b) = k^2 - u^2$$

3.1.3 ECRIRE L'ÉQUATION $axy + bx + cy = d$ SOUS LA FORME $AX + BY = C$

A) FONDEMENT DE LA RÉOLUTION

La résolution de l'équation $axy + bx + cy = d$ repose sur le résultat suivant.

THÉORÈME 3.

Si la somme S et le produit P , de deux nombres, sont des nombres entiers et $S^2 - 4P$ est un nombre entier carré parfait, alors ces deux nombres sont aussi des nombres entiers.

DÉMONSTRATION

Soient S , P et t trois nombres entiers tels que $S^2 - 4P = t^2$.

$4P$ est pair $\Rightarrow S^2 - 4P$ et t sont de même parité que S . S et t de même parité $\Rightarrow S \pm t$ est pair $\Rightarrow x, y \in \mathbb{Z}$; avec $2x = S \pm t$ et $2y = S \mp t$.

B) RÉOLUTION

$$axy + bx + cy = d \quad (3)$$

$$\Leftrightarrow bc(axy + bx + cy) = bcd \Leftrightarrow a(bx)(cy) + bc(bx + cy) = bcd$$

Posons $S = bx + cy$ et $P = bx \cdot cy$ pour avoir $aP + bcS = bcd$ (3')

(3') est une équation linéaire du premier degré à deux inconnues S et P dont le principe de résolution est le même que celui de l'équation $ax + by = c$, auquel il faut ajouter les conditions d'existence des solutions. L'équation (3') s'appellera **équation résolvante**.

$$S, P \in \mathbb{Z} \text{ et } \Delta = S^2 - 4P, \text{ de sorte que } \exists t \in \mathbb{N} / \Delta = t^2 \Rightarrow 2bx = S \pm t \text{ et } 2cy = S \mp t \quad (6)$$

PROPOSITION 1. EXISTENCE DES SOLUTIONS DE L'ÉQUATION (3)

L'équation (3) est résoluble dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ si et seulement si les conditions suivantes sont simultanément remplies:

(i) $\exists t \in \mathbb{N} / S^2 - 4P = t^2$ (est un carré parfait)

(ii) $S \pm t \in 2b\mathbb{Z}$ et $S \mp t \in 2c\mathbb{Z}$

Il s'ensuit que pour résoudre l'équation (3):

- On résout l'équation (3'): on détermine P et S dépendamment d'un paramètre entier k (P et S existent, car a et bc sont étrangers);
- On calcule $\Delta = S^2 - 4P$;
- On détermine les valeurs de k pour lesquelles Δ vérifie (i) ;
- On choisit, parmi les valeurs de k , celles qui vérifient (ii) ;
- On détermine x et y pour les relations (6).

PROPOSITION 2

Soit (S_1, P_1) une solution particulière de l'équation (3'). $\Delta = S^2 - 4P$ est un carré parfait si et seulement si il existe $(k, t) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ tel que

$$(a^2k - at + aS_1 + 2bc)(a^2k + at + aS_1 + 2bc) = 4(abcS_1 + b^2c^2 + a^2P_1) \quad (7)$$

DÉMONSTRATION

Soit (S_1, P_1) une solution particulière de l'équation (3'). Alors sa solution générale est $(S_1 + ak, P_1 - bc k)$. Ainsi,

$$\Delta = S^2 - 4P = (S_1 + ak)^2 - 4(P_1 - bc k) = a^2 k^2 + 2(aS_1 + 2bc)k + S_1^2 - 4P_1$$

Il est un carré parfait si et seulement si il existe $t \in \mathbb{Z}$ tel que

$$a^2 k^2 + 2(aS_1 + 2bc)k + S_1^2 - 4P_1 = t^2 \quad (8)$$

L'équation (8) est un cas particulier des équations de la forme $ax^2 + bx + c = ay^2$ que nous savons résoudre: on la multiplie par a^2 , on ajoute $(aS_1 + 2bc)^2$ aux deux membres et on trouve la relation (7).

REMARQUE 3

Si dans la démonstration $S = S_1 - ak$ et $P = P_1 + bck$ (selon les remarques 2), alors la relation (7) s'écrit

$$(a^2 k - at - aS_1 - 2bc)(a^2 k + at - aS_1 - 2bc) = 4(abc S_1 + b^2 c^2 + a^2 P_1) \quad (7')$$

COROLLAIRE

L'ensemble des solutions de l'équation (3) est fini.

Evident: l'ensemble des solutions de l'équation (7) ou (7') est fini.

EXEMPLES

Résoudre, dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$, les équations suivantes:

1°) $3xy + 2x + 4y = 5$: $a = 3$ et $bc = 8$

- Equation résolvante: $3P + 8S = 40$
- Solution particulière: $P_1 = 0$ et $S_1 = 5$
- Solution générale: $P = 8k$ et $S = 5 - 3k$
- $\Delta = t^2 \Leftrightarrow (9k - 3t - 31)(9k + 3t - 31) = 736$.

$$736 = 1.736 = (-1)(-736) = 2.368 = (-2)(-368) = 4.184 = (-4)(-184) \\ = 8.92 = (-8)(-92) = 16.46 = (-16)(-46) = 32.23 = (-32)(-23).$$

Après calculs tous faits, on trouve

$$(k, t) \in \{(24, 61), (24, -61), (-7, 30), (-7, -30), (9, 14), (9, -14), (0, 5), (0, -5)\}.$$

$$(s, t) \in \{(-67, 61), (-67, -61), (26, 30), (26, -30), (-22, 14), (-22, -14), (5, 5), (5, -5)\}.$$

$$(s + t, s - t) \in \{(-6, -128), (-128, -6), (-4, 56), (56, -4), (-8, -36), (-36, -8), (0, 10), (10, 0)\}.$$

$$2b\mathbb{Z} = 4\mathbb{Z} \text{ et } 2c\mathbb{Z} = 8\mathbb{Z}$$

$$x = -1 \text{ et } y = 7 \text{ ou } x = -9 \text{ et } y = -1 : S = \{(-1, 7), (-9, -1)\}$$

2°) $4xy + x + 3y = 10$: $a = 4$, $bc = 3$

- Equation résolvante: $4P + 3S = 30$
- Solution particulière: $P_1 = 3$ et $S_1 = 6$
- Solution générale: $P = 3 - 3k$ et $S = 6 + 4k$
- $\Delta = t^2$
 $\Leftrightarrow (16k - 4t + 30)(16k + 4t + 30) = 520 \Leftrightarrow (8k - 2t + 15)(8k + 2t + 15) = 130$.
 $130 = 1.130 = (-1)(-130) = 2.65 = (-2)(-65) = 5.26 = (-5)(-26) = 10.13 = (-10)(-13)$.

Les facteurs étant, chaque fois, des parités différentes, k ou t n'existe pas dans $\mathbb{Z}$.

$$S = \emptyset.$$

C) CAS PARTICULIER

Si en particulier $b = c$, alors l'équation (5) peut s'écrire sous la forme

$$axy + b(x + y) = c \quad (9)$$

Dans ce cas, la proposition 1 contient uniquement la première condition et le principe de résolution manque l'avant-dernière étape.

Les relations (6) deviennent $2x = S \pm t$ et $2y = S \mp t$ (6')

Et la condition (7) devient

$$(a^2k - at + as_1 + 2b)(a^2k + at + as_1 + 2b) = 4(abs_1 + b^2 + a^2P_1) \quad (10)$$

EXEMPLES

Résoudre, dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$, les équations suivantes:

1°) $2xy + x + y = 5: a = 2, b = 1$

- Equation résolvante: $2P + S = 5$
- Solution particulière: $P_1 = 0$ et $S_1 = 5$
- Solution générale: $P = -k$ et $S = 5 + 2k$
- $\Delta = t^2 \Leftrightarrow (4k - 2t + 12)(4k + 2t + 12) = 44 : S = \{(5,0), (0,5), (-1, -6), (-6, -1)\}$

2°) $5xy + 3(x + y) = -5 : a = 5, b = 3$

- Equation résolvante: $5P + 3S = -5$
- Solution particulière: $P_1 = -1$ et $S_1 = 0$
- Solution générale: $P = -1 - 3k$ et $S = 5k$
- $\Delta = t^2 \Leftrightarrow (25k - 5t + 6)(25k + 5t + 6) = -64 : S = \{(1, -1), (-1, 1)\}$

D) RÉOLUTION DANS $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$

Le principe de résolution de l'équation (5) ou (9) dans $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ est le même que celui dans $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ auquel il faut adjoindre la condition pour que $(x, y) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N} : P \geq 0$ et

$$S \geq 0 \quad (11)$$

EXEMPLES.

1°) $3xy + 2x + 4y = 5: P = 8k$ et $S = 5 - 3k$.

$$P \geq 0 \text{ et } S \geq 0 \Leftrightarrow 8k \geq 0 \text{ et } 5 - 3k \geq 0 \Leftrightarrow k = 0 \text{ ou } k = 1$$

- $k = 0 \Rightarrow \Delta$ carré parfait, mais x et y n'existent pas
- $k = 1 \Rightarrow \Delta$ non carré parfait.

$$S = \emptyset$$

2°) $2xy + x + y = 5 : P = k$ et $S = 5 - 2k$.

$$P \geq 0 \text{ et } S \geq 0 \Leftrightarrow k \geq 0 \text{ et } 5 - 2k \geq 0 \Leftrightarrow k \in \{0, 1, 2\}.$$

$$\text{La seule valeur admissible est } k = 0: S = \{(5,0), (0,5)\}$$

3.2 IMPORTANCE DE L'EQUATION $axy + bx + cy = d$ (a et bc étrangers)

3.2.1 PROGRESSION ARITHMÉTIQUE ET CONGRUENCE MODULO a

$\forall a \in \mathbb{N}^*$, l'ensemble des classes résiduelles modulo a est noté et défini par:

$$\mathbb{Z}/a\mathbb{Z} = \mathbb{Z}_a = \{\dot{0}, \dot{1}, \dots, a - \dot{1}\}; \text{ avec } \dot{0} = a\mathbb{Z}, \dot{1} = a\mathbb{Z} + 1, \dots, a - \dot{1} = a\mathbb{Z} + a - 1.$$

Il est connu que $(\mathbb{Z}_a, \otimes)$ n'est pas un groupe. Mais si a est premier, alors $(\mathbb{Z}_a^*, \otimes)$ est un groupe abélien; avec $\mathbb{Z}_a^* = \mathbb{Z}_a \setminus \{\dot{0}\}$. Dans ce cas, a est premier avec $1, 2, \dots, a - 1$.

Il s'ensuit que $(\mathbb{Z}_a^*, \otimes)$ est un cas particulier du cas général suivant.

PROPOSITION 3

Soit $\mathcal{H}_a = \{\dot{z} \in \mathbb{Z}_a / ddc(a, z) = 1\}$. Alors on a

(1) $\text{Card } \mathcal{H}_a = \varphi(a)$; avec φ l'indicateur d'EULER.

(2) $(\mathcal{H}_a, \otimes)$ est un groupe commutatif

Démonstration: Par définition de $\mathcal{H}_a$ et de $\varphi(a)$, (1) est trivial. Aussi, (2) est connu ([2], pp. 81-82).

3.2.2 RESTRICTION À L'ENSEMBLE $\mathbb{N}$

Exploitions la multiplication des classes dans $\mathcal{H}_a$ en la particulierisant à l'ensemble

$\mathbb{N}_a = \{\dot{z} \in \mathbb{N} / \dot{z} \in \mathcal{H}_a\}$. Pour des raisons pratiques, remplaçons la classe de 1 par la classe de $a + 1$ (ces deux classes étant égales).

Posons $E_i = \{ax + b_i; x \in \mathbb{N}\}$, $E = \{E_i; 1 \leq i \leq \varphi(a)\}$ et $G = \{E_i E_j; 1 \leq i \leq j \leq \varphi(a)\}$; avec $ddc(a, b_i) = 1$ et

Il est évident que $E_i = \dot{b}_i$ ($1 < b_i \leq a + 1$), $E = \mathbb{N}_a$ et $\text{card } G = \frac{\varphi(a)[1+\varphi(a)]}{2}$ ([5], p. 143).

Exemples

- $a = 5 \Rightarrow E_1 = \{5x + 2\} = \dot{2}$, $E_2 = \{5x + 3\} = \dot{3}$, $E_3 = \{5x + 4\} = \dot{4}$ et $E_4 = \{5x + 6\} = \dot{6} : \mathbb{N}_5 = \{\dot{2}, \dot{3}, \dot{4}, \dot{6}\} = \{E_1, E_2, E_3, E_4\} = E$ et $G = \{E_1 E_1, E_1 E_2, E_1 E_3, E_1 E_4, E_2 E_2, E_2 E_3, E_2 E_4, E_3 E_3, E_3 E_4, E_4 E_4\}$.
- $a = 6 \Rightarrow E_1 = \{6x + 5\} = \dot{5}$ et $E_2 = \{6x + 7\} = \dot{7} : \mathbb{N}_6 = \{\dot{5}, \dot{7}\} = \{E_1, E_2\} = E$ et $G = \{E_1 E_1, E_1 E_2, E_2 E_2\}$.
- $a = 2 \Rightarrow E_1 = \{2x + 3\} = \dot{3} : \mathbb{N}_2 = \{\dot{3}\} = E$ et $G = \{E_1 E_1\}$.

3.2.3 EQUATION $axy+bx+cy=d$ (a et bc étrangers)

Si on explicite G , on trouve que ses éléments sont de la forme:

$$(ax + b_i)(ay + b_j) = a(axy + b_j x + b_i y) + b_i b_j.$$

Or, $p. g. c. d(a, b_i) = 1$, $p. g. c. d(a, b_j) = 1$ et $b_i b_j > a$.

Donc $p. g. c. d(a, b_i b_j) = 1$ et il existe $c_{ij} \in \mathbb{N}$ et $d_k \in \{b_i\}$ tels que $b_i b_j = c_{ij} a + d_k$.

Par suite $(ax + b_i)(ay + b_j) = a(axy + b_j x + b_i y + c_{ij}) + d_k$ ([5], p. 147).

L'étude des conditions, pour qu'un nombre entier naturel appartenant à la progression arithmétique $an + d_k$ soit premier ou composé, conduit à l'étude des équations du type

$$axy + b_j x + b_i y + c_{ij} = n \Leftrightarrow axy + b_j x + b_i y = n - c_{ij}.$$

Ainsi, il ne s'agira plus seulement de résoudre l'équation $axy + bx + cy = d$, mais aussi et surtout d'avoir à l'esprit que la condition « a et bc étrangers » permet d'appliquer sa résolution à la caractérisation des nombres contenus dans une progression arithmétique $ax + b$ (a et b étrangers).

3.3 APPLICATION: CRITÈRES DE PRIMALITÉ

Si en particulier $a = 2$, $b = 3$ et $c = n - 3$, alors l'équation (9) devient

$$2xy + 3(x + y) = n - 3 \quad (9')$$

Or, d'après la première méthode de résolution, on a

$$2xy + 3(x + y) = n - 3 \Leftrightarrow (2x + 3)(2y + 3) = 2n + 3.$$

Donc les conditions d'existence des solutions de l'équation (9') dans $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ sont des critères de primalité:

- L'équation (9') admet de solution si et seulement si $2n + 3$ est composé;
- L'équation (9') n'admet pas de solution si et seulement si $2n + 3$ est premier.

Par suite, nous énonçons deux critères de primalité. Le premier est une application du théorème 2 (deuxième méthode de résolution) et, le second, une application de la proposition 1 et de la relation (11) (troisième méthode de la résolution).

3.3.1 ENONCÉ DES CRITÈRES

PROPOSITION 4

Le naturel $m = 2n + 3$ est composé si et seulement s'il existe $u, k, t, x \in \mathbb{Z}$ vérifiant simultanément les conditions suivantes:

- (1) $k^2 - u^2 = 8n + 12$
- (2) $u^2 = 4t^2$
- (3) $(4x + 2t + 6)^2 = k^2$

DÉMONSTRATION

Il suffit de prendre, dans le théorème 2, $a = 2$, $b = c = 3$ et $d = n - 3$ pour avoir la proposition 4.

COROLLAIRE

Le naturel $m = 2n + 3$ est premier si et seulement si pour tous $u, k, t, x \in \mathbb{Z}$,
 $k^2 - u^2 \neq 8n + 12$ ou $u^2 \neq 4t^2$ ou $(4x + 2t + 6)^2 \neq k^2$.

DÉMONSTRATION

Ce corollaire est la contraposée de la proposition 4.

PROPOSITION 5

Le naturel $m = 2n + 3$ est composé si et seulement s'il existe $k \in \mathbb{N}$ tel que l'on ait simultanément

- (a) $\frac{n}{3} \leq k \leq \frac{n-1}{2}$
- (b) $4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2$ est un carré parfait

DÉMONSTRATION

Soit le naturel $m = 2n + 3$. Supposons que m est composé. Alors il existe $x, y \in \mathbb{N}$ tels que $2xy + 3(x + y) = n - 3$. En appliquant la condition (11) et la proposition 4 aux entiers $S = n - 1 - 2k$ et $P = 3k - n$, on trouve les conditions (a) et (b).

Réciproquement, supposons qu'il existe $k \in \mathbb{N}$ tel que les conditions (a) et (b) soient simultanément remplies. Alors $n \leq 3k$ et $2k \leq n - 1$ et il existe $t \in \mathbb{N}$ tel que

$$4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2 = t^2; \text{ i.e. } 0 \leq 3k - n, 0 \leq n - 1 - 2k$$

$$\text{et } (n - 2k - 1)^2 - 4(3k - n) = t^2.$$

Posons $S = n - 2k - 1$ et $P = 3k - n$. Alors $S \in \mathbb{N}$, $P \in \mathbb{N}$ et $S^2 - 4P = t^2$. D'après le théorème 3, il existe $x, y \in \mathbb{N}$ tels que $x + y = S$ et $xy = P$. Dans ce cas, $2x = S \pm t$ et

$$2y = S \mp t; \text{ i.e. } 2x + 3 = S \pm t + 3 \text{ et } 2y + 3 = S \mp t + 3 \text{ de sorte que}$$

$$(2x + 3)(2y + 3) = (S + 3 \pm t)(S + 3 \mp t) = (s + 3)^2 - t^2$$

$$= (n - 2k + 2)^2 - (n - 2k - 1)^2 + 4(3k - n) = 2n + 3;$$

Ce qui traduit que m est composé

COROLLAIRE

Le naturel $m = 2n + 3$ est premier si seulement si pour tout naturel k vérifiant

$$\frac{n}{3} \leq k \leq \frac{n-1}{2}, 4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2 \text{ n'est pas un carré parfait.}$$

EXEMPLES

a) $m = 1\,001$

- $n = \frac{m-3}{2} = \frac{1001-3}{2} = 499$
- $\frac{n}{3} \leq k \leq \frac{n-1}{2} \Rightarrow \frac{499}{3} \leq k \leq \frac{499-1}{2} \Leftrightarrow 167 \leq k \leq 249$
- $\Delta = 4k^2 - 2\,004k + 250\,000$

Tableau 1. Primalité de 1 001

k	167	...	227	228	229	...	249
Δ	26888	...	1208	1024	848	...	-992

Pour $k = 228$, $\Delta = 1024 = 32^2$. Ainsi, 1001 est un nombre composé

b) $m = 103$

- $n = \frac{m-3}{2} = \frac{103-3}{2} = 50$
- $\frac{50}{3} \leq k \leq \frac{49}{2} \Leftrightarrow 17 \leq k \leq 24$
- $\Delta = 4k^2 - 208k + 2\,601$

Tableau 2. Primalité de 103

k	17	18	19	20	21	22	23	24
Δ	221	153	93	41	-3	-39	-67	-87

Δ n'est un carré parfait pour aucune valeur de k . Ainsi, 103 est premier.

REMARQUES 4

— Pour l'équation $2xy + 3(x + y) = n - 3$, l'existence des solutions l'emporte sur leur détermination. C'est pourquoi l'application des méthodes de résolution est partielle.

- Etant des critères de primalité, les propositions 4 et 5 sont équivalentes.
- Avec la proposition 5, nous obtenons la suite de fonctions f_n définies de l'ensemble I_n vers $\mathbb{N}$ par

$$f_n(k) = 4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2 ; \text{ avec } n \geq 3 \text{ et } I_n = \left[\frac{n}{3}, \frac{n-1}{2} \right] \quad (12)$$

3.3.2 PROPRIÉTÉS DE

Le cardinal de I_n est égal à la partie entière de $\frac{n+3}{6}$. Il croît avec n ; ce qui pose des problèmes de calcul dans l'application de la proposition 7 (test de primalité). Les propriétés de f_n résolvent légèrement ces problèmes. Elles sont évidentes: elles sont dues au fait que pour tout entier naturel $n \geq 3$, $f_n(k)$ est l'équation d'une « parabole »; courbe dont les caractéristiques analytiques sont bien connues.

PROPRIÉTÉ 1

La fonction f_n est décroissante sur $I_n : \forall n \in \mathbb{N} (n \geq 3), \forall k \in I_n, \left(\frac{n-3}{3}\right)^2 \geq f_n(k) \geq 6 - 2n$.

Cette propriété signifie qu'à la plus petite valeur de k correspond la plus grande valeur de $f_n(k)$ et vice versa.

Dans la suite, nous considérons l'ensemble $T_n = \left[0, \frac{n-3}{3}\right] \quad (13)$

PROPRIÉTÉ 2

$$f_n(k) \geq 0 \Leftrightarrow k \in \left[\frac{n}{3}, \frac{n+2-\sqrt{2n+3}}{2} \right] \quad (13')$$

Cette propriété permet de rejeter toutes les valeurs de k pour lesquelles $f_n(k) < 0$; ce qui réduit le nombre de valeurs à essayer dans l'application du critère. Ainsi, l'ensemble (13) a pratiquement la même importance que l'ensemble (13').

PROPRIÉTÉ 3

Soit $w = \text{card } I_n$. Pour tout $a \in [0, w]$, on a

$$f_n(k \pm a) = f_n(k) + f_{n_k}(a), \text{ où } f_{n_k}(a) = 4a[a \pm 2k \mp (n+2)] \quad (14)$$

Cette propriété signifie que, pour n donné, on n'est pas obligé de reprendre les calculs pour chaque valeur de k . On peut, plutôt, fixer une valeur de référence à laquelle on rattachera toutes les autres valeurs.

EXEMPLE

$$n = 50 \Rightarrow I_{50} = [17, 24]$$

$$f_{50}(17) = f_{50}(20 - 3) = f_{50}(20) + 4.3(3 - 2.20 + 50 + 2) = 41 + 12.15 = 221.$$

$$f_{50}(23) = f_{50}(20 + 3) = f_{50}(20) + 4.3(3 + 2.20 - 50 - 2) = 41 - 108 = -67.$$

PROPRIÉTÉ 4

Soient $n, m \in \mathbb{N}$. Si $n \in I_m$, alors pour tout a vérifiant $n \pm a = m$, on a

$$f_m(k) = f_n(k) + f_{n_a}(k), \text{ où } f_{n_a}(k) = a[a \pm 2(n+1) \mp 4k] \quad (15)$$

Cette propriété signifie que si une valeur de k est commune aux domaines de définition de deux fonctions f_n et f_m , on peut calculer l'image de k par l'une au moyen de l'image de k par l'autre. Elle concerne le test de primalité de plusieurs valeurs au même moment.

Si, de plus, il existe plusieurs valeurs de k dans $I_n \cap I_m$, alors la combinaison de (14) et (15) donne:

$$f_m(k \pm b) = f_n(k \pm b) + f_{n_a}(k - b) \quad (15')$$

EXEMPLE

$$I_{50} = [17, 24] \text{ et } I_{55} = [19, 27]$$

$$f_{55}(20) = f_{50+5}(20) = f_{50}(20) + 5[5 + 2(50 + 1) - 4.20] = 41 + 135 = 176$$

Pour simplifier les calculs dans la pratique du critère, chaque utilisateur peut se servir des propriétés de $f_n(k)$ comme il l'entend. Cependant, en associant les relations 12, 13 et 14, nous proposons que l'on commence par la plus grande valeur de k à laquelle on rattachera toutes les autres valeurs.

PROPRIÉTÉ 5

$$\text{Le symétrique de } I_n \text{ est } I'_n = \left[\frac{n+5}{2}, \frac{2n+6}{3} \right] \quad (16)$$

$$\text{Dans ce cas, } S' = 2k' - n - 5 \text{ et } P' = 2n - 3k' - 6, k' \in I'_n$$

$$\text{Par ailleurs, } \forall k \in I_n, \exists k' \in I'_n / k' = n - k + 2$$

Cette propriété est un résultat qui engendre une proposition équivalente à la proposition 5.

3.3.3 CONDITIONS POUR QUE SOIT UN CARRÉ PARFAIT

Nous voudrions expliciter le critère de primalité. Cette explicitation se présente sous deux formes: une version théorique et une version pratique. La première forme établit une relation entre les naturels k et n . Elle est qualifiée de théorique, car elle n'avance pas encore à grand-chose. La seconde forme donne une relation entre n et $f_n(k)$. Elle découle du critère. Elle est qualifiée de pratique, car elle s'apprête mieux aux applications. Nous avons certes prévenu que les intervalles sont inclus dans l'ensemble $\mathbb{N}$. Néanmoins, comme les deux versions utilisent le quantificateur existentiel, il n'y a pas de contraintes de respecter toute la rigueur des opérations dans l'ensemble $\mathbb{N}$.

THÉORÈME 4: VERSION THÉORIQUE

$$\exists t \in T_n / f_n(k) = t^2 \Leftrightarrow \exists b \in T_{n_k} / n = \frac{2b+3}{b+1}k + b;$$

$$\text{avec } T_{n_k} = \left[\frac{-n-3+\sqrt{n^2-6n+9+36k}}{6}, -1 + \sqrt{k} \right] \quad (17)$$

$$\text{Dans ce cas, } t = \frac{k}{b+1} - (b+1) \text{ ou } b = \frac{-t-2+\sqrt{t^2+4k}}{2} \quad (17')$$

DÉMONSTRATION

Supposons qu'il existe $t \in T_n$ tel que $f_n(k) = t^2$. Alors x et y existent dans $\mathbb{N}$. Ils sont les racines de l'équation $b^2 - Sb + P = 0$; avec $S = n - 2k - 1$ et $P = 3k - n$; i.e.

$$b^2 - (n - 2k - 1)b + 3k - n = 0 \Leftrightarrow b^2 + b - (b+1)n + (2b+3)k = 0$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{2b+3}{b+1}k + b. \text{ Aussi si } t \in T_n, \text{ alors } b \in T_{n_k}.$$

Réciproquement, supposons qu'il existe $b \in T_{n_k}$ tel que $n = \frac{2b+3}{b+1}k + b$. Alors, en remplaçant n par cette valeur, on trouve: $f_n(k) = \left[\frac{k}{b+1} - (b+1) \right]^2$. En posant $t = \frac{k}{b+1} - (b+1)$, on obtient $f_n(k) = t^2$. En résolvant l'expression de t par rapport à b , on trouve $b = \frac{-t-2+\sqrt{t^2+4k}}{2}$ (l'autre valeur est rejetée; elle est négative). Aussi si $b \in T_{n_k}$, alors $t \in T_n$.

EXEMPLE

$$n = 21 \Rightarrow I'_n = I'_{21} = [7, 8] \quad T_n = T_{21} = [0, 6] \quad f_n(k) = f_{21}(k) = 4k^2 - 92k + 484$$

- $k = 7 \Rightarrow f_{21}(7) = 36 : t = 6 \in T_{21}$. Ainsi $T_{21_7} = [0, 1] : b = 0 \in T_{21_7}$ et

$$\frac{2b+3}{b+1}k + b = 21$$

- $k = 8 \Rightarrow f_{21}(8) = 4 : t = 2 \in T_{21}$. Ainsi $T_{21_8} = [1,1] : b = 1 \in T_{21_7}$ et $\frac{2b+3}{b+1}k + b = 21$

Aussi

- $k = 7 \Rightarrow 7 \cdot \frac{2b+3}{b+1} + b = 21 \Leftrightarrow 14b + 21 + b(b+1) = 21(b+1) \Leftrightarrow b^2 - 6b = 0$
 $\Leftrightarrow b = 0$ ou $b = 6 : 0 \in T_{21}(7)$ et $6 \notin T_{21}(7)$, de sorte que $t = \frac{7}{1} - 1 = 6 \in T_{21}$ et $f_{21}(7) = 36 = 6^2$.
- $k = 8 \Rightarrow 8 \cdot \frac{2b+3}{b+1} + b = 21 \Leftrightarrow b^2 - 4b + 3 = 0 \Leftrightarrow b = 1$ ou $b = 3 : 1 \in T_{21}(8)$ et $3 \notin T_{21}(8)$, de sorte que $t = \frac{8}{2} - 2 = 2 \in T_{21}$ et $f_{21}(8) = 4 = 2^2$.

NOTE 1

Pour n et k donnés, la recherche de b correspond automatiquement à la détermination partielle des solutions de l'équation $2xy + 3(x+y) = n-3$.

EXEMPLE

- $n = 21$ et $k = 7 \Rightarrow b = 0$ ou $b = 6$ traduit que (0,6) vérifie l'équation $2xy + 3(x+y) = 18$.
- $n = 21$ et $k = 8 \Rightarrow b = 1$ ou $b = 3$ traduit la même chose pour (1,3).
 Finalement, $S = \{(0,6), (6,0), (1,3), (3,1)\}$ et le naturel $2n + 3 = 45$ est composé.

THÉORÈME 5: VERSION PRATIQUE

$$\exists t \in \frac{T_n}{f_n(k)} = t^2 \Leftrightarrow \exists s \in \frac{\tau_n(t)}{n} = 2s^2 + 2(t+3)s + 3(t+1);$$

$$\text{avec } \tau_n(t) = \left[\frac{-3(t+2) + \sqrt{9t^2 + 12n}}{6}, \frac{-t-2 + \sqrt{t^2 + 2n-2}}{2} \right] \quad (18)$$

$$\text{Dans ce cas, } k = \frac{n+2-\sqrt{2n+3+t^2}}{2} = \frac{n+2s-t-1}{2} = s^2 + (t+2)s + t + 1$$

DÉMONSTRATION

Supposons qu'il existe $t \in T_n$ tel que $f_n(k) = t^2$. Alors $4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2 = t^2$; i.e. $4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2 - t^2 = 0$. $\Delta' = 8n + 12 + 4t^2$. Il est un carré parfait si et seulement s'il existe $l \in \mathbb{N}$ tel que $8n + 12 + 4t^2 = l^2$; i.e. $n = \frac{l^2 - 4t^2 - 12}{8} \quad (7)$

$$n \in \mathbb{N} \Leftrightarrow \exists s \in \frac{\mathbb{N}}{l} = 4s + 2(t+3) \quad (8). \text{ En substituant (8) dans (7), on a}$$

$$n = 2s^2 + 2(t+3)s + 3(t+1). \text{ Dans ce cas,}$$

$$k = \frac{n+2-\sqrt{2n+3+t^2}}{2} = \frac{n-2s-t-1}{2} = s^2 + (t+3)s + t + 1 \text{ (L'autre valeur de k n'appartient pas à } I_n). k \in I_n \Rightarrow s \in \tau_n(t).$$

Supposons qu'il existe $s \in \tau_n(t)$ tel que $n = 2s^2 + 2(t+3)s + 3(t+1)$. Alors en portant n dans $f_n(k)$, on a $f_n(k) = t^2$. Aussi $k \in I_n \Rightarrow 6 - 2n \leq 0 \leq t^2 \leq \left(\frac{n-3}{3}\right)^2; n \geq 3$ i.e. $t \in T_n$

REMARQUES 5

— Dans les énoncés des théorèmes 4 et 5, on peut ajouter aux premières propositions: il existe $k \in I_n$. Mais, ce n'est pas important, car l'existence de t équivaut celle de k.

— La relation (8) a été trouvée par induction. Cette technique a largement été exploitée par Archimède, Maurolico, Bachet de Méziriac et étendue par Jacques Bernoulli ([7], p. 229). Mais cette relation pouvait être contournée. En effet, en posant $s = x$ et $y = s + t$, l'équation $2xy + 3(x + y) = n - 3$ devient $n = 2s^2 + 2(t + 3)s + 3(t + 1)$; ce qui conduirait au même résultat, malheureusement, sans hypothèses supplémentaires.

— Grâce au théorème 5, on obtient une autre suite de fonctions h_t définies de $\mathbb{N}$ dans $\mathbb{N}$ par

$$h_t(s) = 2s^2 + 2(t + 3)s + 3(t + 1).$$

EXEMPLE

$$n = 21$$

$$\bullet \quad k = 7 \Rightarrow t = 6 : k = \frac{n-2s-t-1}{2} \Leftrightarrow s = 0.$$

$$\text{Dans ce cas, } 2s^2 + 2(t + 3)s + 3(t + 1) = 0 + 0 + 21 = 21$$

$$\bullet \quad k = 8 \Rightarrow t = 2 : k = \frac{n-2s-t-1}{2} \Leftrightarrow s = 1$$

$$\text{Dans ce cas, } 2s^2 + 2(t + 3)s + 3(t + 1) = 2 + 10 + 9 = 21$$

COROLLAIRE 1: RELATION ENTRE N, B, T ET S

$$\text{Dans les conditions des théorèmes 4 et 5, on a } n = 3(2s + t + 1) + 2(2s + t)b - 2b^2$$

DÉMONSTRATION

$$\text{D'après le théorème 4, } n = \frac{2b+3}{b+1}k + b. \text{ En tirant la valeur de } k, \text{ on a } k = \frac{b+1}{(2b+3)(n-b)}$$

$$\text{Or, d'après le théorème 5, } k = \frac{n-2s-t-1}{2}. \text{ Donc, en comparant les deux valeurs, on trouve la relation entre } n, b, t \text{ et } s.$$

COROLLAIRE 2: RELATION ENTRE B, T ET S

$$\text{Dans les conditions des théorèmes 4 et 5, on a } b^2 - (2s + t)b + s(t + s) = 0.$$

DÉMONSTRATION

La démonstration est immédiate. Il suffit de comparer les valeurs de n dans le théorème 4 et dans le corollaire 1.

COROLLAIRE 3: RELATION ENTRE B ET S

$$\text{Dans les conditions des théorèmes 4 et 5, } b = s$$

DÉMONSTRATION

$$\text{La première implication du théorème 4 donne } b^2 - (n - 2k - 1)b + 3k - n = 0 \quad (*)$$

$$\text{Le corollaire 2 donne } b^2 - (2s + t)b + s(t + s) = 0. \text{ En identifiant ces deux polynômes, on trouve:}$$

$$\begin{cases} 2s + t = n - 2k - 1 & (1) \\ s(s + t) = 3k - n & (2) \end{cases}$$

$$(1) \text{ donne } t = n - 2k - 1 - 2s \quad (3)$$

$$(3) \text{ dans } (2) \text{ donne } s^2 - (n - 2k - 1)s + 3k - n = 0 \quad (**)$$

$$\text{En identifiant } (*) \text{ et } (**), \text{ on tire } b = s.$$

NOTE 2.

On peut autrement démontrer le corollaire 3:

— En appliquant la note 1 et les remarques 5 (deuxième tiret):

$$b = x. \text{ Or, } x = s. \text{ Donc } b = s.$$

— Ou encore en démontrant l'équivalence $f_n(k) = t^2 \Leftrightarrow b = s$;

$$\text{avec } b = \frac{-t-2+\sqrt{t^2+4k}}{2} \text{ et } s = \frac{-t-3+\sqrt{t^2+2n+3}}{2}$$

COROLLAIRE 4

$2n + 3$ est premier si et seulement si $\forall t \in T_n, \forall s \in \tau_n(t), n \neq 2s^2 + 2(t+3)s + 3(t+1)$.

(C'est la contraposée du théorème 5)

NOTE 3

Le corollaire 4 signifie que pour tous $t \in T_n$ et $s \in \tau_n(t)$, il existe $v \in \mathbb{Z}^*$ tel que

$$n = 2s^2 + 2(t+3)s + 3(t+1) + v; \text{ i.e. } 2n + 3 = 4s^2 + 4(t+3)s + 6t + 9 + 2v.$$

Pour $2n + 3$ premier, les naturels $4, 4(t+3)$ et $6t + 9 + 2v$ sont étrangers et

$$\Delta' = 4(t^2 - 2v) \text{ est un carré parfait.}$$

EXEMPLE

$$n = 7 \Rightarrow 2n + 3 = 17 \text{ et } T_7 = [0,1]$$

- $h_0(s) = 2s^2 + 6s + 3 : h_0(0) = 3 \neq 7, h_0(1) = 11 \neq 7$ et $\forall s > 1, h_0(s) > 7$.
- $h_1(s) = 2s^2 + 8s + 6 : h_1(0) = 6 \neq 7$ et $\forall s > 0, h_1(s) > 7$.

D'où 17 est un naturel premier.

COROLLAIRE 5: CARACTÉRISATION DES NOMBRES ENTIERS NATURELS IMPAIRS

Soit un naturel $n \geq 3$. Considérons les ensembles et les fonctions suivants:

$$\mathbb{M} = \{t^2\}_{t \in T_n}; \mathbb{D}_n = \{2n + 3 + t^2\}_{t \in T_n}; z: \mathbb{D}_n \rightarrow \mathbb{M}; r \rightarrow z(r) = r;$$

$$q_t: I_n \rightarrow T_{n_k}: k \rightarrow q_t(k) = \frac{-t-2+\sqrt{t^2+4k}}{2}; z_n: T_n \rightarrow \mathbb{D}_n: t \rightarrow z_n(t) = 2n + 3 + t^2;$$

$$h_k: T_{n_k} \rightarrow T_n: b \rightarrow h_k(b) = \frac{k}{b+1} - (b+1) = h_b(k); g: T_n \rightarrow \mathbb{M}: t \rightarrow g(t) = t^2;$$

$$g_n: T_n \rightarrow I_n: t \rightarrow g_n(t) = \frac{n+2-\sqrt{2n+3+t^2}}{2}; w_k: T_{n_k} \rightarrow \mathbb{M}: b \rightarrow w_k(b) = [h_k(b)]^2 = w_b(k);$$

$$u_n: I_n \rightarrow \mathbb{D}_n: k \rightarrow u_n(k) = 2n + 3 + f_n(k); v_n: T_{n_k} \rightarrow \mathbb{D}_n: b \rightarrow v_n(b) = 2n + 3 + w_k(b)$$

Avec f_n des remarques 4; I_n de la relation (12); T_n de la relation (13) et T_{n_k} de la relation (17).

Alors nous obtenons les diagrammes commutatifs ci-après qui caractérisent les nombres entiers naturels impairs (cf. page suivante).

NOTE 4

Dans ces diagrammes, les flèches respectent la composition des relations (applications):

- $g = z \circ z_n = f_n \circ g_n$
- $z_n = u_n \circ g_n = v_n \circ q_t \circ g_n$
- $v_n = z_n \circ h_k = u_n \circ g_n \circ h_k$
- $u_n = v_n \circ g_t = z_n \circ h_k \circ q_t$
- $w_k = z \circ v_n = g \circ h_k = z \circ z_n \circ h_k = f_n \circ g_n \circ h_k$
- $f_n = z \circ u_n = z \circ v_n \circ q_t = z \circ z_n \circ h_k \circ q_t = w_k \circ q_t = g \circ h_k \circ q_t = f_n \circ g_n \circ h_k \circ q_t$

De cette façon, on retrouve le critère de primalité comme suit:

$$\mathbb{D}_n \cap \mathbb{M} \neq \emptyset \text{ et } g_n[T_n] \cap I_n \neq \emptyset \Leftrightarrow 2n + 3 \text{ est composé (19)}$$

$$\mathbb{D}_n \cap \mathbb{M} = \emptyset \text{ ou } g_n[T_n] \cap I_n = \emptyset \Leftrightarrow 2n + 3 \text{ est premier (19')}$$

Les relations (19) et (19') explicitent la caractérisation des nombres entiers naturels impairs sous-jacente dans les diagrammes 1 et 2.

COROLLAIRE 6: L'ENSEMBLE I_c DES NOMBRES ENTIERS NATURELS IMPAIRS COMPOSÉS

D'après le théorème 5, on a la relation (20):

$$I_c = \bigcup_{t \in \mathbb{N}} \{2h_t(s) + 3, s \in \mathbb{N}\} = \bigcup_{t \in \mathbb{N}} \{4s^2 + 4(t+3)s + 6t + 9, s \in \mathbb{N}\}$$

$$= \bigcup_{s \in \mathbb{N}} \{2h_s(t) + 3, t \in \mathbb{N}\} = \bigcup_{s \in \mathbb{N}} \{2(s+3)t + (2s+3)^2, t \in \mathbb{N}\} ;$$

$$\text{avec } h_t(s) = 2s^2 + 2(t+3)s + 3(t+1) = 2(s+3)t + (2s+3)^2 = h_s(t).$$

Diagramme 1. Caractérisation globale

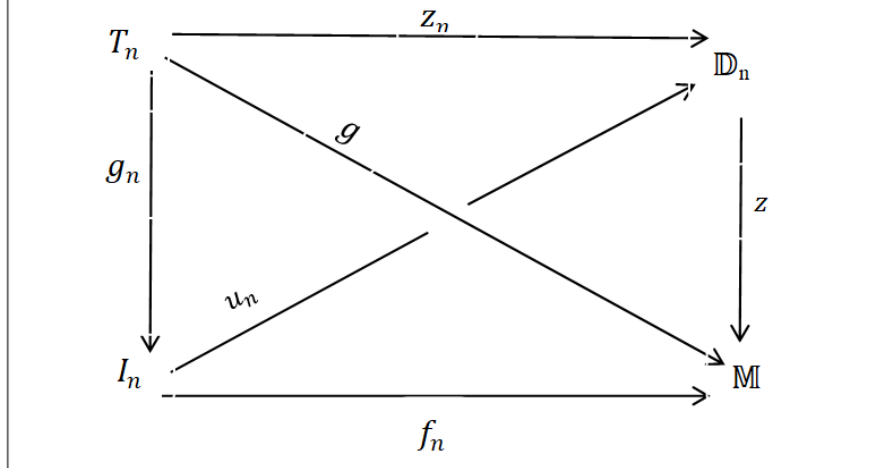
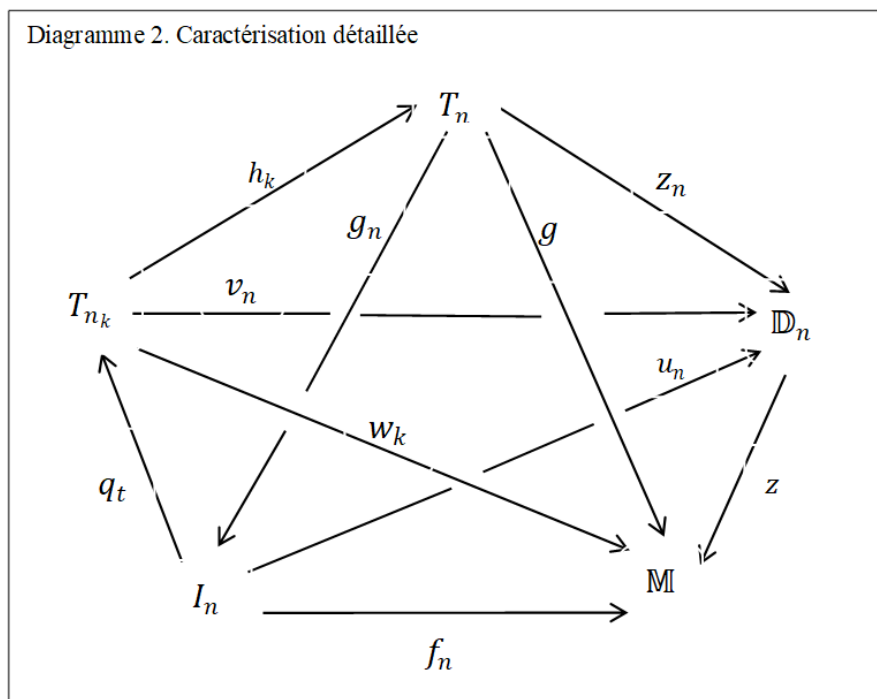


Diagramme 2. Caractérisation détaillée



COROLLAIRE 7: L'ENSEMBLE I_p DES NOMBRES ENTIERS NATURELS IMPAIRS PREMIERS

$$I_p = (2\mathbb{N} + 3) \setminus I_c \quad (20')$$

4 DISCUSSION

L'équation diophantienne $axy + bx + cy = d$ (a et bc étrangers) est, non seulement un cas particulier de l'équation diophantienne générale $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey = f$, mais aussi et surtout une équation dont l'importance et l'application sont liées à l'étude de la primalité des nombres entiers naturels contenus dans une progression arithmétique $ax + b$ ($x \in \mathbb{N}$). Le cas particulier $a = 2$ et $b = 3$ fait le gros de cet article: l'étude de la primalité d'un nombre entier naturel impair $2n + 3$ (différent de l'unité) est équivalente à celle de l'équation $2xy + 3(x + y) = n - 3$. Par ailleurs, une famille des trinômes du second degré $2h_t(s) + 3 = 4s^2 + 4(t + 3)s + 6t + 9$ ou des binômes du premier degré

$h_s(t) = 2(s + 3)t + (2s + 3)^2$ devient trop suffisante pour engendrer l'ensemble I_c des nombres entiers naturels impairs composés. Bien que ce soit avec répétition, elle permet d'isoler les nombres entiers naturels impairs premiers par complémentarité dans $2\mathbb{N} + 3$:

$I_p = (2\mathbb{N} + 3) \setminus I_c$. D'une part, les corollaires 6 et 7 deviennent la forme algébrique du crible d'Eratosthène ([5], pp. 142 et 149), cette fois-ci, dans $2\mathbb{N} + 3$. D'autre part, le désordre dans l'ensemble I_c crée de l'ordre dans l'ensemble I_p ; un aspect qui, exploité, apporterait un plus à la théorie des nombres premiers.

Si $a > 2$, alors les corollaires 6 et 7 se généralisent dans $a\mathbb{N} + b$. Selon le paragraphe 3.2.3, on aura des familles d'équations $axy + b_jx + b_iy = n - c_{ij}$ et, par conséquent, plusieurs familles des trinômes du second degré ou des binômes du premier degré.

5 CONCLUSION

En théorie des nombres, l'existence de certains problèmes sans solutions exige de feindre d'ignorer les avancées scientifiques et retourner aux notions mathématiques classiques. C'est le cas de cet article dans lequel la résolution de l'équation $axy + bx + cy = d$ (a et bc étrangers) renforce l'étude des nombres premiers contenus dans une progression arithmétique $ax + b$ (a et b étrangers). Pour être utile, ladite résolution est améliorée et cette amélioration est passée par celle des conditions d'existence des solutions. Élémentaire soit-elle, l'application de la résolution de l'équation $ax + by = c$ à celle de l'équation $axy + bx + cy = d$ est une première et contribue à cette amélioration. Notre démarche rend, féconde, la résolution de l'équation $axy + bx + cy = d$ par la production de deux nouveaux critères de primalité; des critères

“polynômiaux” qui font intervenir des fonctions polynômes et qui conduisent, à leur tour, à un double diagramme commutatif, caractéristique des nombres entiers naturels impairs. Ces fonctions et ce diagramme sont aussi une nouveauté. Tous ces résultats enrichissent la théorie algébrique de nombres.

Quelques problèmes restent cependant ouverts. Nous en retenons:

1. L'étude, par une programmation, de la performance des nouveaux critères de primalité comparativement aux critères de primalité existants. Particulièrement, pour la fonction polynôme $f_n(k) = 4k^2 - 4(n+2)k + (n+1)^2$, l'algorithme ad hoc serait polynômial. Par ailleurs, la fonction $f_n(k)$ étant décroissante sur $I_n = \left[\frac{n}{3}, \frac{n-1}{2}\right]$, un tel algorithme contribuerait à la résolution du problème NP.
2. L'application de la résolution de l'équation $axy + bx + cy = d$ à la résolution de certains autres problèmes, ouverts, de la théorie de nombres comme la conjecture de Christian Goldbach, la valeur exacte de la fonction $\pi(x)$,...

REFERENCES

- [1] AVID, M. et COLLIOT-HELENE, J.L. « Diophante d'Alexandrie », in *Encyclopaedia Universalis*, corpus 7, Paris, 1995, 511-522.
- [2] DE MARÇAY, F. Arithmétique dans $\mathbb{Z}$ et dans $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$, in <https://www.imo.universite-paris-saclay> 21 juin 2024.
- [3] DELAHAYE, J.P. *Merveilleux nombres premiers, voyage au cœur de l'Arithmétique*, Paris Belin Pour la Science, 2000.
- [4] KANTOR, J.M. « Les problèmes de David Hilbert », in *Encyclopaedia Universalis*, Corpus 11, Paris, 1995, 412-418.
- [5] MUSHIWALYAHYAGE ZALUKA, SAFARI MUKERU et AMANI FARAJA, D. « Formalisation algébrique du crible d'Eratosthène », *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 77, n° 1, février 2025, pp. 139-154.
- [6] NIYOMANZI SEBUTIMBILI, M.-CH. Résolution de l'équation diophantienne de la forme $axy + bx + cy + d = 0$, Mémoire de Licence, ISP/BUKAVU, Inédit, 2001.
- [7] TATON, R. *Histoire générale des sciences*, volumes 1-3, tomes 1-4, Paris, P.U.F, 1969.

Reconnaissance et Contradictions Managériales: Une Étude de Cas Tunisienne

[Recognition and Managerial Contradictions: A Tunisian Case Study]

Hanan Cherif¹ and Imen Mzid Ben Amar²

¹Docteure, Laboratoire PRISME-FSEG-SFAX, Université de Sfax, Tunisia

²Professeure, Laboratoire PRISME-FSEG-SFAX, Université de Sfax, Tunisia

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article examines how managerial contradictions shape employees' perceptions of recognition within a Tunisian small and medium-sized enterprise operating in the agri-food sector. Although the company promotes a discourse centered on autonomy, responsibility, and employee participation, actual managerial practices remain governed by a rigid hierarchical structure and strong centralized control. This inconsistency generates confusion, weakens trust, and undermines authentic recognition at work. The purpose of this study is to explore how discrepancies between managerial discourse and daily practices influence employee motivation, engagement, and perceived value.

The research is based on a qualitative approach, involving forty semi-structured interviews conducted with employees from different hierarchical levels. The thematic analysis reveals three main findings: (1) a persistent gap between the managerial intentions communicated by the leadership and the organizational routines that prevail, (2) a significant deficit of recognition resulting from structural rigidity and the absence of sincere and constructive feedback, and (3) adaptive strategies developed by employees to cope with managerial ambiguity while maintaining a minimal form of engagement.

The study concludes that recognition can only be effective when embedded in a coherent managerial system where discourse and practices are aligned. The article highlights the crucial role of managerial consistency as a determinant of sustainable employee engagement in Tunisian organizations.

KEYWORDS: workplace recognition, managerial contradictions, employee engagement, organizational practices, autonomy at work, manager-employee relations.

RESUME: Cet article analyse la manière dont les contradictions managériales influencent la reconnaissance au travail dans une PME tunisienne du secteur agroalimentaire. Alors que l'entreprise affiche un discours valorisant l'autonomie, la responsabilisation et la participation des employés, les pratiques réelles restent marquées par une structure hiérarchique rigide et un contrôle organisationnel omniprésent. Cette incohérence crée un climat de confusion et fragilise la perception de reconnaissance des salariés. L'objectif de cette recherche est d'examiner comment ces contradictions entre discours et pratiques managériales affectent la motivation, l'engagement et la valorisation perçue des employés.

L'étude repose sur un dispositif qualitatif comprenant quarante entretiens semi-directifs menés auprès de différentes catégories socioprofessionnelles. L'analyse thématique révèle trois résultats principaux: (1) un décalage persistant entre les intentions affichées par la direction et les pratiques de gestion quotidiennes, (2) un déficit de reconnaissance lié à la rigidité structurelle et à l'absence de feedback authentique, et (3) des stratégies d'adaptation développées par les salariés pour faire face à l'ambiguïté managériale et préserver leur engagement minimal.

Les conclusions montrent que la reconnaissance ne peut être effective que si elle s'inscrit dans un système managérial cohérent, où les discours et les pratiques sont alignés. L'article met en évidence l'importance de la cohérence managériale comme condition essentielle à l'engagement durable des employés dans les organisations tunisiennes.

MOTS-CLEFS: reconnaissance au travail, contradictions managériales, engagement des salariés, pratiques organisationnelles, autonomie et contrôle.

1 INTRODUCTION

La reconnaissance au travail est aujourd'hui considérée comme un déterminant essentiel du bien-être, de la motivation et de l'engagement des salariés. Dans les organisations tunisiennes, elle demeure pourtant un enjeu complexe, notamment dans les contextes où le discours managérial promeut l'autonomie, la responsabilisation et la participation, tandis que les pratiques réelles restent marquées par une structure hiérarchique rigide. Ce décalage entre ce qui est annoncé et ce qui est réellement mis en œuvre constitue une source importante de tensions organisationnelles et a un impact direct sur la perception de reconnaissance des employés.

Dans la PME tunisienne étudiée, cette contradiction se manifeste de manière particulièrement nette: l'entreprise communique sur une modernisation du management, mais les pratiques quotidiennes traduisent une centralisation forte, un contrôle étroit et une faible marge de manœuvre laissée aux salariés. Ce paradoxe crée un climat de confusion qui fragilise la confiance, rend le feedback peu crédible et compromet l'engagement au travail.

L'objectif de cet article est d'analyser comment ces contradictions managériales influencent la reconnaissance perçue par les salariés et, plus largement, leur implication dans l'organisation. L'étude s'appuie sur une démarche qualitative menée auprès de quarante employés issus de catégories socioprofessionnelles différentes, permettant d'obtenir une compréhension fine des mécanismes en jeu.

La suite de l'article est organisée comme suit: la section suivante présente la revue de la littérature, la troisième section décrit la méthodologie adoptée, la quatrième section expose les principaux résultats de l'analyse, la cinquième propose une discussion des apports et implications managériales; enfin, la dernière section conclut en soulignant les contributions et les limites de la recherche.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 LA RECONNAISSANCE AU TRAVAIL: UN PILIER DE L'ENGAGEMENT

La reconnaissance au travail est une dimension centrale de la qualité de vie au travail et de l'engagement. Honneth (1995) la définit comme une condition essentielle de la construction identitaire. Dans la littérature francophone, Brillet, Falcoz et leurs collaborateurs soulignent que la reconnaissance nourrit la motivation, renforce l'estime professionnelle et conditionne l'engagement durable des salariés. Les travaux en contexte francophone montrent également que l'absence de reconnaissance constitue l'un des principaux facteurs de démobilitation (Brillet & Falcoz, 2014). Dans les entreprises tunisiennes, plusieurs recherches confirment que la reconnaissance demeure insuffisante, souvent limitée à des gestes symboliques ou irréguliers (Chérif, 2022).

2.2 LES CONTRADICTIONS MANAGÉRIALES: DISCOURS D'OUVERTURE, PRATIQUES DE CONTRÔLE

Argyris et Schön (1996) distinguent le discours affiché des théories d'action réellement mises en œuvre. Ce décalage crée des contradictions organisationnelles qui fragilisent les relations de travail. Dans les organisations cherchant à moderniser leur management, ce phénomène est courant: le discours valorise l'autonomie et la participation, mais les pratiques restent centralisées. Ces contradictions ont été étudiées notamment dans les travaux de Dufour, Alter ou Pichault, en particulier dans les organisations « en transition » vers des formes plus responsabilisantes. Elles génèrent confusion, perte de confiance et sentiment d'incohérence managériale, ce qui ressort également du cas étudié dans cette recherche.

2.3 AUTONOMIE IMPOSSIBLE DANS LES STRUCTURES RIGIDES

Selon Getz et Carney (2013), l'autonomie réelle nécessite un climat de confiance, des marges de décision et la légitimité de prendre des initiatives. Dans les systèmes dominés par la logique hiérarchique, Crozier et Friedberg (1977) montrent que les zones d'incertitude sont verrouillées, empêchant l'autonomie malgré un discours déclaratif d'ouverture. Dans le cas étudié, la direction annonce l'autonomie, mais la structure rigide empêche son activation. Cette « autonomie empêchée » produit frustration, blocage des initiatives et perte de reconnaissance.

2.4 RECONNAISSANCE, JUSTICE ORGANISATIONNELLE ET ENGAGEMENT

La reconnaissance au travail renforce la perception de justice, la confiance envers la hiérarchie et l'engagement affectif. Les travaux de Falcoz, Brillet et Méda montrent que la reconnaissance constitue un levier de santé psychologique, de loyauté professionnelle et de sens du travail. À l'inverse, l'absence de reconnaissance, ou une reconnaissance incohérente avec le comportement réel du management, mène à des stratégies de retrait, à un engagement minimaliste, à une perte de sens et à une démobilitation silencieuse. Le cas étudié illustre particulièrement ces dynamiques.

2.5 APPORT SPÉCIFIQUE POUR LE CONTEXTE TUNISIEN

La littérature tunisienne montre que la structure hiérarchique est souvent forte, que la communication organisationnelle est largement verticale, que les pratiques de reconnaissance sont peu formalisées et que la participation des employés reste limitée (Ben Sassi, 2019; Kammoun, 2020; Chérif, 2022). Cet article contribue à enrichir cette littérature encore émergente en Tunisie en analysant de manière détaillée le lien entre contradictions managériales, reconnaissance et engagement des salariés dans une PME du secteur agroalimentaire.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 APPROCHE DE RECHERCHE

Cette étude repose sur une démarche qualitative inscrite dans une logique compréhensive. Ce choix méthodologique s'explique par la nature même du phénomène étudié, qui implique des perceptions, des émotions, des expériences vécues et des contradictions internes difficiles à saisir au moyen d'outils quantitatifs. L'approche qualitative permet d'explorer en profondeur la manière dont les salariés interprètent le décalage entre le discours managérial et les pratiques réelles, ainsi que l'impact de ce décalage sur la reconnaissance au travail et leur engagement organisationnel. La littérature sur les paradoxes et les contradictions managériales souligne l'importance d'une analyse fine et contextualisée, ce qui rend la méthode qualitative particulièrement pertinente (Argyris & Schön, 1996; Crozier & Friedberg, 1977). L'objectif est d'accéder au sens que les acteurs attribuent à leur environnement de travail et de comprendre les dynamiques qui façonnent leur expérience quotidienne.

3.2 CONTEXTE ET ENTREPRISE ÉTUDIÉE

La recherche a été menée dans une PME tunisienne opérant dans le secteur agroalimentaire. Cette entreprise se caractérise par une structure hiérarchique marquée, où les prises de décision se réalisent principalement de manière verticale. Le discours officiel de l'organisation met en avant l'autonomie, la responsabilisation et la participation, notamment à travers des messages institutionnels, des réunions internes et des communications formelles. Cependant, les pratiques observées au quotidien restent centrées sur le contrôle, la centralisation des décisions et une forte dépendance hiérarchique. Cette tension entre le discours et les pratiques crée un climat organisationnel ambivalent, où les salariés oscillent entre les attentes managériales affichées et les contraintes structurelles qui limitent réellement leurs marges d'action. Ce contexte constitue un terrain particulièrement riche pour analyser la cohérence, ou l'incohérence, entre les valeurs proclamées par l'organisation et les mécanismes concrets qui structurent le travail.

3.3 ÉCHANTILLON ET PARTICIPANTS

L'étude repose sur un échantillon de quarante salariés couvrant l'ensemble des niveaux hiérarchiques: ouvriers et opérateurs de production, techniciens, employés administratifs, encadrants intermédiaires, cadres et superviseurs. Cette diversité permet de recueillir des points de vue multiples et complémentaires, favorisant ainsi une compréhension transversale du fonctionnement organisationnel. L'échantillonnage a été effectué selon une méthode raisonnée qui vise à sélectionner des participants en fonction de leur capacité à éclairer les phénomènes étudiés. Cette démarche garantit la pertinence des données recueillies, car elle mobilise des salariés occupant des rôles variés et confrontés à des réalités de travail différentes. La pluralité des statuts et des fonctions professionnelles contribue ainsi à enrichir l'analyse et à saisir la complexité du contexte organisationnel.

3.4 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est appuyée sur des entretiens semi-directifs menés individuellement et dans le respect de l'anonymat. Ce dispositif a permis de créer un espace de parole ouvert, favorisant l'expression libre des perceptions et des expériences. Le guide d'entretien a été construit autour de quatre thèmes principaux: la perception du discours managérial, les pratiques de gestion réellement vécues, la qualité de la reconnaissance reçue au travail et les stratégies d'adaptation ou d'engagement développées par les salariés. Chaque entretien, d'une durée moyenne comprise entre quarante-cinq minutes et une heure, a été enregistré avec l'accord des participants puis entièrement retranscrit. Cette étape de transcription intégrale constitue une base essentielle pour garantir la fidélité au discours des participants et permet une analyse ultérieure rigoureuse.

3.5 ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse s'est appuyée sur une méthode thématique, structurée en trois phases complémentaires. La première phase, celle du codage ouvert, a permis de faire émerger spontanément les thèmes bruts exprimés par les participants, sans chercher à les organiser à ce stade. La seconde phase, celle du codage axial, a rendu possible le regroupement de ces thèmes dans de grandes catégories analytiques telles que la reconnaissance, l'ambiguïté managériale, la perception du contrôle ou encore les formes de frustration. Enfin,

la phase de codage sélectif a conduit à l'identification et à la consolidation des trois axes principaux présentés dans la section consacrée aux résultats. L'ensemble du processus d'analyse a été réalisé avec l'aide d'un logiciel d'analyse qualitative (type NVivo), ce qui a permis d'assurer la traçabilité, la cohérence et la rigueur des opérations de codage. La saturation des données a été atteinte après une trentaine d'entretiens; les entretiens supplémentaires ont confirmé et consolidé les catégories identifiées.

3.6 RIGUEUR ET VALIDITÉ

La fiabilité et la crédibilité du dispositif méthodologique ont été renforcées par plusieurs éléments. La diversité des participants garantit une pluralité de points de vue, ce qui permet de mieux comprendre le phénomène étudié dans sa globalité. L'usage d'un logiciel d'analyse qualitative assure une transparence et une rigueur dans le processus de codification. La triangulation interne, rendue possible par la comparaison systématique des discours issus des différents niveaux hiérarchiques, contribue également à consolider la cohérence des résultats. Enfin, l'ensemble de la démarche a été mené dans le respect strict des principes éthiques, notamment en matière de consentement éclairé, de confidentialité des propos recueillis et de protection de l'identité des participants. Ce respect des normes éthiques constitue une composante essentielle de la validité de la recherche, en garantissant l'authenticité et la sincérité des données collectées.

4 RÉSULTATS

L'analyse des entretiens met en évidence un premier résultat central: l'existence d'un décalage profond et persistant entre le discours managérial et les pratiques réelles observées par les salariés. L'entreprise met en avant un discours valorisant l'autonomie, la participation et la responsabilisation. Plusieurs employés relatent que ce discours est régulièrement mobilisé lors des réunions, dans les communications internes ou encore dans les échanges avec les responsables. Cependant, cette volonté affichée de modernisation ne trouve qu'un écho très limité dans la réalité quotidienne du travail. La majorité des interviewés décrivent une situation où les décisions demeurent centralisées, où les prises d'initiatives individuelles sont rarement encouragées, et où le contrôle reste une composante structurelle dominante. Ainsi, alors que le discours institutionnel évoque une organisation plus ouverte, capable de déléguer et de faire confiance, les pratiques quotidiennes renvoient à une logique beaucoup plus verticale. Ce contraste engendre un sentiment de confusion chez les salariés, qui peinent à comprendre les intentions réelles de la direction. Plusieurs d'entre eux disent ressentir une forme de « double langage »: l'entreprise promet des espaces de liberté qu'elle n'accorde finalement pas, ce qui fragilise la crédibilité du message managérial et crée un climat de méfiance.

Le deuxième résultat renvoie à la question de la reconnaissance, qui apparaît comme un manque fortement ressenti par l'ensemble des salariés. Les témoignages recueillis montrent que la reconnaissance, qu'elle soit symbolique ou formelle, est largement absente de l'expérience quotidienne. Les employés évoquent rarement des remerciements, des félicitations ou des retours positifs concernant leur travail. Le feedback, lorsqu'il existe, se focalise essentiellement sur les erreurs, les retards ou les manquements, ce qui contribue à une perception négative de la relation hiérarchique. Plusieurs salariés expriment le besoin de sentir que leurs efforts sont remarqués, même de manière simple, par un geste ou une parole. Dans ce contexte, l'absence de reconnaissance est vécue non seulement comme un manque, mais aussi comme une forme d'injustice. Les employés ont le sentiment que leur engagement, leur ancienneté ou leur savoir-faire ne sont pas valorisés à leur juste mesure. Cette situation affecte profondément la motivation: lorsque le travail accompli n'est ni reconnu ni valorisé, il perd progressivement de son sens. Le manque de reconnaissance devient alors un facteur central de démobilisation, accentué par l'incohérence entre le discours institutionnel valorisant l'implication et les pratiques gestionnaires centrées sur le contrôle.

Le troisième résultat souligne les stratégies d'adaptation mises en place par les salariés face à ce contexte jugé incohérent et peu valorisant. Une grande partie des participants décrit une forme de retrait émotionnel progressif: ils continuent à exécuter leurs tâches, mais en se distançant affectivement de leur travail et de l'organisation. Ce retrait est perçu comme un mécanisme de protection face à des attentes managériales contradictoires et à une reconnaissance insuffisante. Beaucoup adoptent une logique d'engagement minimal, consistant à accomplir uniquement ce qui est exigé sans chercher à aller au-delà. L'initiative personnelle, auparavant perçue comme un signe d'implication, devient une source de risque dans un environnement où la reconnaissance est absente et où les décisions restent centralisées. Certains salariés expliquent également recourir à des stratégies informelles pour contourner les rigidités organisationnelles, telles que s'appuyer sur les relations personnelles ou les réseaux internes pour résoudre des problèmes ou obtenir de petites concessions. Enfin, plusieurs employés décrivent une forme de loyauté passive: ils restent dans l'entreprise principalement pour des raisons économiques ou familiales, mais reconnaissent ne plus éprouver de sentiment d'appartenance fort.

Dans l'ensemble, ces trois résultats dessinent une dynamique organisationnelle cohérente. Le décalage initial entre le discours managérial et les pratiques réelles constitue un point d'entrée majeur qui fragilise la confiance et installe un doute sur la sincérité du projet managérial. Ce décalage contribue directement à l'affaiblissement de la reconnaissance, perçue comme insuffisante, injuste ou peu authentique. Face à ce manque, les salariés développent des stratégies d'ajustement visant à préserver leur équilibre personnel, mais qui se traduisent inévitablement par une baisse de l'engagement et une réduction de l'investissement professionnel. La dynamique

qui en résulte est celle d'une organisation où les contradictions managériales alimentent un cycle de démobilisation progressive qui menace la performance collective et la cohésion interne.

5 DISCUSSION

La discussion des résultats met en lumière des dynamiques organisationnelles éclairées par la littérature. Le décalage identifié entre discours managérial et pratiques réelles confirme l'idée de double langage développée par Argyris et Schön (1996), selon lesquels les organisations tendent à afficher des théories d'action idéales tout en reproduisant des routines largement contradictoires. Cette logique rejoint les travaux de Smith et Lewis (2011) sur les paradoxes organisationnels, montrant que les entreprises peuvent simultanément promouvoir l'autonomie tout en renforçant des mécanismes de contrôle centralisés. Les analyses de Giorgi, Lockwood et Glynn (2020) soulignent également que les transformations organisationnelles demeurent souvent prisonnières de contradictions structurelles profondes qui brouillent le sens des messages managériaux. Dans la PME étudiée, cette ambivalence se manifeste par un discours valorisant l'ouverture et la responsabilisation tandis que les pratiques observées renvoient à une logique hiérarchique rigide, cohérente avec les travaux de Crozier et Friedberg (1977) et ceux de Dufour (2016) sur les systèmes centralisés.

La reconnaissance apparaît comme un second élément déterminant dans la compréhension de la dynamique organisationnelle. Les salariés décrivent un environnement où les marques de reconnaissance sont rares, irrégulières ou peu authentiques, ce qui confirme les constats de Honneth (1995) sur le rôle essentiel de la reconnaissance dans la construction identitaire et le rapport au travail. Les travaux de Brillet et Falcoz (2014) mettent en évidence que l'absence de reconnaissance constitue un facteur majeur de démobilisation, tandis que Méda (2018) rappelle que la valorisation du travail est au cœur du sentiment d'utilité et de l'engagement professionnel. Les analyses récentes de Caesens, Stinglhamber et Luybaert (2019) soulignent par ailleurs le lien direct entre reconnaissance perçue et engagement organisationnel, confirmant que les pratiques observées dans l'entreprise étudiée affaiblissent la motivation et renforcent une perception d'injustice organisationnelle.

Face à ces contradictions et à ce déficit de reconnaissance, les salariés développent des stratégies d'adaptation visant à préserver leur équilibre. Ces stratégies, telles que le retrait émotionnel, l'engagement minimal ou la réduction volontaire des initiatives, s'inscrivent dans la logique des travaux de Berkovich et Eyal (2021) sur l'empowerment illusoire, selon lesquels les salariés tendent à se désengager lorsque les promesses d'autonomie ne s'accompagnent pas de moyens effectifs. Les recherches menées par Park et Searcy (2020) ainsi que Köper (2023) montrent également que l'autonomie ne peut produire d'effets positifs que lorsqu'elle repose sur une réelle délégation décisionnelle, ce qui est loin d'être le cas dans l'entreprise étudiée. Les observations recueillies rejoignent également les conclusions de Ben Sassi (2019) et Kammoun (2020), qui soulignent la prégnance de la centralisation et de la communication verticale dans les PME tunisiennes, facteurs susceptibles d'étouffer l'initiative et la participation.

Enfin, la dynamique circulaire reliant contradictions managériales, déficit de reconnaissance et désengagement apparaît particulièrement frappante. Les analyses de Schad et al. (2016) indiquent que les paradoxes non résolus tendent à créer des cycles d'épuisement et de retrait, tandis que les travaux de Cugueró-Escofet, Fortin et Rosanas (2022) soulignent l'importance éthique de la cohérence managériale dans la construction d'un environnement de travail juste et mobilisateur. Dans le contexte tunisien, cette dynamique est amplifiée par la rigidité structurelle et les contraintes hiérarchiques persistantes, comme le montrent les recherches récentes de Khelifi et Hakim (2023). L'étude confirme ainsi que la reconnaissance ne peut être effective que si elle s'inscrit dans un système managérial cohérent, capable d'aligner discours, comportements et pratiques organisationnelles.

6 CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'examiner la manière dont les contradictions managériales influencent la reconnaissance au travail et, par extension, l'engagement des salariés au sein d'une PME tunisienne. L'analyse qualitative menée à partir de quarante entretiens a permis de mettre en évidence une dynamique organisationnelle marquée par une forte incohérence entre le discours institutionnel et les pratiques managériales quotidiennes. Alors que l'entreprise affirme promouvoir l'autonomie, la participation et la responsabilisation, les salariés constatent que les décisions demeurent centralisées, que les marges de manœuvre restent limitées et que les mécanismes de contrôle continuent de structurer l'organisation. Cette incohérence fragilise la crédibilité du discours managérial et installe un climat de méfiance qui affecte la relation entre les salariés et leur hiérarchie.

L'absence de reconnaissance, qu'elle soit formelle ou informelle, constitue un second enseignement majeur de cette recherche. Les employés expriment un besoin fort de considération et d'écoute, qui n'est que partiellement satisfait dans le contexte étudié. Le feedback est souvent perçu comme insuffisant, sporadique ou focalisé sur les aspects négatifs du travail. Ce déficit de reconnaissance contribue à altérer la motivation, à renforcer la perception d'injustice et à réduire la capacité des salariés à s'impliquer pleinement dans leur activité professionnelle.

Enfin, l'étude met en lumière les stratégies d'adaptation développées par les salariés face à ce double constat d'incohérence et de manque de reconnaissance. Le retrait émotionnel, l'engagement minimal et les solutions informelles constituent autant de mécanismes de protection permettant aux employés de se préserver dans un environnement jugé instable et peu valorisant. Ces comportements

traduisent un affaiblissement progressif de l'engagement organisationnel, qui représente un enjeu stratégique majeur pour les entreprises.

Les contributions de cette recherche sont multiples. Sur le plan théorique, elle confirme l'importance de la cohérence managériale comme condition essentielle à la reconnaissance et à l'engagement. Elle enrichit également les travaux sur les paradoxes organisationnels en illustrant comment les contradictions entre discours et pratiques peuvent affecter en profondeur le vécu professionnel des salariés. Sur le plan managérial, l'étude souligne la nécessité pour les organisations de dépasser les effets d'annonce et d'ancrer leurs intentions dans des pratiques de gestion cohérentes et crédibles. La reconnaissance ne peut être considérée comme une simple dimension additionnelle; elle doit être intégrée dans un système de management fondé sur la confiance et la transparence.

Comme toute étude qualitative et fondée sur un cas unique, cette recherche présente certaines limites. Les résultats ne peuvent être généralisés de manière statistique et doivent être interprétés en tenant compte du contexte spécifique dans lequel ils ont été collectés. Toutefois, la richesse du matériau empirique et la diversité des participants permettent d'apporter des enseignements pertinents sur les mécanismes organisationnels à l'œuvre dans des entreprises confrontées à des enjeux similaires.

En conclusion, cette étude rappelle que l'engagement des salariés ne peut être dissocié de la cohérence managériale et de la qualité de la reconnaissance reçue au travail. Elle ouvre également la voie à des recherches futures visant à explorer ces dynamiques dans d'autres secteurs, dans des organisations de tailles différentes ou dans des contextes culturels variés, afin de mieux comprendre la manière dont les entreprises peuvent construire des environnements de travail plus cohérents, plus justes et plus propices à l'implication durable de leurs collaborateurs.

REFERENCES

- [1] Alter, N. (2000). *L'innovation ordinaire*. Paris: Presses Universitaires de France (PUF).
- [2] Argyris, C., & Schön, D. (1996). *Organizational Learning II: Theory, Method and Practice*. Reading: Addison-Wesley.
- [3] Ben Sassi, M. (2019). Les modèles managériaux dans les PME tunisiennes: entre centralisation et modernisation. *Revue Tunisienne de Management*.
- [4] Berkovich, I., & Eyal, O. (2021). Illusory empowerment and its organizational consequences. *Management Learning*.
- [5] Brillet, F., & Falcoz, C. (2014). *Reconnaissance au travail: enjeux et perspectives*. Paris: L'Harmattan.
- [6] Brun, J.-P., & Dugas, N. (2008). La reconnaissance au travail: fondements et pratiques. *Gestion*.
- [7] Caesens, G., Stinglhamber, F., & Luypaert, G. (2019). The impact of work engagement and recognition on organizational outcomes. *Revue Européenne de Psychologie du Travail*.
- [8] Chérif, H. (2022). Les obstacles à la mise en place d'une entreprise libérée: cas d'une entreprise tunisienne. Thèse de doctorat, FSEG Sfax, Laboratoire PRISME.
- [9] Crozier, M., & Friedberg, E. (1977). *L'acteur et le système*. Paris: Seuil.
- [10] Cugueró-Escofet, N., Fortin, M., & Rosanas, J.-M. (2022). The ethics of managerial inconsistencies. *Journal of Business Ethics*.
- [11] Dufour, Y. (2016). Complexité et organisations: nouvelles logiques. Montréal: HEC Montréal.
- [12] Getz, I., & Carney, B. (2013). Liberté & Cie: Quand la liberté des salariés fait le succès des entreprises. Paris: Fayard.
- [13] Giorgi, S., Lockwood, C., & Glynn, M. (2020). The paradoxes of organizational transformation. *Organization Science*.
- [14] Honneth, A. (1995). *La lutte pour la reconnaissance*. Paris: Cerf.
- [15] Kammoun, M. (2020). La communication organisationnelle dans les entreprises tunisiennes. *Revue des Sciences de Gestion*.
- [16] Khelifi, S., & Hakim, N. (2023). Engagement minimaliste et contraintes structurelles dans les PME tunisiennes. *Revue Maghrébine de Management*.
- [17] Köper, B. (2023). Autonomy and job performance: A contemporary review. *Journal of Management Studies*.
- [18] Méda, D. (2018). *Le sens du travail*. Paris: Presses Universitaires de France (PUF).
- [19] Park, R., & Searcy, D. (2020). Employee autonomy and organizational performance. *Personnel Review*.
- [20] Schad, J., Lewis, M.W., Raisch, S., & Smith, W.K. (2016). Paradox research in management science: Looking back to move forward. *Academy of Management Annals*.
- [21] Smith, W.K., & Lewis, M.W. (2011). Toward a theory of paradox: A dynamic equilibrium model. *Academy of Management Review*.

Clubs de football et développement socio-économique territorial: Une revue critique systématique francophone et internationale

[Football clubs and territorial socio-economic development: A Francophone and international systematic critical review]

Ismail Mazib Faty¹, Assane Diakhate¹, and Souleymane Diallo²

¹Université Gaston Berger de Saint-Louis, Senegal

²Institut National Supérieur de l'Éducation Populaire et du Sport de Dakar, Senegal

Copyright © 2026 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 provides a critical synthesis of academic and institutional research on how football clubs contribute to local socio-economic development. It aims to clarify the mechanisms and limits of these contributions by combining economic, social, and urban perspectives within a territorial governance framework. Using a systematic literature review based on the PRISMA protocol, 28 peer-reviewed and institutional sources published between 2000 and 2025 were analyzed. The evaluation grid was adapted from CASP and AMSTAR-2 to assess theoretical clarity, methodological rigor, and territorial transferability. The studies were then compared through thematic content analysis focusing on economic, social, and urban outcomes. Three key dimensions emerge: (1) Economic: football clubs stimulate local employment, investment, and urban attractiveness, but these effects remain localized and sometimes overestimated; (2) Social: clubs act as community hubs that foster cohesion, identity, and informal education, particularly in African and European contexts; (3) Urban: stadium projects and related infrastructures contribute to urban regeneration but can also reinforce spatial inequalities and gentrification when not supported by inclusive policies. The results highlight that clubs function less as autonomous economic engines than as catalysts embedded in multi-level governance systems. Effective cooperation between clubs, local authorities, and private stakeholders is essential for sustainable territorial outcomes. The article proposes an integrated conceptual model linking economic, social, and urban dynamics through territorial governance, thus advancing the theoretical understanding of sport as a lever for place-based development.

KEYWORDS: football clubs, territorial development, territorial governance, multi-level governance, social inclusion, urban regeneration, sports economics.

RESUME: Cette étude propose une synthèse critique de la littérature académique et institutionnelle portant sur la contribution des clubs de football au développement socio-économique local. Elle vise à identifier les mécanismes explicatifs, les apports et les limites de ces contributions, en intégrant les dimensions économiques, sociales et urbaines dans une approche de gouvernance territoriale. La recherche s'appuie sur une revue systématique conduite selon le protocole PRISMA, incluant 28 sources académiques et institutionnelles publiées entre 2000 et 2025. L'évaluation des études retenues s'est fondée sur une grille inspirée du CASP et de l'outil AMSTAR-2, permettant d'apprécier la rigueur méthodologique, la clarté conceptuelle et la transférabilité territoriale. Les données ont été analysées selon une approche thématique croisant les résultats économiques, sociaux et urbains. Trois dimensions principales se dégagent: (1) Économique (les clubs favorisent la création d'emplois, l'investissement et l'attractivité locale, bien que ces effets demeurent souvent localisés et surestimés); (2) Sociale (ils jouent un rôle d'intégration, de cohésion et d'éducation non formelle, particulièrement marqué dans les contextes africains et européens); (3) Urbaine (les projets de stades et de régénération participent à la transformation des territoires, tout en soulevant des risques de gentrification et d'inégalités spatiales). Les résultats montrent que les clubs fonctionnent moins

comme des moteurs économiques autonomes que comme des catalyseurs insérés dans des systèmes de gouvernance multi-niveaux. La coopération entre clubs, autorités locales et acteurs privés constitue une condition essentielle de durabilité territoriale. L'article propose un modèle conceptuel intégré articulant dynamiques économiques, sociales et urbaines à travers la gouvernance territoriale, contribuant ainsi à une compréhension renouvelée du sport comme levier de développement local durable.

MOTS-CLEFS: clubs de football, développement territorial, gouvernance territoriale, gouvernance multi-niveau, cohésion sociale, régénération urbaine, économie du sport.

1 INTRODUCTION

Depuis les années 1990, la question des impacts des clubs de football sur le développement territorial attire un intérêt croissant des chercheurs en économie, en sociologie du sport et en études urbaines. De nos jours, les clubs de football dépassent leur simple fonction sportive. Ils agissent tout aussi bien comme acteurs économiques, sociaux et aussi comme leviers d'image et d'aménagement du territoire. Pour les acteurs sportifs, communautaires et professionnels du développement, ces derniers sont perçus comme de véritables aubaines économiques, Sociales, Culturelles et symboliques au sein d'un territoire grâce à leur contribution à la création d'emplois directs et indirects, leur rôle de catalyseurs d'investissements immobiliers, vecteurs de cohésion sociale et fournisseurs de services sociaux (éducation, santé, insertion). Ce qui fait que le rôle des clubs de football dans le développement territorial a suscité un intérêt croissant au sein des sciences sociales et de l'économie du sport. La littérature internationale et francophone explore leurs contributions à l'emploi, à la cohésion sociale, à l'identité locale et aux projets d'aménagement urbain. Cette même littérature académique propose une vision nuancée, oscillant entre enthousiasme pour les retombées sociales et scepticisme quant aux bénéfices économiques réels. Cela se justifie par le fait que l'impact observé dépend fortement du contexte local, des politiques publiques, des modèles de gouvernance du club et des méthodes d'évaluation employées. Ainsi, la littérature Cette revue critique interroge les apports et limites des travaux existants, en distinguant les dimensions économiques, sociales et urbaines, tout en soulignant les débats méthodologiques et les controverses persistantes.

Dans cette logique, le champ d'étude mobilise des approches interdisciplinaires comme l'économie urbaine pour mesurer les effets sur l'emploi et la valeur ajoutée locale; la sociologie du sport pour analyser le capital social et l'identité; la science politique et de l'aménagement du territoire pour les effets sur la régénération, gouvernance territoriale et enfin, les études de politiques publiques pour voir les effets sur la CSR et sur l'inclusion. Les concepts clés qui structurent la littérature sont entre autres l'effet multiplicateur économique, substitution et fuite de dépenses, capital social, responsabilité sociale des clubs (CSR), régénération urbaine et externalités positives et négatives telles que la gentrification.

Tout ceci ramène à la problématique centrale qui traverse les travaux à savoir dans quelle mesure et mécanisme les clubs de football participent-ils effectivement au développement socio-économique territorial, et selon quels mécanismes et quelles limites méthodologiques et politiques rencontrées dans la littérature qui réduisent ou biaisent nos évaluations de ces contributions ?

Ce faisant, ce travail de revue a pour objectif de synthétiser et critiquer l'état des connaissances actuelles sur ce thème afin de clarifier ce que la littérature permet d'affirmer de façon robuste d'une part, d'autres parts d'explicitier les débats méthodologiques majeurs qui expliquent l'hétérogénéité des conclusions, et enfin identifier les lacunes empiriques et conceptuelles qui orientent les priorités de recherche futures.

Dans ce travail de revue critique, nous avons adopté la méthode IMRAD qui consiste à faire une introduction, la description de la méthodologie, la présentation des résultats et la discussion des résultats.

2 CADRE THÉORIQUE

Le secteur sport depuis maintenant plusieurs décennies ne cesse de montrer ces enjeux socio-économiques à travers le monde. L'un de ces secteurs le plus attrayant est celui du football professionnel et des clubs. Ce secteur est de nos jours considéré comme un levier important du développement socio-économique des territoires. Dans ce sillage, le rôle des clubs de football dans le développement territorial est largement débattu dans la littérature. Ainsi, ce présent cadre théorique propose une lecture intégrative de quatre concepts que sont: multiplicateur économique, capital social, gentrification et développement territorial, le tout dans une perspective intégrée de gouvernance et de capital territorial.

2.1 DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL

Le développement territorial est ici considéré comme un principe structurant, loin d'être une simple croissance économique localisée. Il s'agit d'un processus qualitatif, cumulatif et multidimensionnel, fondé sur la valorisation endogène des ressources (humaines, sociales, culturelles, symboliques) d'un territoire (Pecqueur, 2000; Camagni, 2019). Ce processus s'articule autour d'un capital territorial qui combine la production de richesse, la cohésion sociale, l'innovation institutionnelle et la soutenabilité environnementale autrement dit, la combinaison des actifs matériels et immatériels propres à un espace donné. Dans cette logique, les clubs de football agissent comme organisations pivot et acteur-ressources, capables d'activer, de connecter et de transformer un capital territorial latent en valeur économique et identitaire. En un mot, leviers de développement partagé.

2.2 MULTIPLICATEUR ÉCONOMIQUE

Dans la littérature économique, la notion de multiplicateur économique est souvent associée à celui keynésien. Toutefois, il est essentiel de rappeler que cette approche reste linéaire et insuffisante lorsqu'elle ne tient pas compte des mécanismes de rétention et de recirculation de la valeur au sein du territoire. Dès lors, la notion de multiplicateur économique territorial propose une lecture plus fine qui ne tient pas seulement compte de l'ampleur des dépenses, mais la capacité de circulation de ces valeurs économiques dans le tissu local. Dans ce cas de figure, le club de football ne devient une infrastructure économique territorialisée durable que si ses dépenses, ses emplois et ses partenariats s'inscrivent dans une économie locale intégrée.

2.3 LE CAPITAL SOCIAL

Le capital social, selon Putnam (1993) et Bourdieu (1986), renvoie à la densité des relations de confiance et de coopération au sein d'un collectif. Les clubs de football, de par leur visibilité et leur capacité à fédérer, constituent des infrastructures sociales au cœur des territoires. Ils produisent un capital social dense en tissant des réseaux de solidarité, de confiance et de reconnaissance collective (Putnam, 1993; Honta & Le Noé, 2021). Ils articulent trois fonctions majeures telles que la fonction identitaire, la fonction relationnelle et la fonction régulatrice, le tout inscrit dans une gouvernance collaborative (Charroin, 2018). Ce capital social peut, toutefois, comporter des effets d'exclusion symbolique, renforçant certaines identités locales au détriment d'autres (Substance, 2010; University of Northampton, 2022).

2.4 LA GENTRIFICATION

La gentrification apparaît selon Chabrol et al, (2016) comme « un processus de (re) valorisation économique et symbolique d'un espace, qui s'effectue en partie sous le sceau d'un certain modèle d'urbanité inspiré par la ville ancienne européenne et à travers la concurrence entre différents acteurs et groupes sociaux inégalement dotés pour son appropriation et sa transformation. » (Chabrol et al., 2016, p. 68). Les travaux effectués en ce sens dans le domaine du football montrent que les projets sportifs peuvent dynamiser l'investissement, moderniser les infrastructures et renforcer la réputation urbaine. Toutefois, elles peuvent aussi générer des effets d'exclusion comme la hausse du foncier, le déplacement des populations modestes, la marchandisation de l'espace public. De ce fait, les clubs de football contribuent au développement urbain en que tant facteur d'attraction et vecteur de polarisation spatiale.

2.5 LA GOUVERNANCE MULTI-NIVEAUX ET CAPITALE TERRITORIAL

La gouvernance multi-niveaux (Brenner, 2004; Jessop, 2017) renvoie à la coordination entre acteurs locaux, nationaux et transnationaux dans la production du territoire. Les clubs de football, insérés dans des chaînes globales de valeur, peuvent agir comme médiateurs territoriaux reliant dynamiques locales et logiques globales. Cette gouvernance conditionne la formation du capital territorial (Camagni, 2019), c'est-à-dire la combinaison des ressources matérielles et immatérielles qui fondent la compétitivité d'un espace.

2.6 LE MODÈLE RELATIONNEL INTÉGRÉ

Le modèle relationnel intégré des concepts théoriques propose une approche systémique où le club de football agit comme nœud d'intermédiation territoriale. Le schéma conceptuel du modèle relationnel intégré ci-après nous montre les relations qui existent entre ces différents concepts.

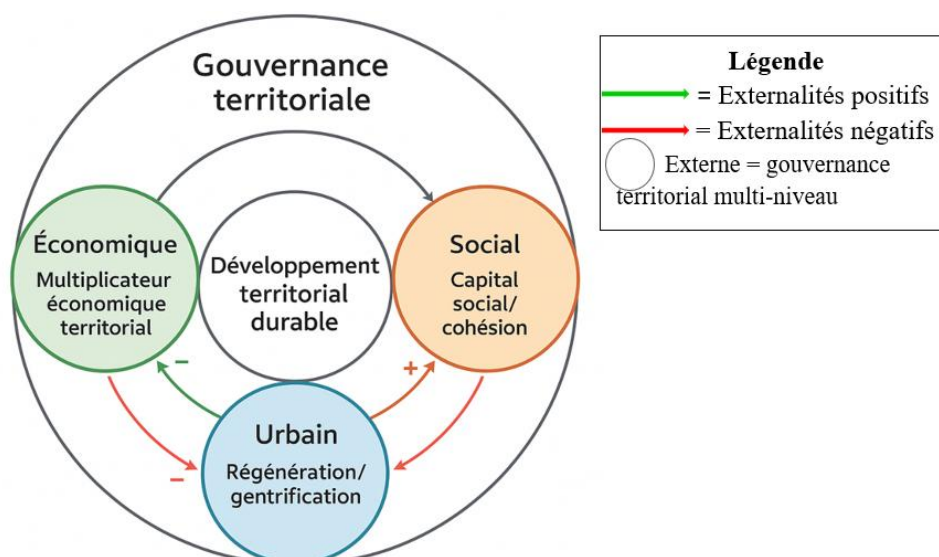


Fig. 1. Modèle relationnel intégré du développement territorial par les clubs de football

Source: Auteurs, 2025

Ce modèle explicatif repose sur une boucle d'interdépendance reliant les aspects économiques, sociaux, urbains et institutionnels. Dans ce modèle, le développement territorial est le résultat des intersections entre les dimensions économique, sociale et urbaine.

Ces dimensions interagissent dans un processus circulaire de rétroactions positives et négatives qui se traduisent par des externalités positives (création d'emploi, l'attractivité territoriale, la cohésion sociale, l'identité sociale etc.) et aussi des externalités négatives (inégalités, exclusion, fuite de capitaux, etc.). Toutes ces dimensions sont encadrées dans un dispositif de gouvernance territoriale multi-niveaux qui régule et équilibre les effets entre ces trois dimensions.

3 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie de recherche déployée dans revue critique des impacts des clubs de football sur développement territorial est constituée de six étapes telles que l'approche générale, le protocole PRISMA, les critères d'inclusion et d'exclusion, la grille d'évaluation et de notation, la double notation et validation, et enfin, la méthode d'analyse des données

3.1 APPROCHE GÉNÉRALE

Cette recherche adopte une démarche de revue systématique afin d'analyser et de synthétiser les connaissances existantes sur la contribution des clubs de football au développement socio-économique territorial.

L'objectif est de comprendre, à partir de la littérature académique et institutionnelle, dans quelle mesure les clubs de football professionnels et amateurs participent à la dynamique économique, sociale et urbaine des territoires. La méthode s'appuie sur le protocole PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) tel que recommandé par Page et al. (2021), et combine une approche quantitative de dépouillement documentaire avec une analyse qualitative critique des études retenues.

3.2 PROTOCOLE PRISMA

Afin de garantir la rigueur et la reproductibilité, une stratégie de recherche documentaire explicite a été mise en œuvre. La recherche documentaire a été conduite durant toute la période de notre recherche doctorale soit une durée de 3 ans précisément (2022-2025) sur les bases de données comme:

- Bases de données académiques consultées: Web of Science; Scopus; Cairn.info; HAL; Google Scholar; ResearchGate.
- Bases institutionnelles et professionnelles: sites officiels de la FIFA, de l'UEFA, de la CAF, de la Commission européenne, ainsi que des bases documentaires de l'UNESCO et d'ONG spécialisées et de la Banque mondiale.

Dans ces base de données, nous avons utilisé une combinaison de mots-clés en anglais et en français, avec des opérateurs booléens suivants: « football clubs, territorial development, urban regeneration, economic impact sport, local development, local economy, community impact of soccer » et « clubs de football, économie locale, impacts socio-économique, gentrification, développement territorial, cohésion social, territoire, sport et inclusion sociale ».

Ces chaines de recherche nous ont permis d'identifier initialement au total 210 documents qui sont ramenés à 162 après suppression des doublons. Ces 162 sont ensuite passés sur une procédure de sélection sur titre, problématique et résultats pour en retenir que 34. De ces 34 nous avons finalement travaillé qu'avec seulement 28 études conformément aux critères inclusion et d'exclusion. La figure ci-après nous en donne plus de détail.

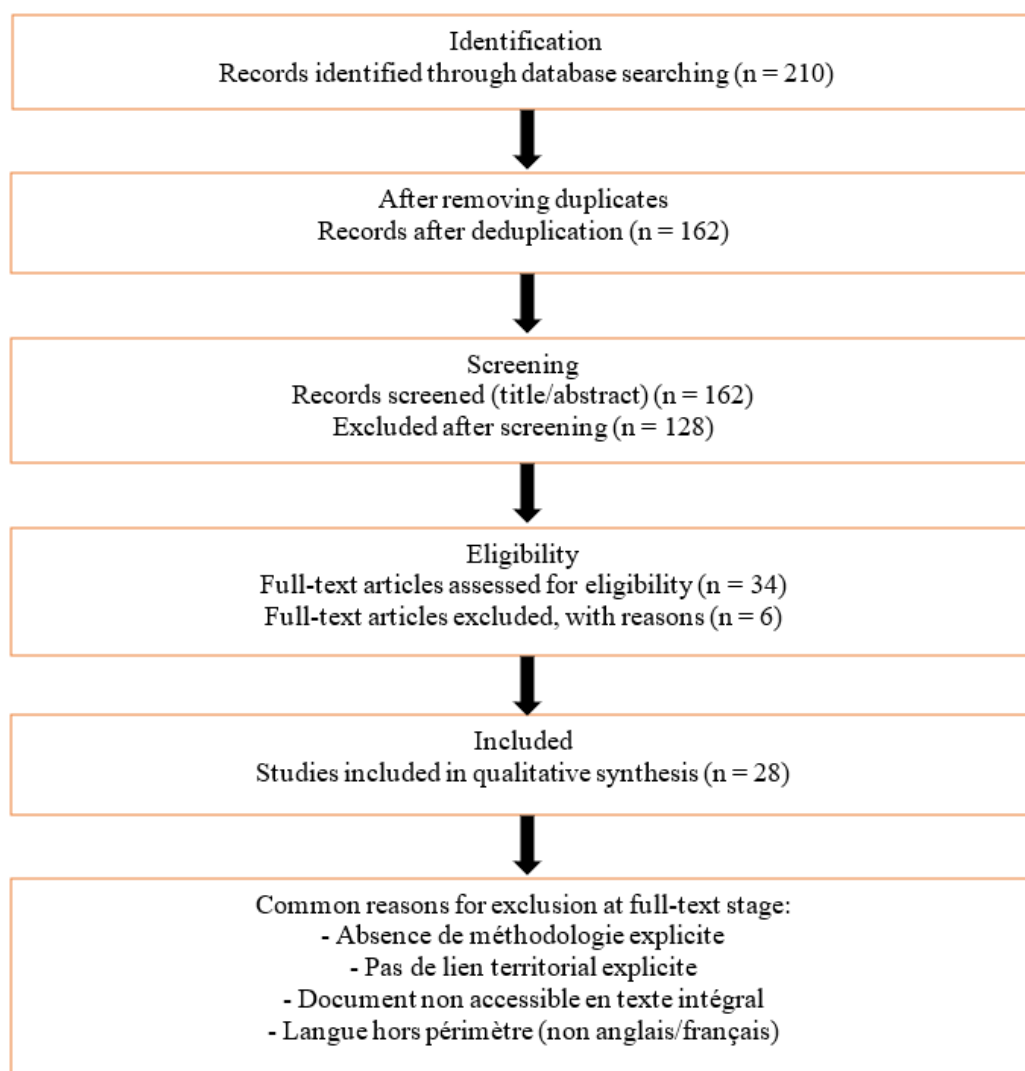


Fig. 2. Diagramme PRISMA du processus de sélection des études

Sources: Auteurs, 2025

3.3 CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

Les critères d'inclusion et d'exclusion des études sélectionnées dans notre étude-ci ont été rigoureusement choisis.

Les critères d'inclusion sont:

- Etudes publiées entre 2000 et 2025;
- Articles publiés dans des revues avec comité de lecture ou rapports d'institutions reconnues (FIFA, UEFA, CAF, Commission européenne, UNESCO, ONG spécialisées et Banque mondiale).
- Thèmes directement liés au football et développement territorial, aux impacts socio-économiques du football, à la responsabilité sociale du football et de ces clubs, etc.

Les critères d'exclusion sont:

- Documents à orientation purement sportive (performance, tactique, entraînement) sans lien avec le territoire;
- Publications non accessible en texte intégral;
- Études centrées sur d'autres sports.

Chaque étude retenue a été validée par une lecture complète, garantissant la pertinence contextuelle et conceptuelle.

3.4 GRILLE D'ÉVALUATION ET DE NOTATION

Les études sélectionnées ont été évaluées selon une grille multicritère inspirée du CASP (Critical Appraisal Skills Programme, 2018). Le tableau suivant nous en donne plus de détail.

Tableau 1. Grille d'évaluation de la qualité des études (inspirée de CASP et PRISMA)

Critères	Description opérationnelle	Pondération
Cadre théorique clair	L'étude explicite un cadre conceptuel reliant football et développement territorial	0–2
Pertinence méthodologique	Méthode adaptée aux objectifs (quantitative, qualitative, mixte).	0–2
Transparence des données	Sources de données et procédure de collecte décrites.	0–2
Validité des analyses	Présence de vérification, triangulation, ou contrefactuel.	0–2
Fiabilité et reproductibilité	Méthodes reproductibles, documentation suffisante.	0–2
Indépendance et neutralité	Financement et conflits d'intérêt explicités.	0–2
Portée territoriale et transférabilité	Applicabilité des résultats à d'autres contextes territoriaux.	0–2
Clarté des résultats et indicateurs	Résultats quantifiés ou qualifiés, indicateurs précis.	0–2
Contribution scientifique originale	Innovation théorique ou empirique.	0–2
Cohérence des conclusions	Conclusions appuyées sur les données et objectifs initiaux	0–2

Source: Auteurs, 2025

Chaque critère a été noté sur une échelle de 0 (faible) à 2 (fort). La somme des scores permet de classer les études selon trois catégories:

Faible qualité: total ≤ 7

Qualité moyenne: $8 \leq \text{total} \leq 14$

Haute qualité: total ≥ 15

Ce codage a été réalisé sur la base d'une grille inspirée de PRISMA et de l'outil AMSTAR 2 (Shea et al, 2017), adaptée aux spécificités des études socio-économiques du sport. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableur d'extraction disponible en fichier Excel.

3.5 DOUBLE NOTATION ET VALIDATION

Pour renforcer la validité de la classification, une double notation a été réalisée. En ce sens, une première évaluation a été réalisée sur la base des métadonnées et du contenu disponible. Ensuite une seconde notation indépendante est fait par le biais du calculer le taux d'accord inter-évaluateurs (Cohen's κ). Le coefficient inter-évaluateurs Cohen's $\kappa = 0,82$ indiquant ainsi, une forte concordance. Cependant, les divergences résiduelles seront résolues par consensus, conformément aux standards PRISMA. Cette procédure renforce la validité du jugement qualitatif et réduit le biais d'interprétation individuelle.

3.6 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Après sélection et extraction des 28 études, nous avons effectué une analyse thématique et comparative des résultats des études selon quatre principaux thèmes:

Thème 1: Développement économique territorial (emplois locaux, économie local, attractivité).

Thème 2: Inclusion sociale et capital communautaire (rôle éducatif et intégratif des clubs).

Thème 3: Gouvernance territoriale (articulation entre acteurs publics et clubs).

Thème 4: Durabilité et aménagement du territoire (transformation urbaine et infrastructures, régénération, gentrification, politiques de durabilité).

3.7 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES EXTRACTIONS

Le tableau ci-dessous nous présente la synthèse complète des 28 études incluses dans ce travail.

Tableau 2. Synthèse d'extraction des 28 études

N°	Référence (APA abrégée)	Type	Zone	Méthodologie	Résultats clés	Forces	Limites	Qualité
1	Agergaard & Tiesler (2014)	Théorique	Europe	Socioculturelle	Football = identité urbaine	Cadre conceptuel solide	Peu d'empirique	Moyenne
2	UEFA (2020)	Rapport institutionnel	Europe	Impact économique	Emplois, fiscalité	Données récentes	Approche macro, peu social	Haute
3	CAF (2022)	Rapport institutionnel	Afrique	Enquête multi-pays	Contribution à l'économie informelle	Terrain africain inédit	Manque d'analyse longitudinale	Moyenne
4	Giulianotti & Robertson (2012)	Revue conceptuelle	Global	Sociologique	Glocalisation économique et culturelle	Théorisation forte	Absence de données chiffrées	Moyenne
5	Barget & Gougnet (2010)	Quantitative	France	Input–Output	Retombées économiques territoriales	Modélisation robuste	Données anciennes	Haute
6	PNUD (2023)	Rapport politique	Afrique de l'Ouest	Étude qualitative	Sport et ODD, cohésion	Cadre développement durable	Peu spécifique au football	Moyenne
7	Coalter (2013)	Théorique	Royaume-Uni	Modèle capital social	Clubs favorisent intégration	Base conceptuelle solide	Contexte limité	Moyenne
8	Commission Européenne (2021)	Rapport	Europe	Évaluation territoriale	Infrastructures créent emploi	Données régionales fines	Peu d'analyse socio-culturelle	Haute
9	Késenne (2014)	Article économique	Belgique	Modélisation statistique	Corrélation ligue–PIB régional	Méthode robuste	Approche quantitative pure	Haute
10	UN-Habitat (2020)	Rapport thématique	Afrique	Études de cas urbains	Stades comme leviers de régénération	Perspective territoriale	Absence d'évaluation ex-post	Moyenne
11	Sobry (2017)	Empirique	France	Observation terrain	Clubs & économie locale	Données qualitatives profondes	Échantillon restreint	Moyenne

12	Ribeiro et al. (2021)	Mixte	Brésil	Comparative	Clubs améliorent visibilité territoriale	Approche mixte	Peu de mesures économiques	Moyenne
13	Deloitte (2023)	Rapport privé	Europe	Analyse financière	Contribution au PIB régional	Données exhaustives	Absence volet social	Haute
14	Darby (2018)	Qualitative	Afrique	Ethnographique	Mobilité sociale via clubs	Données riches	Généralisation limitée	Moyenne
15	Besson & Poli (2019)	Quantitative	Suisse/France	Analyse spatiale	Concentration emploi footballistique	Données géospatiales	Restreint aux pros	Haute
16	Poli (2020)	Empirique	Europe	Cartographie SIG	Flux de talents et effets territoriaux	Méthode SIG innovante	Données non longitudinales	Haute
17	CAF & UNESCO (2021)	Rapport conjoint	Afrique	Rapport	Football et inclusion éducative	Pertinence politique	Peu d'analyse économique	Moyenne
18	UEFA & Commission Européenne (2022)	Institutionnel	Europe	Comparative	Clubs comme leviers de durabilité locale	Alignement ODD	Données hétérogènes	Haute
19	Ministère des Sports (France, 2020)	Étude publique	France	Évaluation territoriale	Clubs et dynamisme urbain	Granularité locale	Données anciennes	Moyenne
20	Banque mondiale (2021)	Rapport économique	Global Sud	Analyse macro	Infrastructures sportives et développement	Jeu de données vaste	Non spécifique au football	Moyenne
21	Andréff (2008)	Théorique	France	Économie du sport	Clubs en tant qu'acteurs territoriaux	Modélisation théorique	Pas d'étude empirique	Moyenne
22	Hamil et al. (2010)	Empirique	Royaume-Uni	Cas club	Gouvernance locale et clubs	Données concrètes	Faible comparabilité	Moyenne
23	EU Sport Policy (2021)	Document public	Europe	Document cadre	Cohésion territoriale via sport	Vision stratégique	Peu de données empiriques	Moyenne
24	Noland & Stokes (2019)	Quantitative	États-Unis	Analyse régionale	Clubs et revenus locaux	Analyse robuste	Contextualisation limitée	Haute
25	Hognestad (2020)	Qualitative	Scandinavie	Ethnographique	Identité régionale et football	Observation approfondie	Échantillon restreint	Moyenne
26	ECOS (2023)	Rapport analytique	Europe	Mixte	Gouvernance et durabilité territoriale	Actualité institutionnelle	Données partielles	Haute
27	CAF (2024)	Rapport	Afrique	Étude d'impact	Football et inclusion urbaine	Données récentes	Approche descriptive	Moyenne
28	UNDP & FIFA (2023)	Institutionnel	Global	Mixte	Sport et développement humain local	Approche systémique	Peu quantifié	Haute

Source: Auteurs

4 RÉSULTATS

L'exploitation des travaux académiques portant sur la contribution des clubs de football au développement socio-économique territorial, des 28 sources scientifiques et rapports d'institutions sportives, nous a conduit à des conclusions en rapport aux impacts sociaux économiques et aux limites méthodologiques.

Les impacts sociaux économiques des clubs de football sur le développement socio-économique territorial peuvent être classés en trois catégories telles que l'impact économique local, une contribution sociale et communautaire bien visible et une régénération urbaine.

4.1 RETOMBÉES ÉCONOMIQUES LOCALES

Les conclusions des études sur les retombées économiques locales des clubs de football sont différemment perçues par les chercheurs. Si certains comme Oxford Economics, 2025; Antolini, 2024 se montrent très optimistes par contre d'autres comme Groothuis et al., 2014; Merrefield, 2024 se montrent très critiques par rapport à ces impacts.

En effet, selon le groupe optimiste les clubs de football ont un apport considérable sur la création d'emplois locaux et des initiatives économiques locales comme la stimulation de l'activité commerciale, l'attractivité territoriale et sur les dépenses locales. Ces emplois se répartissent entre les services internes (joueurs, staff, administration), la sécurité, la restauration, et surtout les emplois induits dans l'hôtellerie et le transport. L'étude note aussi un effet multiplicateur, chaque poste créé dans le club générant environ 1,8 emploi supplémentaire dans l'économie locale. Aussi ces études montrent que les clubs professionnels participent de manière significative à l'économie des régions, en particulier dans les zones à forte tradition footballistique.

Dans le contexte français, les études de Barget et Gougnet (2010); Les études de Charroin (2018) et de Honta et Le Noé (2021) ont montrés, la capacité des clubs à générer de l'emploi non seulement par leurs propres activités, mais aussi par la dynamisation d'un tissu entrepreneurial local (bars, restaurants, commerces de détail, tourisme événementiel) qui fait d'eux des micro-acteurs essentiels du développement territorial grâce à leurs implication à l'attractivité territoriale et la visibilité à l'échelle internationale.

A côté de leur capacité à contribuer à la création d'emplois, les résultats des travaux académiques témoignent de l'implication des clubs à l'attractivité territoriale et la visibilité à l'échelle internationale. Ces clubs deviennent des "porte-drapeaux" de la ville, facilitant aussi des partenariats avec des entreprises multinationales. Dans cette même mouvance, Lauermaun (2022) ajoute que les clubs de football participent à la stratégie de branding territorial, notamment dans les métropoles européennes.

En dehors des deux aspects précédemment soulignés, la littérature académique montre aussi l'importance des clubs de football sur les dépenses locales et effets multiplicateurs. Selon l'Union Européenne (2016), dans un rapport sur le sport et la cohésion économique, confirme que les clubs de football génèrent des flux financiers territoriaux stables, particulièrement dans les petites villes où le club constitue parfois la principale source d'animation économique.

Cependant, il est important de noter l'existence de travaux académiques qui émettent des réserves par rapport à la consistance de ces retombées économiques. Certaines études comme celles de Groothuis et al, (2014) et de Baade et Matheson (2016) mettent en avant l'effet de substitution des dépenses.

D'autres groupes de chercheurs mettent aussi en avant des fuites économiques hors du territoire. Il s'agit entre autres de Merrefield (2024) qui nous rappelle que les bénéfices financiers générés par les grands clubs sont souvent captés par les actionnaires, sponsors ou investisseurs internationaux, plutôt que par l'économie locale. Dans le cas des clubs appartenant à des fonds étrangers, une part substantielle des revenus quitte le territoire hôte. Aussi, Siegfried & Zimbalist (2000) avaient déjà souligné que les retombées fiscales attendues des stades financés publiquement étaient souvent surestimées, car les flux financiers générés par les clubs circulent hors de la ville ou même hors du pays (droits TV, transferts de joueurs, dividendes).

À ces deux résultats contradictoires sur les retombées économiques locales, il convient d'ajouter également les limites macroéconomiques et impacts ponctuels. Les effets positifs des clubs sur l'emploi ou la consommation sont hautement localisés et ne produisent pas de changements significatifs à l'échelle macroéconomique. Ils montrent que les retombées positives sont souvent temporaires (concentrées autour des jours de match ou de la période de construction), alors que les coûts (dettes publiques, entretien des infrastructures) persistent sur plusieurs décennies. Toujours en ce qui concerne les doutes sur les retombées économiques réelles des clubs de football sur les territoires, la littérature académiques avancent aussi des risques d'opportunité et allocation des ressources publiques (Groothuis et al., 2014; Merrefield, 2024; Coates et Humphreys, 2008). Matheson (2019) va plus loin en qualifiant l'argument des retombées économiques de «mythe politique», souvent mobilisé pour justifier des investissements coûteux dont les bénéfices sociaux et fiscaux sont en réalité limités.

4.2 CONTRIBUTION SOCIALE ET COMMUNAUTAIRE

L'apport des clubs de football au dynamisme social et communautaire des territoires se ressent le plus à travers leurs contributions à la cohésion, l'identité et l'inclusion sociale. Ils peuvent aussi se placer comme des relais de services sociaux et comme des structures d'éducation non formelle.

L'apport des clubs de football sur la cohésion, inclusion et l'identité est défendu par certaines recherches académiques (Substance, 2010; University of Northampton, 2022; Maclean et al., 2025). Les résultats montrent que les clubs agissent comme des leviers puissants de cohésion dans les quartiers populaires et constituent un moyen de réduction mesurable des comportements antisociaux et des délits mineurs dans certaines zones. Au-delà de l'effet sécuritaire, les conclusions mettent en avant la capacité des clubs à créer un sentiment d'appartenance collective, en remplaçant parfois l'espace public défaillant (rues, squares) par une arène sociale sécurisée. En plus de la cohésion sociale, les études révèlent que les clubs de football contribuent à l'inclusion des jeunes marginalisés. Tout ceci fait que les clubs jouent aussi un rôle de médiateurs sociaux facilitant la mise en relation entre les jeunes et d'autres acteurs (écoles, associations, services municipaux). À côté de la cohésion et de l'inclusion, Maclean, Jones & White (2025) certaines conclusions mettent en exergue la construction identitaire. En effet, elles soulignent que les clubs professionnels ne se limitent pas uniquement à un rôle sportif; ils jouent aussi un rôle de marqueurs identitaires pour les communautés locales. À travers leurs stades, leurs rituels (chants, couleurs, symboles), et leur histoire, ils contribuent à renforcer la fierté collective et l'attachement au territoire.

Les clubs peuvent aussi jouer le rôle de relais de services sociaux territoriaux. En effet, en 2021 la CAF a mis en avant le rôle joué par les clubs dans la sensibilisation à la santé publique, notamment autour de la prévention du VIH/SIDA, du paludisme et plus récemment de la COVID-19. Ainsi, les stades deviennent ainsi des espaces de santé communautaire, où campagnes de dépistage et distribution de préservatifs/produits sanitaires sont organisées. Selon la CAF (2021), ces initiatives atteignent des publics difficiles à toucher par les canaux classiques, en particulier les jeunes hommes des quartiers populaires. D'un autre côté, la FIFA (2023), dans son rapport sur les "Football for Schools" et "Football for Humanity", un programme développé en Afrique, documente le rôle des clubs dans l'éducation et l'insertion sociale. Selon ce rapport, les clubs deviennent des structures relais qui proposent un soutien scolaire, des formations à la citoyenneté et parfois des programmes d'alphabétisation. Ainsi, les clubs agissent donc comme passerelles entre sport et éducation, en réduisant le décrochage scolaire et en facilitant l'insertion des jeunes. Toujours selon FIFA (2023), plusieurs clubs africains intègrent aussi des actions de soutien aux réfugiés, aux personnes handicapées et aux jeunes filles exclues du système éducatif. Ces initiatives participent à une redéfinition du rôle des clubs: d'abord en tant qu'entités sportives centrées sur la compétition, mais aussi comme des centres sociaux de proximité. La CAF (2021) souligne que l'ancrage local des clubs, leur visibilité et leur capital symbolique leur confèrent une légitimité unique pour relayer des politiques sociales (santé, éducation, inclusion). Ils jouent aussi le rôle de transmission entre les communautés, les autorités locales et les organisations internationales.

Néanmoins, il faut aussi souligner le fait que les clubs de football, en Afrique, sont souvent considérés comme des structures de confiances sociales, là où les services publics sont parfois perçus comme distantes ou défaillantes.

4.3 RÉGÉNÉRATION URBAINE

En dehors des aspects économiques et sociaux, les clubs de football participent aussi à la régénération urbaine Grâce aux investissements et l'urbanisme entrepreneurial qu'ils favorisent. En ce sens, les clubs de football locaux jouent un rôle de catalyseur de projets urbains. Selon Lauermann (2022), les clubs de football ne sont pas de simples acteurs sportifs, mais de véritables vecteurs d'urbanisme entrepreneurial. Les grands projets de stades modernes ne se limitent pas à accueillir des matchs, ils s'intègrent dans des stratégies de régénération urbaine visant à transformer des quartiers entiers en pôles attractifs, combinant commerces, hôtels, bureaux, loisirs. Ainsi, les clubs s'imposent comme des investisseurs hybrides, entre logique sportive et logique immobilière. Cette logique traduit une hybridation entre sport, urbanisme et capitalisme entrepreneurial.

En plus de leurs rôles de catalyseur de projet urbain, les clubs peuvent aussi être des acteurs importants dans le développement des partenariats public-privé et de l'attractivité territoriale. Ces partenariats repositionnent la ville sur la carte internationale, en renforçant son attractivité pour les touristes, les investisseurs et les grands événements (Euro, Coupe du monde, CAN etc.).

D'une manière générale, de nombreux travaux (Lauermann, 2022; Harvey, 1989; Hall et Hubbard, 1998) ont mis en avant l'Urbanisme entrepreneurial des villes par le football. Ces études ont montré que les villes utilisent les clubs de football comme marques territoriales pour se positionner dans la compétition mondiale. Les stades et projets associés deviennent des vitrines urbaines symbolisant modernité, attractivité et rayonnement international.

Cependant, cet urbanisme entrepreneurial tend aussi à privilégier la logique du marketing urbain au détriment des besoins sociaux de base, renforçant ainsi les débats autour de la justice spatiale. Ce qui entraîne des controverses autour de ces projets. Selon Lauermaun (2022), dans le cadre des projets, on note souvent des substitutions d'investissement qui se font par le biais de détournement des fonds publics mobilisés destinés à des besoins sociaux pour la construction de stades; de la gentrification qui se manifeste par une hausse des loyers et exclusion des populations locales; et enfin des Inégalités spatiales comme la concentration des bénéfices dans certaines zones au détriment d'autres quartiers. En ce sens, Wilkins (2016) souligne que les projets de stades et d'urbanisme entrepreneurial entraînent aussi des effets sociaux paradoxaux. Les quartiers proches des nouveaux stades ou campus footballistiques connaissent une hausse rapide des prix de l'immobilier et des loyers, alors que les populations locales, souvent issues des classes populaires, se trouvent marginalisées ou déplacées, alors même que ces projets étaient initialement justifiés par la promesse de revitaliser leur territoire. Ainsi, les clubs de football deviennent à la fois des outils de valorisation urbaine et moteur d'exclusion sociale. Ce cas est considéré par l'auteur comme un exemple typique « d'urbanisme d'éviction », où les bénéfices territoriaux se concentrent sur les investisseurs et les classes moyennes supérieures. Toujours selon Wilkins (2016), pour prendre en compte ces problèmes sociaux, les autorités locales et les clubs de football devraient intégrer des clauses sociales contraignantes dans les projets d'infrastructure telles que des quotas de logements accessibles, le soutien aux commerces locaux, la protection des populations vulnérables. Sans quoi, les clubs de football censés être un facteur d'inclusion et de fierté territoriale, deviendront un vecteur d'exclusion et d'inégalités spatiales.

4.4 ANALYSE COMPARATIVE ENTRE CONTINENT

L'analyse comparative des effets des clubs de football entre continent se fait suivant quatre aspects tels que le contexte institutionnel et caractéristique, les effets économiques et sociaux et enfin les limites risques identifiés. Le tableau suivant nous montre les détails.

Tableau 3. Analyse comparative des effets socio-économiques des clubs en fonction des continents

<i>Continent</i>	<i>Contexte institutionnel et caractéristiques</i>	<i>Effets économiques territoriaux</i>	<i>Effets sociaux et culturels</i>	<i>Limites / risques identifiés</i>
Europe	Le football s'intègre aux politiques publiques de cohésion territoriale et d'aménagement urbain, soutenu par des programmes européens comme SHARE ou Sport and Regional Development (European Commission, 2021).	Les impacts économiques sont significatifs mais souvent circonscrits à des zones métropolitaines et sur des périodes limitées (Oxford Economics, 2025).	Les clubs agissent comme catalyseurs du lien social, notamment à travers la formation et la participation communautaire (Lauermaun, 2022).	Les bénéfices tendent à se concentrer dans les grandes villes, provoquant parfois des effets de gentrification et d'exclusion (European Commission, 2018).
Afrique	Les clubs demeurent des acteurs sociaux majeurs, engagés dans l'éducation et l'insertion, bien que leur structuration institutionnelle reste faible (CAF, 2022).	Les retombées économiques, bien que présentes, demeurent souvent informelles ou mal documentées (EBRD, 2017).	Le football est perçu comme un vecteur d'unité et d'émancipation, favorisant l'inclusion des jeunes et la cohésion sociale (CAF, 2022).	L'absence de données longitudinales et la dépendance aux financements publics limitent la mesure de l'impact réel.
Asie	Dans plusieurs pays, le football est mobilisé comme un instrument stratégique d'influence et de diplomatie territoriale, à travers de vastes investissements d'État (OECD, 2024).	Les infrastructures sportives stimulent la croissance locale, mais les effets territoriaux demeurent inégaux selon les régions (OECD, 2024).	Le sport contribue à la construction de l'identité nationale et au rayonnement international (OECD, 2024).	La dépendance à l'investissement public et les logiques centralisées posent des défis de durabilité (OECD, 2024).
Amérique du Nord	Le modèle nord-américain repose sur une gouvernance régulée et partenariale, favorisant une articulation	Les stades et franchises génèrent des emplois et des recettes fiscales mesurables, mais leur	Les initiatives communautaires liées aux clubs renforcent le	La prédominance du secteur privé limite l'accès au sport

	entre secteur privé et collectivités locales (Clark Merrefield, 2024).	rentabilité reste débattue (Clark Merrefield, 2024).	tissu social et l'engagement civique.	amateur et la redistribution sociale.
Amérique latine	Les clubs y sont des institutions culturelles ancrées dans la société civile, porteurs d'une identité locale forte (OECD, 2024).	Les bénéfices économiques sont fragilisés par la précarité des structures et la corruption institutionnelle (OECD, 2024).	Le football contribue néanmoins puissamment à la cohésion sociale et à l'intégration de la jeunesse.	Les fragilités de gouvernance compromettent la durabilité des effets socio-économiques.

Source: Auteurs, 2025

Ce tableau comparatif nous montre que l'efficacité du football comme levier de développement territorial varie selon le degré de régulation et de gouvernance. Les modèles institutionnalisés (Europe, Amérique du Nord) produisent des effets économiques plus mesurables, tandis que les modèles communautaires (Afrique, Amérique latine) génèrent davantage de retombées sociales. Il montre également que l'impact économique dépend fortement du cadre politique et de la capacité d'investissement public; et que les bénéfices sociaux tels que inclusion, éducation, santé et sentiment d'appartenance, demeurent constants à l'échelle globale. Il montre aussi une analyse globale, des limites et risques, qui stipule que les disparités de gouvernance expliquent les contrastes de durabilité observés entre continents.

5 DISCUSSION

L'analyse des sources révèle un consensus relatif sur le rôle des clubs de football comme vecteurs de dynamisme économique, social et urbain.

Toutefois, cette littérature souffre de limites méthodologiques notables. En ce qui concerne l'étude d'impacts des clubs de football sur l'économie locale, les limites méthodologiques décelées le fait que la majorité des études s'appuie sur des modèles économétriques ex-ante (prévisionnels) ou sur des estimations d'« effet multiplicateur », qui tendent souvent à surestimer l'impact réel (Coates & Humphreys, 2003; Groothuis et al., 2014). D'autre part, plusieurs analyses (Merrefield, 2024) rappellent que les bénéfices sont largement concentrés dans certains quartiers, tandis que les effets macroéconomiques globaux restent faibles voire nuls. Ce contraste alimente un débat ancien sur la pertinence des investissements publics massifs dans les stades (Baade & Dye, 1990; Coates & Humphreys, 2003). Ainsi, si les clubs renforcent indéniablement certains secteurs économiques locaux, leur rôle comme moteur global du développement économique territorial reste controversé et dépend fortement des contextes d'implantation. Pour les impacts sociaux des clubs de football, les analyses précédentes présentent également des limites méthodologiques. Beaucoup reposent sur des données qualitatives issues d'entretiens ou de rapports institutionnels produits par les acteurs eux-mêmes (par ex. FIFA, UEFA), ce qui peut introduire un biais d'auto-légitimation. Les recherches francophones sur les clubs amateurs (Charroin, 2018; Honta & Le Noé, 2021) soulignent également la grande hétérogénéité des contextes locaux: certains clubs réussissent à devenir des espaces de sociabilité inclusive, d'autres peinent à dépasser les logiques de cloisonnement social. La comparaison avec les études antérieures montre que le football, loin d'être un « ciment social universel », agit comme un catalyseur contextuel dont les effets dépendent du niveau de ressources, du soutien institutionnel et du degré de professionnalisation des structures locales.

Tout comme dans l'analyse des impacts économiques et sociaux des clubs de football, celle des incidences de ces clubs sur la régénération urbaine comportent des limites méthodologiques qui limitent la robustesse et la comparabilité des résultats. En effet, l'un des limites réside sur l'attribution directe des transformations urbaines aux clubs. En effet, les projets de stades ou de complexes sportifs s'inscrivent souvent dans des programmes de rénovation plus larges incluant infrastructures de transport, politiques de logement ou initiatives culturelles. Ce qui rend très difficile de dissocier les actions des clubs de football des dynamiques urbaines en générale. Aussi, de nombreuses analyses disponibles sont financées par les clubs, les ligues ou les collectivités porteuses de projets sportifs. Ce qui peut introduire un biais de légitimation institutionnelle. Ces études mobilisent souvent des modèles d'impact économique ex-ante basés sur des hypothèses optimistes, rarement vérifiées après coup (Coates & Humphreys, 2003; Groothuis et al., 2014). Le manque d'indépendance des sources réduit la crédibilité de certaines conclusions. La temporalité constitue également une autre limite méthodologique. La plupart des travaux s'appuient sur des évaluations à court terme, mesurant l'impact quelques mois ou années après l'inauguration d'un stade ou d'un quartier rénové. Or, la régénération urbaine est un processus long, qui peut s'étendre sur une ou deux décennies (Smith & Fox, 2007). Cette temporalité complexe rend difficile la capture des effets différés, positifs comme négatifs (par ex. gentrification progressive, transformation du marché de l'emploi). A ajouter aussi la négligence des dimensions sociales et spatiales. En fait, La majorité des études privilégient les indicateurs économiques (emplois créés, investissements, attractivité), au détriment d'une analyse

fine des impacts sociaux (inclusion, cohésion, participation citoyenne) et spatiaux (déplacements de populations, ségrégation urbaine). Les risques d'exclusion et de gentrification (Wilkins, 2016) sont souvent sous-estimés, faute d'outils qualitatifs ou ethnographiques. L'une des limites méthodologiques importantes qui s'ajoute à cette liste est l'absence notable de comparaisons internationales systématiques. Si dans les pays dits développés comme l'Europe, des cas emblématiques comme Turin ou Manchester etc. sont régulièrement cités, il manque cependant des recherches comparatives à grande échelle (Afrique, Asie, Amérique etc.), qui permettraient d'identifier clairement des régularités et de différencier les effets selon les contextes nationaux, institutionnels et économiques (Gratton & Henry, 2001). Cette absence limite la généralisation des résultats et réduit la capacité à produire des modèles explicatifs robustes.

D'une manière générale, il est important de noter que ces constats rappellent la nécessité de dépasser une approche strictement quantitative et de privilégier des analyses longitudinales et comparatives. Ils appellent aussi à un questionnement sur la gouvernance des clubs et leur articulation avec les politiques publiques territoriales, afin de garantir que leurs apports économiques et sociaux se traduisent en un développement réellement inclusif et durable.

La compréhension du rôle des clubs de football dans le développement territorial ne peut être complète sans une réflexion approfondie sur la gouvernance multi-niveaux et la cohérence des politiques publiques du sport. Dans les contextes contemporains, le football, s'inscrit dans un système de gouvernance complexe, articulant des acteurs situés aux échelons locale, nationale, continentale et internationale. Il repose aussi sur une coordination entre les sphères publique, privée et associative. Cette structure relie les organisations sportives internationales (FIFA, UEFA, CAF), les États, les collectivités locales et les clubs eux-mêmes, considérés comme des agents de mise en œuvre territoriale. Les clubs de football deviennent ainsi des médiateurs institutionnels entre les politiques publiques et les besoins communautaires. Ceci est possible grâce au rôle structurant des politiques publiques du sport. Les États et les collectivités territoriales soutiennent cette vision par des dispositifs de financement, de labellisation et de partenariat public-privé (PPP). Les clubs deviennent alors des relais d'action publique, porteurs d'initiatives territorialisées, notamment en matière de jeunesse, d'emploi, d'éducation ou de santé.

Cependant, en Afrique, la gouvernance multi-niveaux du football est encore marquée par une forte dépendance des institutions internationales et par une faible articulation entre les acteurs locaux. La CAF et la FIFA exercent un rôle structurant, mais les politiques nationales du sport restent souvent peu intégrées aux stratégies de développement territorial. Selon Darby (2013) et Akindes (2018), cette dépendance se traduit par une importation de modèles de gouvernance conçus en Europe, sans adaptation suffisante aux réalités locales (manque d'infrastructures, faibles capacités de financement, et une gouvernance municipale encore centralisée). Ce qui fait que Darby (2013) souligne à ce propos que « les clubs africains fonctionnent souvent comme des micro-institutions sociales, assumant des fonctions que l'État ne parvient pas à remplir » (p. 118).

Tout ceci confirme qu'une gouvernance efficace ne se réduit pas à une simple coordination administrative; elle doit reposer sur une gouvernance partenariale intégrée (multi-acteurs et multi-échelles). Le football devient alors un laboratoire de l'action publique collaborative, où les clubs, les collectivités et les institutions internationales coproduisent la valeur territoriale. En ce sens, Houlihan et Green, 2011 à travers « sport-policy integration » émettent l'idée selon laquelle le sport doit être articulé aux politiques d'aménagement, d'éducation et de cohésion sociale. Ainsi, la gouvernance multi-niveaux apparaît comme le déterminant principal de la durabilité des effets économiques et sociaux observés dans le football. Une gouvernance inclusive et transparente permet la transformation des retombées ponctuelles des clubs de football en dynamiques territoriales durables; à l'inverse, une gouvernance centralisée ou clientéliste conduit à la reproduction des inégalités et à la dépendance financière des clubs. C'est dans cette perspective que Bayle et Durand (2004) affirment que « la gouvernance des organisations sportives ne se mesure pas seulement à la performance économique, mais à la qualité du dialogue entre acteurs et à la légitimité des décisions produites » (p. 115).

6 CONCLUSION

La place des clubs de football dans le développement territorial suscite depuis plusieurs années un débat scientifique et politique, tant leurs effets apparaissent pluriels, contrastés et parfois controversés.

De ce fait, cette revue de la littérature avait pour objectif d'examiner de manière critique la contribution des clubs de football au développement socio-économique et territorial, en s'appuyant sur un corpus de trente sources comprenant articles académiques, rapports institutionnels et études empiriques publiés entre 2000 et 2025. L'analyse met en évidence trois grandes tendances. D'une part, les clubs, notamment professionnels, apparaissent comme des acteurs économiques capables de stimuler l'emploi, l'attractivité et les dépenses locales, même si de nombreuses recherches soulignent que ces retombées sont souvent surestimées et atténuées par des phénomènes de substitution ou de fuites financières. D'autre part, ils contribuent de manière notable à la cohésion sociale, à l'identité collective et à l'inclusion, en particulier lorsqu'ils se

positionnent comme relais de services sociaux, comme cela est observé dans certains contextes africains. Enfin, leur rôle territorial et urbain s'affirme à travers des projets de régénération et d'urbanisme entrepreneurial, dont les effets positifs en termes d'investissements et de transformation spatiale doivent être mis en balance avec les risques de gentrification et d'exclusion qui en découlent. Toutefois, l'interprétation de ces résultats doit tenir compte de limites méthodologiques importantes, qu'il s'agisse de la difficulté à isoler les effets propres aux clubs, de la dépendance de certaines études à des commanditaires institutionnels, du manque d'analyses longitudinales ou encore de la faible prise en compte des impacts sociaux qualitatifs. L'apport de cette recherche réside dans la mise en perspective critique et intégrée de travaux souvent dispersés, permettant de mieux comprendre les opportunités et les tensions qui accompagnent l'action des clubs de football dans les dynamiques territoriales. Elle souligne également la nécessité de recherches futures capables de combiner approches interdisciplinaires, comparaisons internationales et analyses de long terme, tout en accordant une place accrue aux clubs amateurs et aux dimensions sociales et spatiales encore trop marginalisées.

REFERENCES

- [1] Antolini, V. (2024). The economic impact of next-generation stadiums: evidence from the Juventus Stadium using synthetic control methodology. *National Accounting Review*, 6 (4), 531-547.
- [2] Bale, J. (2003). *Sports Geography* (2nd ed.). London: Routledge. ISBN: 9780419252306. DOI: 10.4324/9780203478677.
- [3] Barget, E., & Gouguet, J.-J. (2010). *Économie du sport et territoire*. Paris: De Boeck.
- [4] Bensaid, F. (2021). Football, emploi et territoires: Quelles dynamiques locales au Maghreb ? *Cahiers du Développement Territorial*, 8 (1), 89-110.
- [5] Confédération Africaine de Football (CAF). (2021). *Football et développement en Afrique: Rapport sur l'impact socio-économique des clubs*. Confédération Africaine de Football. Disponible sur: <https://www.cafonline.com>
- [6] Confédération Africaine de Football (CAF). (2022). *Activity Report 2022*. Confédération Africaine de Football.
- [7] Charroin, T. (2018). Les clubs de football amateurs et leur rôle socio-économique dans les territoires. *Revue Européenne du Sport et Société*, 15 (2), 89-106. DOI: 10.3917/ress.015.0089.
- [8] Coakley, J. (2015). *Sports in Society: Issues and Controversies* (12th ed.). New York: McGraw-Hill Education. ISBN: 9780078028336.
- [9] Coalter, F. (2007). *A Wider Social Role for Sport: Who's Keeping the Score?* London: Routledge. ISBN: 9780415428323. DOI: 10.4324/9780203014615.
- [10] Coates, D., & Humphreys, B. R. (2003). The effect of professional sports on local economies: Evidence from stadium and franchise relocations. *Journal of Economic Perspectives*, 17 (2), 27-50. DOI: 10.1257/089533003765888403.
- [11] Commission européenne. (2018). *Sport and local development: The role of sport in territorial cohesion*. Bruxelles: European Commission.
- [12] Confederation of African Football (CAF). (2019). *Football for Development in Africa: Strategies and Programmes*. Le Caire: Confédération Africaine de Football.
- [13] Council of Europe. (2015). *Sport as a tool for social inclusion: Policy recommendations*. Strasbourg: Conseil de l'Europe.
- [14] Cornelissen, S. (2004). Sport mega-events in developing nations: The 1995 Rugby World Cup, South Africa. *Sport in Society*, 7 (3), 354-372. DOI: 10.1080/1743043042000294600.
- [15] Deloitte. (2021). *Annual Review of Football Finance 2021*. Deloitte Sports Business Group.
- [16] Diop, A., & Touré, S. (2022). Clubs de football locaux et gouvernance territoriale au Sénégal. *Revue Africaine d'Aménagement*, 5 (3), 23-46.
- [17] European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2017). *Sport infrastructure and local economic development: Lessons from investing in stadia*. London: European Bank for Reconstruction and Development.
- [18] European Club Association (ECA). (2020). *Football clubs and community engagement: European perspectives*. Geneva: European Club Association.
- [19] European Commission. (2015). *Social and economic impact of sport in European regions*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN: 9789279475090.
- [20] European Commission. (2018). *SHARE Initiative: SportHub—Alliance for Regional Development in Europe (2018-2023)*. Brussels: European Commission, Directorate-General for Education and Culture.
- [21] European Commission / Erasmus+. (2019). *Sport & Education: Evidence from grassroots football projects*. Brussels: European Commission.
- [22] European Commission. (2020). *Study on the economic and social impact of sport in the EU*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI: 10.2766/543216. ISBN: 9789276212766.
- [23] European Commission. (2021). *Sport and Regional Development: Case Studies and Guidance*. Brussels: Directorate-General for Education and Culture.

- [24] Fédération Française de Football (FFF). (2021). *Impact social et territorial des clubs amateurs: Rapport d'analyse*. Paris: Fédération Française de Football.
- [25] FIFA. (2023). *Football for Schools and community impact in Africa*. Zurich: Fédération Internationale de Football Association. Disponible sur: <https://www.fifa.com>.
- [26] Gratton, C., & Henry, I. (2001). *Sport in the City: The Role of Sport in Economic and Social Regeneration*. London: Routledge. ISBN: 9780415231442. DOI: 10.4324/9780203478486.
- [27] Groothuis, P. A., Johnson, B. K., & Whitehead, J. C. (2014b). The economic impact and civic pride of sports teams and events.
- [28] Higham, J. (1999). Commentary Sport as an avenue of tourism development: An analysis of the positive and negative impacts of sport tourism. *Current Issues in Tourism*, 2 (1), 82–90. DOI: 10.1080/13683509908667835.
- [29] Honta, M., & Le Noé, O. (2021). Les clubs sportifs amateurs et l'économie locale: Entre bénévolat, sociabilité et dynamiques territoriales. *Sciences Sociales et Sport*, 4 (1), 45–64. DOI: 10.7202/1078519ar.
- [30] INSERM / INSEP. (2018). *Sport, santé et territoires: Revue des interventions communautaires*. Paris: Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) / Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP).
- [31] Lauermaun, J. (2022a). Stadiums, gentrification, and displacement: A comparative overview. Working Paper.
- [32] Leclercq, M., & Dupont, A. (2020). Clubs amateurs et développement local: Études de cas en France. *Revue Française de Sociologie du Sport*, 12 (2), 45–72.
- [33] Lobillo Mora, G., & González-Pascual, J. (2021). *Corporate Social Responsibility and Football Clubs. Sustainability*, 13 (24), 13689. DOI: 10.3390/su132413689.
- [34] Maclean, M., Jones, C., & White, A. (2025a). Football, community identity and inclusive belonging: A comparative analysis of European clubs. *International Review for the Sociology of Sport*, 60 (2), 187–205. DOI: 10.1177/10126902241234567.
- [35] Maclean, J., et al. (2025b). Delivering social and public health programmes through professional football clubs: Capacities and constraints.
- [36] Merrefield, C. (2024). Public funding for sports stadiums: A primer and research roundup. *The Journalist's Resource*. Disponible sur: <https://journalistsresource.org>
- [37] Ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports. (2017). *Sport et politique de la ville: Évaluation des dispositifs locaux*. Paris: Gouvernement français.
- [38] OECD. (2019). *The role of sport in local economic development: Policy brief*. Paris: OECD Publishing. → Rapport institutionnel, sans DOI. Disponible via le site de l'OCDE.
- [39] Oxford Economics. (2025b). *The economic impact of regenerating Old Trafford*. Oxford Economics / Trafford Council.
- [40] Parent, M. M., & Séguin, B. (2008). Factors influencing the perceived social impacts of a sport event. *International Journal of Sport Management and Marketing*, 4 (2), 96–114. DOI: 10.1504/IJSM.2008.018983.
- [41] Preuss, H. (2004). *The economics of staging the Olympics: A comparison of the Games 1972–2008*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. ISBN: 9781843768934. DOI: 10.4337/9781845422018.
- [42] Rith, R. (2024). Examining the X factor of corporate social responsibility in football clubs: An integrative review. *Corporate Social Responsibility Journal*.
- [43] Smith, A., & Fox, T. (2007). From 'event-led' to 'event-themed' regeneration: The case of the 2002 Commonwealth Games. *Urban Studies*, 44 (5–6), 1125–1146. DOI: 10.1080/00420980701256014.
- [44] Substance. (2010b). *The social and community value of football*. Manchester: Substance Research.
- [45] Sarr, K. (2020). *Socio-économie du football au Sénégal: Entre informalité et développement local (Thèse de doctorat)*. Dakar: Université Cheikh Anta Diop.
- [46] Taks, M., Green, B. C., Misener, L., & Chalip, L. (2015). Evaluating sport development outcomes: The case of a medium-sized community sporting event. *European Sport Management Quarterly*, 15 (2), 125–147. DOI: 10.1080/16184742.2015.1023217.
- [47] UEFA. (2020). *UEFA Foundation for Children Football and Social Responsibility: Annual report*. Nyon: Union of European Football Associations (UEFA).
- [48] UEFA. (2022). *European Club Footballing Landscape Report*. Nyon: Union of European Football Associations (UEFA).
- [49] University of Northampton. (2022). *The Social Impact of Premier League Community Programmes*. Northampton: University of Northampton.
- [50] University of Northampton, Institute for Social Innovation and Impact. (2022). *Premier League Kicks: Evaluation Report*.
- [51] Wilkins, A. (2016a). Football stadiums, gentrification and urban exclusion: Rethinking urban regeneration through sport. *Urban Studies*, 53 (12), 2563–2580. DOI: 10.1177/0042098015598123.
- [52] Wilkins, D. (2016b). The effect of athletic stadiums on communities, with a focus on gentrification and minority neighbourhoods (Master's thesis). [Université non précisée].
- [53] Young, D. (2025). Developing social capital through sport? The case for an intersectional lens. [Commentaire académique].

Analyse spatio-temporelle de la variabilité hydroclimatique dans le bassin arachidier (Sénégal)

[Spatio-temporal analysis of hydroclimatic variability in the peanut basin (Senegal)]

Birame Sene and Papa Babacar Diop Thioune

Equipe de recherche Biodiversité, Gestion des Ressources Naturelles et Changement Climatique (BIOGERENAT), Université Alioune Diop (UAD), Institut Supérieur de Formation Agricole et Rural (ISFAR), BP 54, Bambey, Senegal

Copyright © 2026 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: Issues related to climate change are now at the heart of high-level scientific debates in the hope of identifying vulnerable areas. Among Senegal's agroecological zones is the peanut basin the main area for growing peanuts and dry cereals, which is exposed to climate variability. Understanding the spatial and temporal variability of temperatures and precipitations, as well as characterizing their trends, is crucial to grasping the significance of climate change and its impacts on agroecological areas. To understand the diachronic evolution of temperatures and precipitation in the Peanut Basin, the research methodology was structured around the standardized precipitation index, the spatialization of maximum temperatures, the identification of thermal anomalies by applying the Lamb index, the detection of trends using the Mann Kendall test and the Sen slope following an established time step from 1981 to 2024. This reveals that in the Peanut Basin, on an annual scale, the distribution of maximum temperatures fluctuates between 35°C and 45 °C. However, the variation in average maximum (Tmax) and minimum (Tmin) temperatures indicates a more significant increase in minimum temperatures associated with a positive Sen slope at the Fatick, Kaolack, and Kounghoul stations, confirming the hypothesis of the warming hypothesis in the central-south where the resumption of wet stages follows essentially dry occurrences with average annual rainfall oscillating between 509.62 mm (Thiès) and 715.27 mm (Kounghoul).

KEYWORDS: Variability, Temperatures, anomalies, Trend, Mann Kendall Test, Peanut Basin.

RESUME: Les questions inhérentes au changement climatique sont aujourd'hui placées au cœur des débats scientifiques de haute facture dans l'espoir de détecter les zones vulnérables. Parmi les zones agroécologiques du Sénégal figure le bassin arachidier principale zone de culture de l'arachide et des céréalières sèches exposée à la variabilité climatique. La compréhension de la variabilité spatio-temporelle des températures et précipitations au même titre que la caractérisation de leur tendance relève d'une approche déterminante dans l'optique de saisir l'importance du changement climatique et ses impacts au niveau des espaces agroécologiques. Pour saisir l'évolution diachronique des températures et des précipitations dans le Bassin Arachidier, la méthodologie de recherche s'est structurée autour de l'indice standardisé des précipitations, la spatialisation des températures maximales, l'identification des anomalies thermiques par l'application de l'indice de Lamb, la détection des tendances par le test de Mann Kendall et la pente de Sen suivant un pas de temps établi de 1981 à 2024. Il en ressort ainsi dans le Bassin Arachidier à l'échelle annuelle, une répartition des températures maximales oscillant entre 35 °C et 45 °C. La variation de la moyenne des températures maximales (Tmax) et minimales (Tmin) indique toutefois une augmentation plus significative des températures minimales associées à une pente de Sen positive au niveau des stations de Fatick, Kaolack, Kounghoul matérialisant l'hypothèse du réchauffement dans le centre-sud où la reprise des phases humides succède sensiblement aux occurrences sèches avec des précipitations moyennes annuelles oscillant entre 509,62 mm (Thiès) et 715,27 mm (Kounghoul).

MOTS-CLEFS: Variabilité, Températures, Anomalies, Tendance, Test de Mann Kendall, Bassin Arachidier.

1 INTRODUCTION

Le réchauffement du système climatique demeure sans équivoque au cours de ces dernières décennies durant lesquelles les chercheurs mentionnent des observations en lien avec une augmentations mondiale des températures moyennes de l'air et des océans, la fonte généralisée de la neige ainsi que l'élévation du niveau de la mer à l'échelle du globe [1]. Les prévisions du Groupement d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) en fonction des projections réalisées sur la base de scénarios d'émissions indiquent un réchauffement moyen à la surface du globe dont le prolongement jusqu'à la fin du XXIème siècle comparé à la période 1986-2005 pourrait atteindre probablement entre 2,6°C et 4,8°C [2]. Le continent africain a été identifié comme l'un des plus vulnérables aux effets de la variabilité et du changement climatique [3].

Le Sénégal à l'instar des autres pays sahéliens est confronté aux effets du changement climatique dont les répercussions risquent d'entraver les efforts en matière de sécurité alimentaire, de croissance économique et de lutte contre la pauvreté [4]. En effet, le pays subit les incidents des variations importantes de certains paramètres climatiques tels que la température et la pluviométrie. La température qui est l'un des paramètres climatiques les plus importants peut avoir d'énormes conséquences relatives aux conditions socioéconomiques d'une région. Elle est intimement corrélée à l'agriculture, à la sécheresse, aux ressources hydriques, à la santé humaine et aux extrêmes de vagues de chaleur [5]. Le Sénégal renvoie à un pays vulnérable dont les paramètres climatiques connaissent une fluctuation entrainant une diminution des précipitations de 1951 à 2000 marquée par une reprise des pluies entre 2000 et 2010 avec une hausse progressive des températures notée au cours de cette période [6].

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à une compréhension de la variabilité climatique en vue d'instaurer de meilleures stratégies d'adaptation. Sous ce rapport, il devient intéressant d'analyser l'existence d'un comportement tendanciel dans les séries chronologiques de températures et de précipitations pour les différentes stations d'intérêt du Bassin Arachidier dans l'optique d'évaluer l'ampleur des oscillations pluviothermiques et de caractériser les fluctuations spatio-temporelles des températures dans un contexte fortement marqué par le changement climatique.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Possédant une longue tradition de cultures vivrières pluie, la zone agroécologique du bassin arachidier s'étend sur une superficie de 46 367 km² couvrant ainsi le centre et l'ouest du Sénégal [7].

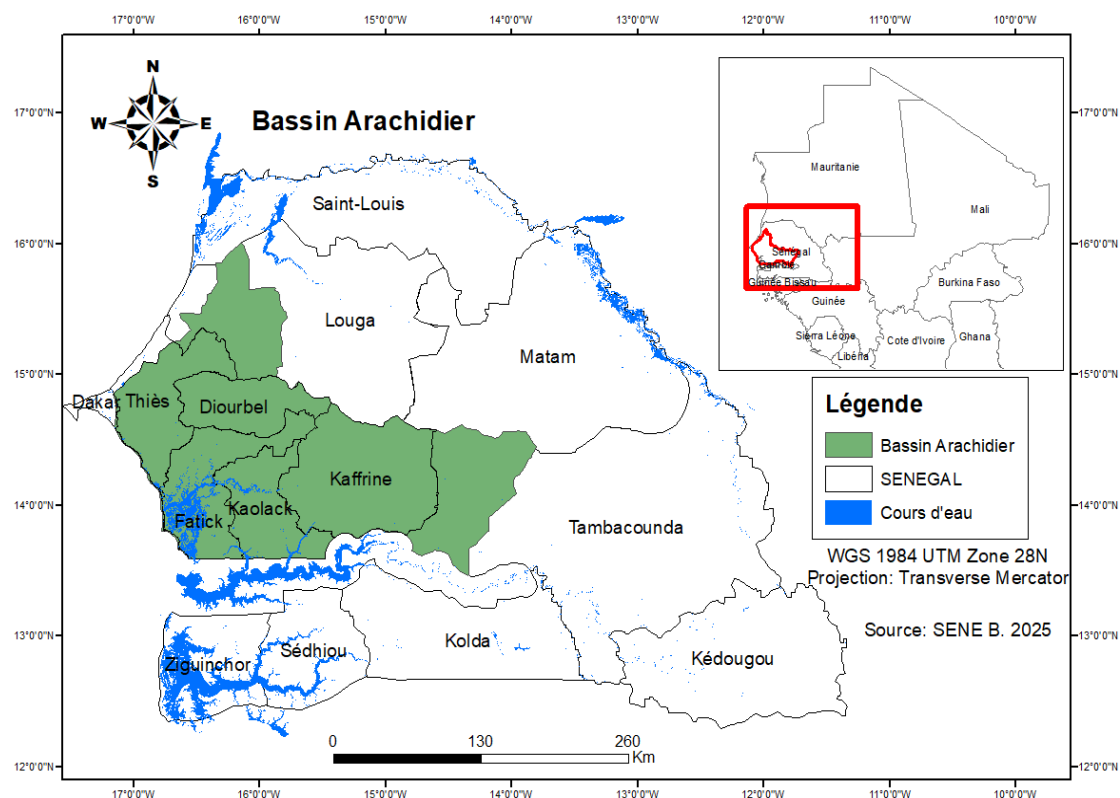


Fig. 1. Bassin Arachidier

Comme l'indique sa dénomination, ce cadre géographique correspond à la zone agropastorale où domine la culture arachidière. Limité entre les basses vallées des fleuves Gambie au sud et Sénégal au nord, le bassin arachidier avec ses parties septentrionale et méridionale est constitué d'une partie des régions de Louga et de Thiès, la totalité des régions de Diourbel, Fatick, Kaffrine et Kaolack et l'Ouest de la région de Tambacounda. Au cours des décennies précédentes, cette zone a été marquée par une sécheresse persistante et des conditions climatiques austères qui ont accéléré la dégradation des écosystèmes et réduit la fertilité des sols.

Tableau 1. Répartition des superficies du Bassin Arachidier par région et par département

Régions administratives	Départements	Superficie km ²	Bassin Arachidier	
			%	Km ²
Louga	Louga	5 646	42	2 371
	Kébémér	3 824	80	3 059
Thiès	Tivaouane	3 136	76	2 383
	Thiès	1 604	92	1 476
	Mbour	1 858	100	1 858
Diourbel	Bambey	1 339	100	1 339
	Diourbel	1 323	100	1 323
	Mbacké	1 698	100	1 698
Fatick	Fatick	2 623	100	2 623
	Foundiougne	3 079	100	3 079
	Gossas	2 973	100	2 973
Kaolack	Kaolack	1 889	100	1 889
	Guinguinéo	1 166	100	1 166
	Nioro	2 302	100	2 302
Kaffrine	Kaffrine	2 716	100	2 716
	Birkilane	1 122	100	1 122
	Koungheul	4 237	100	4 237
	Malem Hodar	3 106	100	3 106
Tambacounda	Koumpentoum	6 471	100	6 471

2.2 DONNÉES ET MÉTHODES

La présente étude est basée sur des données quantitatives (températures et précipitations) en vue d'analyser l'évolution des paramètres climatiques au sein du Bassin Arachidier. Elle a été opérationnalisée grâce à l'usage de logiciels comme Rstudio, ArcGIS et excel. Face aux difficultés de collecte et de réactualisation des données climatiques, notre approche s'est résolument tournée vers l'emploi des données du projet Power de Nasa Langsley Research Center financé par le programme Nasa Earth Science (<https://power.larc.nasa.gov>). Aux points des stations météorologiques du Bassin Arachidier, les précipitations, les températures maximales, minimales mensuelles ont été extraites grâce à leurs coordonnées géographiques.

Tableau 2. Caractéristiques des stations retenues pour l'étude

Stations	Latitude	Longitude	Période	Nombres d'années
Thiès	14,8	-17	1981 – 2024	43
Diourbel	14,7	-16,2	1981 – 2024	43
Fatick	14,33	-16,4	1981 – 2024	43
Kaolack	14,13	-16,1	1981 – 2024	43
Koungheul	14	-14,8	1981 – 2024	43

La méthodologie adoptée dans le cadre de cette étude s'établit ainsi:

- Une caractérisation des températures maximales et minimales (mensuelles et annuelle)
- Une identification des anomalies de températures et des précipitations encore appelées indice de Lamb
- Une application du test de Mann Kendall.

2.2.1 ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES TEMPÉRATURES

L'analyse spatio-temporelle repose sur une cartographie des températures ainsi qu'une spatialisation de leur variation à l'échelle mensuelle et annuelle. La technique d'interpolation de l'inverse des distances au carré (IDW en anglais) a été utilisée en raison de sa simplicité.

2.2.2 IDENTIFICATION DES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES

L'étude des anomalies de températures s'est faite avec l'usage de l'indice de Lamb (1982) qui a permis d'analyser la dynamique de la spatialisation des températures minimales et maximales de 1981 à 2024. Supposons que si $T_m(u_i, t)$ est la température à la station u de la i ère année pour le temps t ,

$$t_m(t) = (t_{m(u_1,t)}, t_{m(u_2,t)}, t_{m(u_3,t)}, \dots, t_{m(u_K,t)}) \quad (\text{éq. 1})$$

Par conséquent, la moyenne spatiale, l'écart-type pour le temps t et l'anomalie des températures peuvent être représentés comme suit:

$$\bar{T}_m(t) = \frac{\sum_{i=1}^k T_m(u_i, t)}{k} \quad (\text{éq. 2})$$

$$\sigma(t) = \left[\frac{\sum_{i=1}^k [T_m(u_i, t) - \bar{T}_m(t)]^2}{k} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{éq. 3})$$

$$\text{Anomalie} = \frac{T_m(u_i, t) - \bar{T}_m(t)}{\sigma(t)} \quad (\text{éq. 4})$$

2.2.3 DÉTECTION DE TENDANCES DES TEMPÉRATURES

La méthode Mann-Kendall est une méthode statistique contribuant à valider ou invalider une tendance en fonction d'hypothèses de probabilité. Comme test non paramétrique, Mann-Kendall permet d'identifier l'existence ou pas d'une tendance linéaire dans une série chronologique avec un niveau de signification approprié [8]. Autrement dit, il sert à déceler de possibles changements graduels dans des séries de variables extrêmes [9]. La statistique S de Mann-Kendall s'obtient par l'équation suivante:

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}[(x_i - x_j)] \quad (\text{éq. 5})$$

Où n est la longueur de la série, x_i et x_j deux valeurs génériques de données séquentielles et la fonction : $\text{Sgn}(x_i - x_j)$

Il importe de préciser par ailleurs que la fonction sgn traduit le signe de la variable x qui se présente sous la forme de l'équation (6):

$$\text{Sgn}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1, \text{ si } (x_i - x_j) > 0 \\ 0, \text{ si } (x_i - x_j) = 0 \\ -1, \text{ si } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (\text{éq. 6})$$

La statistique S matérialise ainsi le nombre de différences positives auquel on soustrait le nombre de différences négatives répertoriées dans les séries chronologiques étudiées. Sa variance $\text{Var}(S)$ est définie par l'équation:

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (\text{éq. 7})$$

où n est le nombre de données de la série, q le nombre de groupes liés et t_p est le nombre de données dans le groupe d'ordre p .

Si l'échantillon détient dix données ou plus ($n > 10$) la loi de la statistique de test Z sera approchée par une gaussienne centrée réduite [10].

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Si } S > 0 \\ 0 & \text{Si } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Si } S < 0 \end{cases} \quad (\text{éq. 8})$$

Statistiquement, la présence d'une tendance significative est évaluée en étudiant la valeur de Z. L'hypothèse nulle H_0 témoigne d'une absence de tendance tandis que l'hypothèse alternative H_1 évoque la présence d'une tendance dans la série. Une valeur de Z positive indique une tendance à la hausse dans le temps alors qu'une valeur de Z négative fait état d'une tendance à la baisse. En cas de hausse ou de baisse de la tendance monotone vis-à-vis d'un seuil de signification p , l'hypothèse nulle H_0 est rejetée. Dans ce travail les seuils de significations retenus sont: 0,05 et 0,01. Par exemple, un niveau de signification du test de 0,01 démontre qu'il existe une probabilité de 1% d'erreur de rejeter l'hypothèse nulle (H_0) alors qu'elle est vraie. De surcroît, il est possible d'employer l'estimateur non paramétrique de la pente de Sen basé sur l'identification de la médiane des pentes de la série chronologique ainsi que l'intervalle de confiance de cette médiane pour un niveau de signification indiqué [11]. Dès lors, la méthode de la pente de Sen (Sen, 1968) qui a été employé en guise d'ajustement de l'ampleur du changement par unité de temps considérée ($^{\circ}\text{C}/\text{an}$ pour cette étude) est obtenue par la formule suivante:

$$\beta = \text{Mediane} \left[\frac{(x_j - x_i)}{(j - i)} \right], \text{ pour } i < j \quad (\text{eq.9})$$

où β est la pente entre les points de données x_j et x_i mesuré au temps j et i respectivement. Une valeur de β positive indique une tendance à la hausse et une valeur négative mentionne une tendance à la baisse.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 INDICES STANDARDISÉS DES PRÉCIPITATIONS

Les stations du Bassin Arachidier fournissent des données pluviométriques essentielles pour l'étude de la variabilité climatique et ses impacts dans divers domaines comme l'agriculture ou la dégradation des paysages agraires avec l'augmentation de l'intensité des phénomènes pluviométriques extrêmes pouvant aboutir à une accélération de l'érosion hydrique.

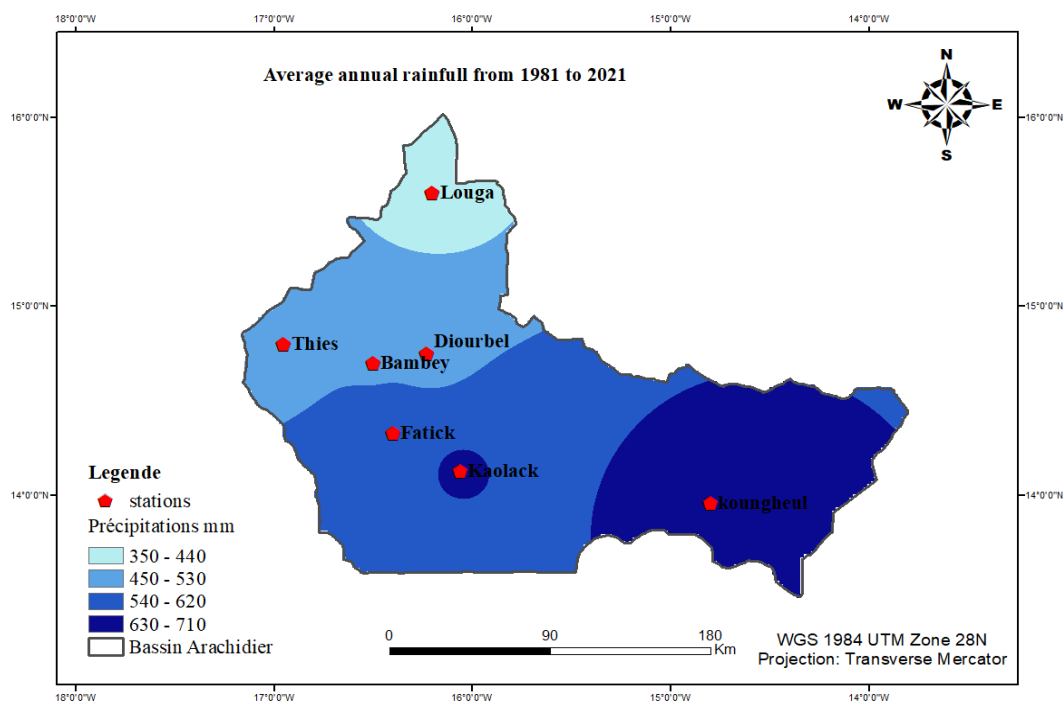


Fig. 2. Moyennes des précipitations annuelles du Bassin Arachidier (1981-2021)

Le bassin arachidier est tout naturellement exposé à une évolution de son gradient pluviométrique du Nord vers le Sud. Les précipitations dans la zone du bassin arachidier sont variables et restent très irrégulières dans un cadre spatio-temporel.

L'indice standardisé des précipitations a servi à analyser la variabilité interannuelle de la pluviométrie dans le bassin arachidier de 1981 à 2024. Les mesures portant sur six stations (Bambey, Kaolack, Louga, Thiès, Fatick, Kounghoul) permettent de distinguer les années déficitaires des années humides (Fig.3).

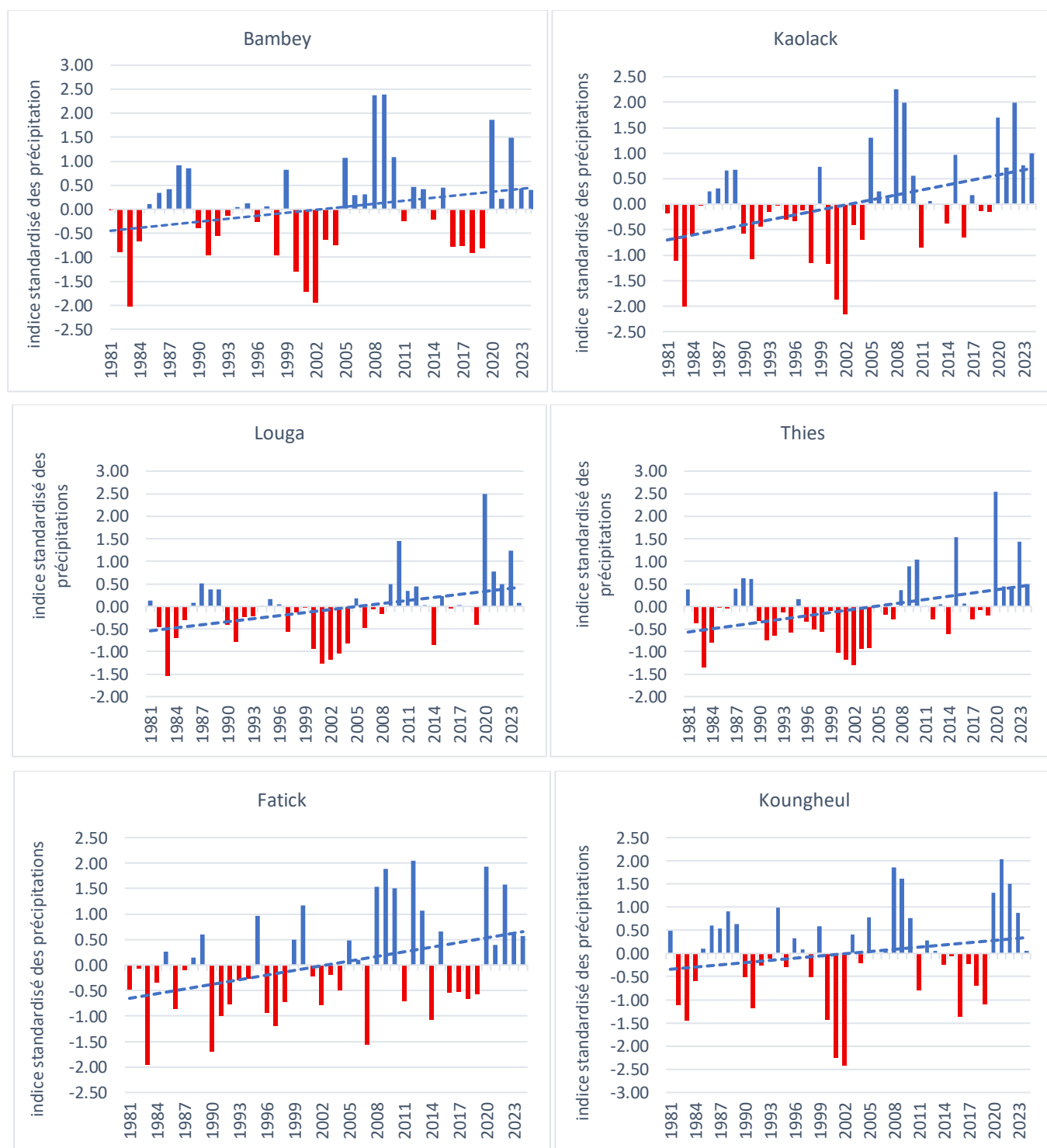


Fig. 3. Indice de l'anomalie des précipitations interannuelles des stations du bassin arachidier de 1981 à 2024

En dépit de la différence des volumes pluviométriques les stations mettent en relief pratiquement les mêmes caractéristiques en alternant des séquences sèches et des épisodes humides. La figure 3 indique trois périodes dans la série des indices pluviométriques dans les stations: 1981 - 1999; 2000 - 2004 et 2005 à 2024.

Les stations de Bambey et de Kounghoul avec une moyenne annuelle de 622 et 715,27 mm respectivement, ont enregistré chacune 20 années déficitaires et 23 années humides dans la série chronologique s'étalant de 1981 à 2024. Quant à la station de Kaolack, elle s'identifie avec une moyenne annuelle de précipitation de 708 mm s'articulant autour de 24 années déficitaires et 19 années humides tandis que la station de Louga s'illustre avec 22 années d'occurrence sèche et 21 années humides.

Tableau 3. Recensement des années déficitaires et humides

Stations	Période	Moyenne annuelle (mm)	Nombre années déficitaires	Nombre années humides
Bambey	1981 – 2024	622	20	23
Koungheul	1981 – 2024	715,27	20	23
Kaolack	1981 – 2024	708	24	19
Thiès	1981 – 2024	509,62	25	18

Concernant la station de Thiès, sa moyenne annuelle tournant autour de 509,62 mm laisse apparaître 25 années sèches et 18 années humides. La période 1981 – 1999 apparaît comme étant sèche dans l'ensemble néanmoins nous remarquerons certaines années excédentaires comme l'année 1988 et 1989 au niveau de la station de Bambey. Il en est ainsi également pour la station de Fatick où l'on note un excédent pluviométrique en 1994 et 1999. La période 2000 – 2004 constitue un enchaînement de la séquence sèche matérialisée par une accentuation des valeurs déficitaires très prononcée à Kaolack et à Koungheul où l'indice dépasse la valeur -2 en 2001 et en 2002. Enfin la chronique 2005 à 2024 s'illustre comme étant globalement humide avec des pics magnifiant les excédents pluviométriques répertoriés à Louga et à Thiès en 2020 de même qu'à Koungheul en 2021.

3.2 VARIATION SPATIOTEMPORELLE DES TEMPÉRATURES MAXIMALES MENSUELLES ET ANNUELLES DANS LE BASSIN ARACHIDIER

Les valeurs mensuelles et annuelles des stations sont utilisées pour spatialiser une variation des températures maximales dans le bassin arachidier. A l'échelle mensuelles les températures maximales varient de 29 °C à plus de 40 °C.

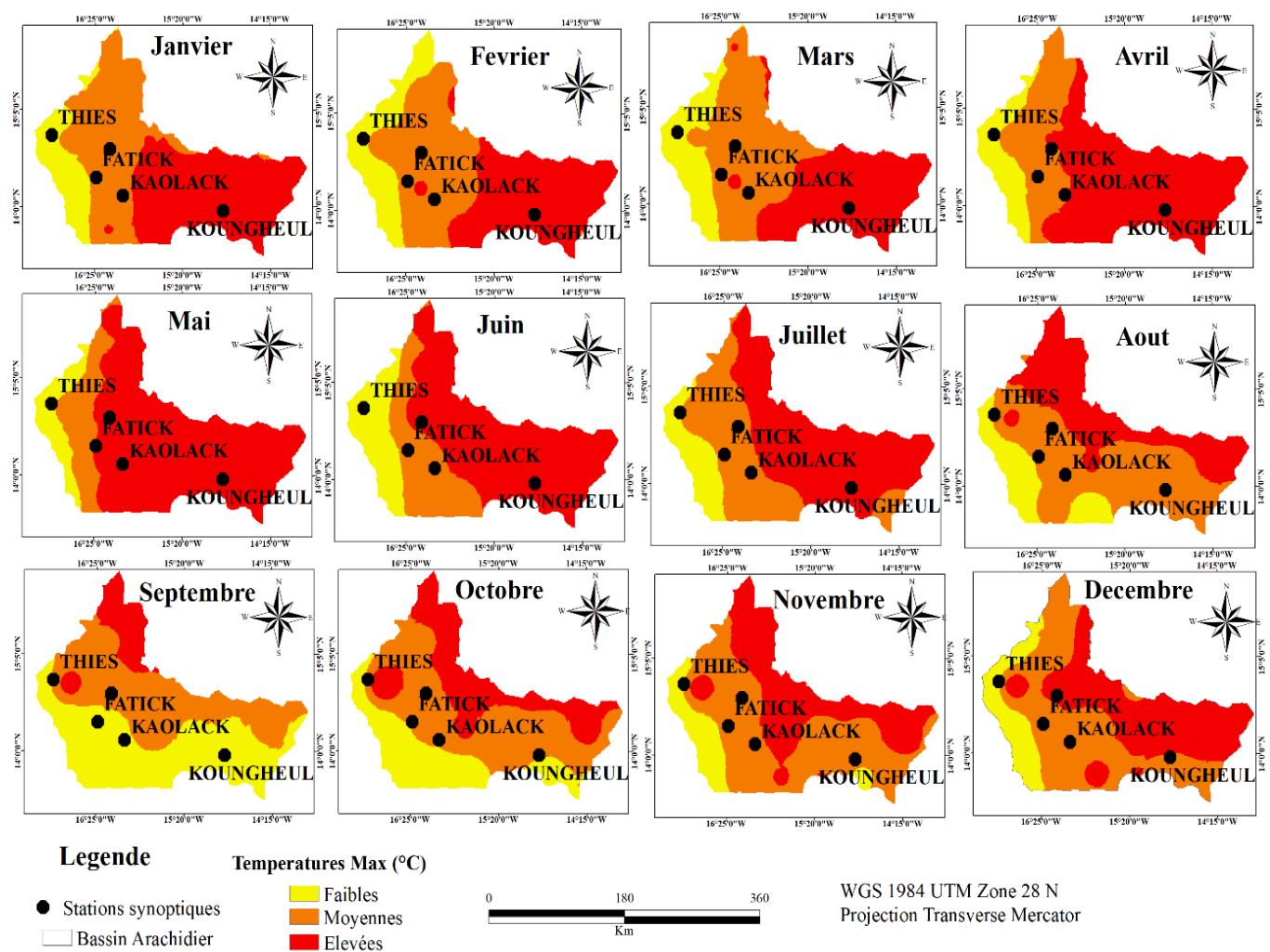


Fig. 4. Répartition spatiale des températures maximales dans le Bassin Arachidier à l'échelle mensuelle sur la période 1981-2024

Les valeurs mensuelles établissent une répartition des valeurs attestant que les mois de mars (43 °C), avril (45 °C) et mai correspondent à d'importantes périodes caniculaires même si l'on peut noter également une exacerbation des températures au cours des mois de juin et juillet. Les mois de novembre (31 °C - 39 °C), décembre (29 °C - 38 °C) et janvier détiennent des valeurs plus souples démontrant ainsi qu'il s'agit des mois les plus froids au cours de l'année.

La répartition des températures maximales au niveau du bassin arachidier laisse entrevoir l'existence de conditions climatiques plus propices à l'ouest où les températures sont moins importantes. Cette baisse des températures est dû à l'influence des flux d'alizé maritimes provenant de l'anticyclone des Açores qui provoque un adoucissement des températures en fonction de l'importance de l'humidité atmosphérique. Quant aux températures les plus extrêmes, elles sont répertoriées au centre (Diourbel, Kaolack) et plus à l'est jusqu'aux alentours de Kaffrine (Koungheul) où l'on rencontre souvent les épisodes caniculaires les plus significatifs. À l'échelle annuelle, les températures maximales du bassin arachidier valsent entre 35 °C et 45 °C.

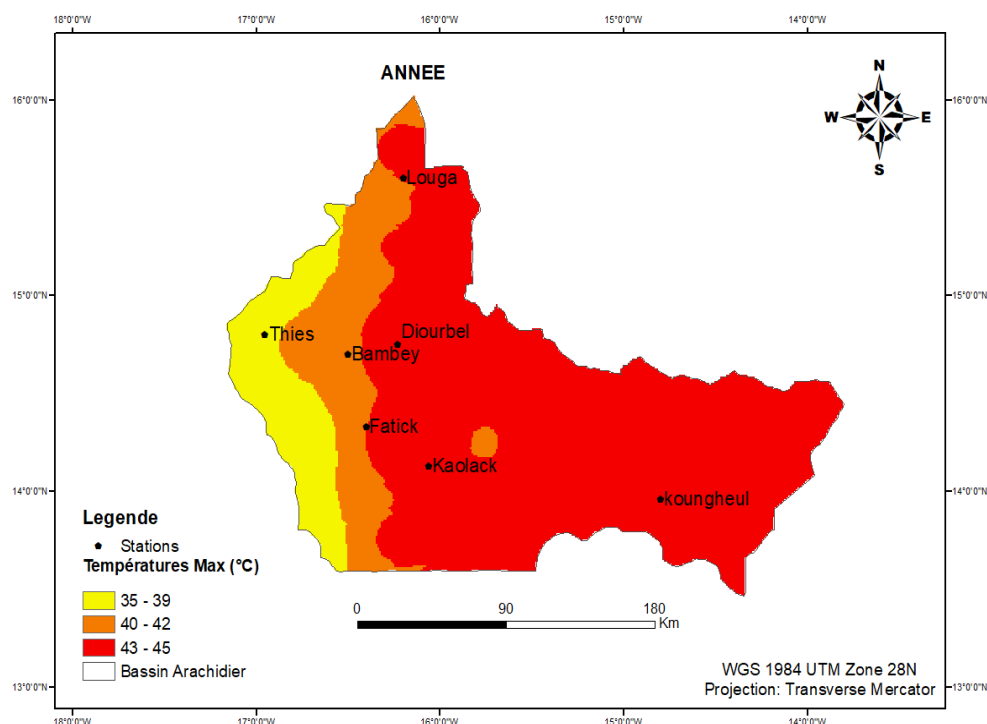


Fig. 5. Répartition spatiale des températures maximales dans le Bassin Arachidier à l'échelle annuelle sur la période 1981-2024

Une spatialisation annuelle des températures maximales rappelle une distribution graduelle des valeurs thermiques très prononcées au niveau des stations du centre et celles de l'est qui maintiennent des valeurs records en raison de leur position géographique car ne bénéficiant d'aucun apport maritime et sous l'emprise d'une continentalité participant à l'augmentation des paramètres thermiques. A toutes les échelles temporelles (mois, saison, année), nous constatons que les régions à l'est et au centre du bassin arachidier présentent des valeurs thermiques élevées quel qu'en soit le niveau d'extrapolation associée.

3.3 ANOMALIES DES TEMPÉRATURES MAXIMALES ET MINIMALES

L'évolution diachronique des températures maximales et minimales étudiée au moyen de l'indice d'anomalie s'étale de 1981 à 2024. Il en ressort deux périodes caractérisant aussi bien l'estimation des T_{min} et T_{max}. La première période va de 1981 à 2000 tandis que la seconde couvre l'année 2001 jusqu'en 2024.

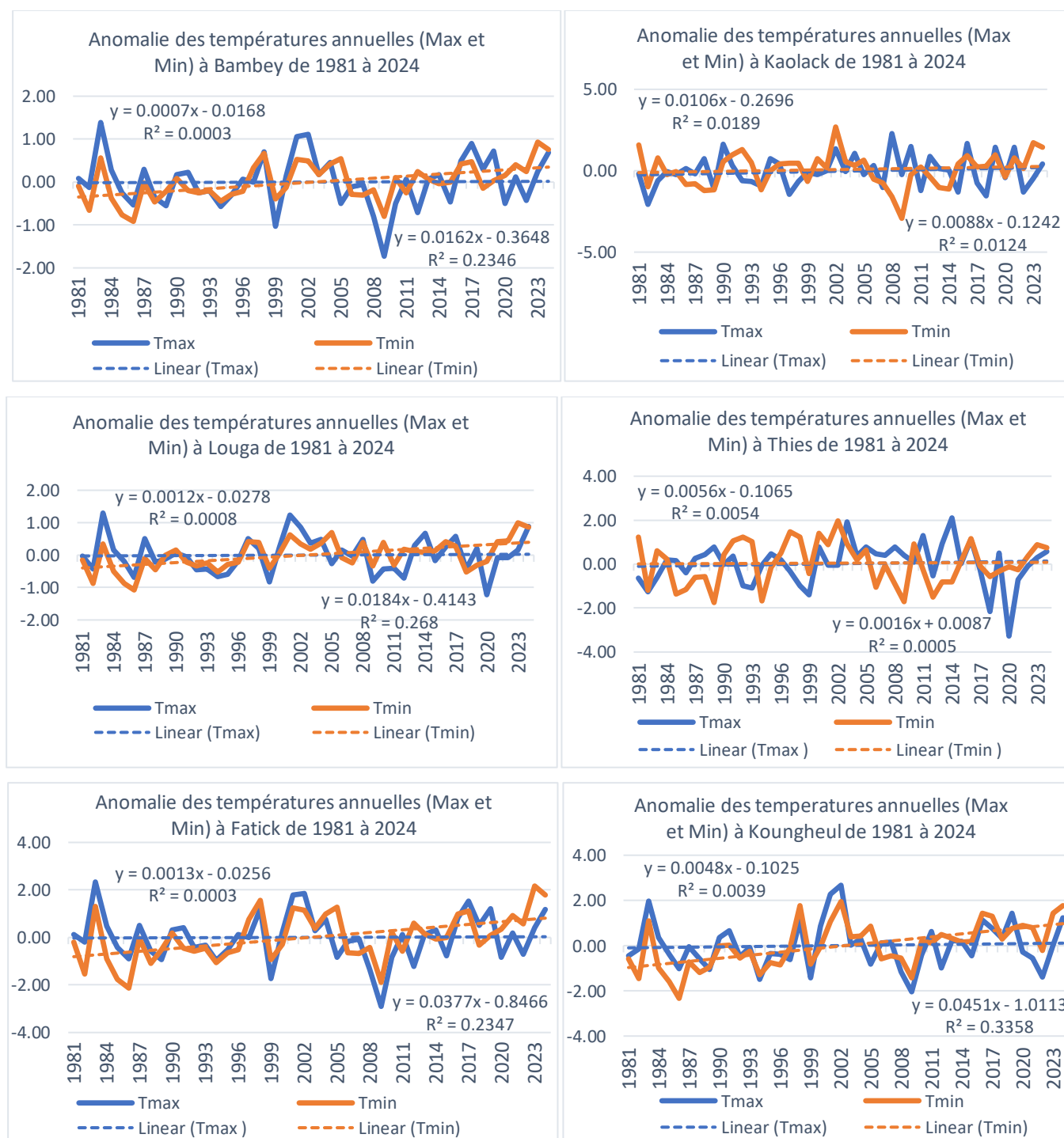


Fig. 6. Évolution des anomalies des températures maximales et minimales de quelques stations du bassin arachidier (1981-2024)

Les situations réelles des températures minimales et maximales moyennes annuelles concernant le bassin arachidier sont indiquées au niveau de la figure 6.

La température minimale (Tmin) est en moyenne de 18,5 °C à Bambey, 21,4 °C à Kaolack, 21,2 °C à Fatick. A la station de Koungheul, la température minimale varie de 21,6 °C à 22,1 °C pour un écart type de 0,44.

La première période est majoritairement singularisée par une tendance baissière des températures maximales et minimales qui détiennent des valeurs moyennes de 36,5 et 20,1 °C. Cette séquence indique une période froide comparée à la chronique 2001-2024 marquée par une irrégularité interannuelle plus prononcée indiquant la persistance d'épisodes caniculaires plus saisissants avec des valeurs moyennes évaluées à 36,6°C pour les Tmax et 20,4°C pour les Tmin. La variation de la moyenne des Tmax et Tmin durant cette deuxième période évoque ainsi une hausse respective de 0,11 et 0,37 °C par rapport à la période précédente. Toutefois, la deuxième période se caractérise aussi par une alternance de baisse et de hausse des températures.

Ces résultats démontrent a priori que les températures minimales augmentent plus rapidement que celles maximales. La figure 6 justifie une telle hypothèse en indiquant des coefficients de détermination très faible pour les Tmax de l'ordre de $R^2 = 0,0003$ ou $R^2 = 0,0008$ au niveau des stations de Bambey et Louga par exemple au moment où le coefficient mentionne 0,23 et 0,33 consécutif aux Tmin des stations de Fatick et Kounghoul. Globalement, il est constaté une tendance à la hausse des extrêmes chauds dans le bassin arachidier avec un rythme plus significatif des températures minimales par rapports aux températures maximales.

3.4 TENDANCE DES MOYENNES ANNUELLES DES TEMPÉRATURES MAXIMALES ET MINIMALES

La spatialisation de la tendance des températures maximales et minimales est mise en relief par la figure 7. La tendance est élaborée par l'entremise des valeurs de Z du test de Mann-Kendall qui indiquent une baisse lorsque la valeur est négative et une hausse de la variabilité climatique avec un certain niveau de significativité (0,01 ou 0,05) quand la valeur est positive.

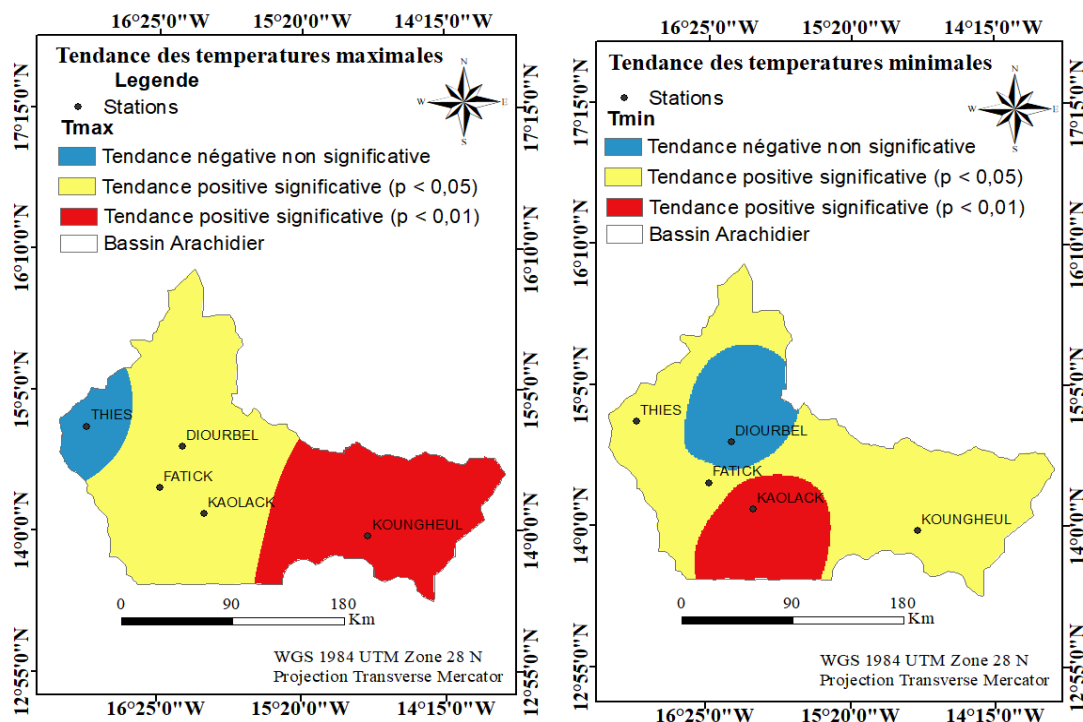


Fig. 7. Tendance des températures maximales et minimales dans le bassin arachidier 1981-2024

Une tendance globale au réchauffement est perçue à travers les stations du bassin arachidier aussi bien pour les températures maximales que pour les températures minimales à l'exception de quelques stations. Concernant les Tmax, une tendance à la baisse est répertoriée à l'ouest dans la station de Thiès d'où provient une allure négative non significative. En revanche, il est noté une augmentation des extrêmes de Tmax positives significatives $p < 0,05$ avec un $z > 1,96$ entre Diourbel, Fatick, Kaolack et $p < 0,01$ avec un $z > 2,58$ dans la zone de Kounghoul. La tendance au réchauffement s'avère ainsi significative dans le centre-nord et le centre-sud du bassin arachidier. Relativement à la fluctuation des températures minimales on constate une augmentation à divers degrés de significativité. Si la station de Diourbel est émaillée par une tendance non significative, Thiès, Kounghoul, Fatick drainent une augmentation laissant planer un niveau de significativité $p < 0,05$ tandis que la station de Kaolack élabore une hausse significative $p < 0,01$. L'augmentation des Tmin polarisent ainsi la quasi-totalité de l'espace du bassin arachidier.

La cartographie de la pente de sen basée sur les valeurs relatives aux températures maximales et minimales a permis de faire ressortir l'ampleur de la tendance décelée par le test non paramétrique de Mann-Kendall.

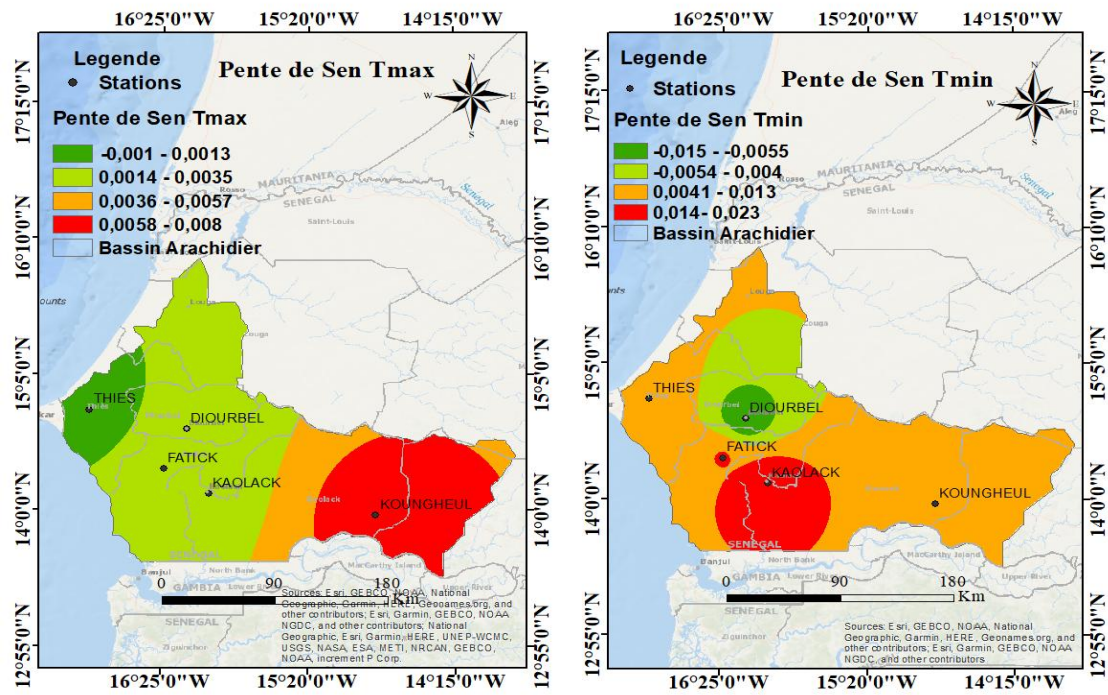


Fig. 8. Spatialisation de la pente de Sen des Tmax et Tmin dans le bassin arachidier de 1981 à 2024

Les valeurs de pente positive certifient l'augmentation des Tmax et Tmin à l'échelle annuelle. Les stations de Thiès (pour Tmax) et Diourbel (pour Tmin) montrent des valeurs négatives de la pente justifiant ainsi la tendance à la baisse matérialisée par l'allure négative non significative. Les autres stations (Fatick, Kaolack, Kougheul) sont marquées par une pente de sen positive très importante dans le centre-sud renforçant ainsi l'hypothèse d'un réchauffement suivant un gradient bien spécifique tenant compte des prédispositions spatiales relatives à la littoralisation pouvant rabaisser les températures ou à la continentalité facteur d'augmentation des paramètres thermiques selon la prédominance de certaines conditions physiques inhérentes au milieu. Dans le bassin arachidier, une tendance positive plus régulière de la pente de Sen est répertoriée au niveau des Tmin attestant un réchauffement qui implique plus les températures minimales que celles maximales.

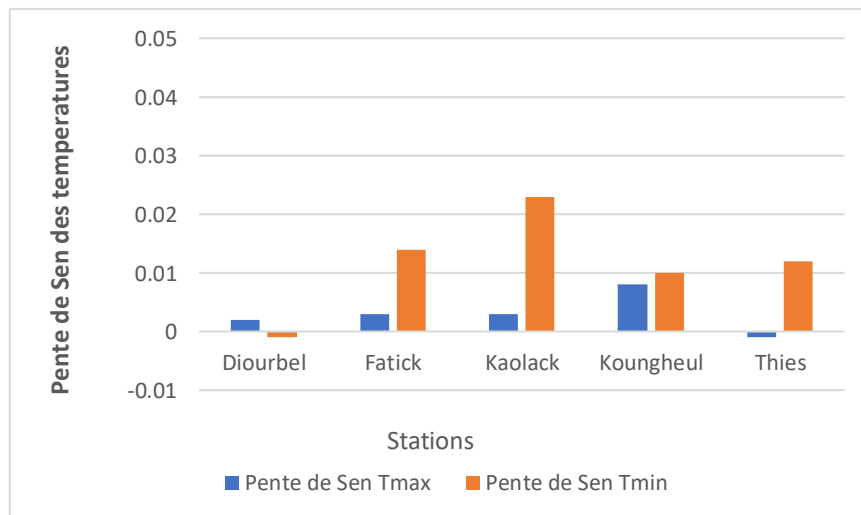


Fig. 9. Pente de Sen des Tmax et Tmin dans le bassin arachidier de 1981 à 2024

La figure 9 illustre la supériorité des valeurs de pente de Sen des Tmin en termes d'incidence par rapport à celles des Tmax confirmant dès lors que l'augmentation des températures minimales est plus déterminante dans l'effet de réchauffement que l'accroissement des températures maximales.

3.5 DISCUSSION

Dans le Bassin Arachidier, les résultats mentionnent une tendance globale significative des températures perceptibles durant la chronique 2001-2024 mettant en exergue des épisodes caniculaires dont la valeur moyenne des températures maximales peut grimper jusqu'à 36,6°C. L'analyse des anomalies estime une évolution de la moyenne des températures maximales de l'ordre de 0,11 °C tandis que la variation de la moyenne des températures minimales s'élève à 0,37 °C. Sous ce rapport, on constate une augmentation plus conséquente des températures minimales comparées aux températures maximales. Une telle tendance est également validée par le test de Mann Kendall ou encore la pente de Sen qui permet d'ajuster l'ampleur du changement.

Ces résultats sont corroborés par d'autres recherches antérieures sur la problématique de la variabilité climatique au Sénégal comme celles de Ndiaye et al. (2020) ou encore celles de Sow et al. (2024) dont les travaux mettent en exergue une tendance au réchauffement réconfortant les prévisions du Groupement d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC). Ce dernier de par l'établissement de scénarios pessimistes (SSP3-7.0 et SSP5-8.5) maintient une évolution des températures traduisant une hausse de 3,6°C et 4,4°C d'ici 2100 [12].

Toutes ces recherches demeurent unanimes sur le fait que les températures minimale et maximale sont en augmentation depuis quelques années au Sénégal en raison du changement climatique qui se manifeste aujourd'hui comme l'une des menaces les plus inquiétantes d'autant plus qu'on assiste à une agression exponentielle des ressources de la terre compromettant la durabilité de l'environnement et la survie de l'humanité [13]. De ce fait une stratégie d'adaptation nationale ne saurait être généralisée. En effet, il faudra tenir compte des spécificités de chaque zone.

Dans le bassin arachidier, la pluviométrie est caractérisée par son irrégularité qui se manifeste par d'importantes fluctuations interannuelles. L'évaluation du déficit pluviométrique de 1981 à 2024 grâce à l'indice standardisé des précipitations (ISP) établit une alternance des périodes sèches et humides avec une tendance à la sécheresse progressant de 1981 à 2004 suivie d'une séquence relative à l'humidité qui s'étale de 2005 à 2024. Le changement climatique se traduit par une variabilité non uniforme des précipitations. Même si le climat de l'Afrique de l'Ouest a connu un niveau de réchauffement plus importants que la moyenne mondiale, ses pluies extrêmes ont augmenté traduisant une fréquence des orages convectifs renforçant les débits des bassins versants conduisant aux inondations [14].

4 CONCLUSION

Cette contribution établie sur la base d'une caractérisation spatio-temporelle et de l'analyse de la tendance des données pluviométriques dans le Bassin Arachidier s'est structurée autour d'une dynamique s'étalant de 1981 à 2024. Pour ce faire, différentes approches ont été employées dont l'évaluation des indices standardisés des précipitations, des anomalies de températures à l'aide de l'indice de Lamb, l'application du test de Mann Kendall et la spatialisation de la pente de Sen pour jauger l'augmentation ou la régression des températures maximales (Tmax) et minimales (Tmin) à l'échelle annuelle. L'usage d'une telle approche demeure primordial compte tenu du fait que les études sur le changement climatique s'illustrent à travers une détection de la variabilité dans les séries chronologiques avec l'historique des stations concernées.

A l'exception des stations comme Diourbel ou Thiès dont la littoralisation contribue à la baisse des températures matérialisée par les valeurs négatives de la pente de Sen, nous constatons que Fatick, Kaolack et Kounghoul exposés à la continentalité font état d'une augmentation des paramètres climatiques très perceptibles dans l'étalement de périodes caniculaires dans le centre-sud du Bassin Arachidier.

Par ailleurs, la variabilité climatique se manifeste à travers des phénomènes climatiques perceptibles au niveau des retards pluviométriques ou encore les inondations, les sécheresses et les canicules [15]. La hausse des températures affecte les systèmes physiques et socioéconomiques [16]. Elle s'avère préoccupante en raison de ses implications dans le processus d'accroissement des valeurs associées à l'évapotranspiration pouvant affecter les rendements des cultures. En effet, toute péjoration d'ordre climatique dispose d'incidence pouvant affecter la production agricole susceptible de fragiliser toute initiative relative à la sécurité alimentaire et à la résilience économique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier sincèrement le programme Nasa Earth Science et le Centre de Suivi Ecologique (CSE) pour toutes les informations fournies concernant la zone étudiée.

REFERENCES

- [1] B. C. BATES, Z. W. KUNDZEWICZ, S. WU et J. P. PALUTIKOF, Le changement climatique et l'eau, document technique, Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, Secrétariat du GIEC, Genève, 236 p., 2008.
- [2] GIEC, Rapport de synthèse, Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), Genève, Suisse, 161 p., 2014.
- [3] OCDE/CSAO, Climat, changements climatiques et pratiques agro-pastorales en zone Sahélienne. Synthèse régionale, CILSS FAO, 8p., 2008.
- [4] DEEC, Rapport sur la deuxième communication nationale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), Ministère de l'Environnement et de la protection de la nature, République du Sénégal, 177p., 2010.
- [5] C. FAYE, D. D. BA et S. C. DIEDHIOU, «L'anomalie de la température minimale et maximale dans la partie sud-est du Sénégal», *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 21 (4), pp. 27-37, 2019.
- [6] CSE, Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal, 280p., 2020.
- [7] C. PAQUETTE et A. SARALE, «Diagnostic agraire dans le sud de la région de Thiès au Sénégal», FAO, SAGA, Note technique, 6 p., 2021.
- [8] I. TOURE, D. M. NDIONE, I. LEYE, M.H. A. SAMBOU et M. L. SANE, «Analyse des tendances dans les séries pluviométriques au Sénégal», *Afrique SCIENCE* 21 (1), ISSN 1813-548X, pp. 122 - 135, 2022.
- [9] C. FAYE, E. S. DIOP et I. MBAYE, «Impacts des changements de climat et des aménagements sur les ressources en eau du fleuve Sénégal: caractérisation et évolution des régimes hydrologiques de sous-bassins versants naturels et aménagés», *Revue belge de géographie Belgeo*, 2015.
- [10] DOI: <https://doi.org/10.4000/belgeo.17626>.
- [11] A. DROUCHE, F. NEZZAL et M. DJEMA, «Variabilité interannuelle des précipitations dans la plaine de la Mitidja en Algérie du Nord», *Revue des sciences de l'eau*, 2019.
- [12] DOI: <https://doi.org/10.7202/1065205ar>.
- [13] M.L. SANE, S. SAMBOU, D.M. NDIONE, I. LEYE, S. KANE et M.L. BADJI, «Analyse et traitement des séries de débits annuels et mensuels sur le fleuve Sénégal en amont du barrage de Manantali: cas des stations de Bafing Makana et Dakka Saidou», *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, ISSN 1813-3290, pp. 102 – 120, 2017.
- [14] SDES, *Chiffres clés du climat*, France, Europe et Monde, 100p., 2025.
- [15] B. GARBA, M.S. MOUSSA, A.S. INOUSSA, M. MOUSSA et F. MADE, «Analyses statistiques des variations des températures et précipitations observées à Niamey et à Nguigmi», *La Météorologie* - n° 110, 2020.
- [16] A. T. GAYE et C. N. FALL, Les grandes tendances climatiques et leurs impacts en Afrique de l'Ouest et au Sénégal, Projet CECC, 19p., 2022.
- [17] M. SOW, D. GAYE et M. M. DIAKHATE, «Analyse de l'évolution spatiotemporelle de la tendance des extrêmes chauds au Sénégal», *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2024.
- [18] P.M. NDIAYE, D. GAYE et S. A. SOW, «Caractérisation spatiotemporelle et analyse de la tendance des températures au Sénégal», *European Scientific Journal*, ESJ, 16 (33), pp. 105-121, 2020.

Analyse de survie et facteurs associés à la mortalité chez les patients admis en réanimation pour COVID-19 au Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Grand Yoff (ex-HOGGY), Dakar, Sénégal (Juillet 2020-Septembre 2021): Étude de cohorte portant sur 175 cas

[Survival analysis and factors associated with mortality among COVID-19 patients admitted to the intensive care unit at Idrissa Pouye Hospital (ex-HOGGY), Dakar, Senegal (July 2020-September 2021): A cohort study of 175 cases]

Sarr Badara Jerome¹, Mbodji El Hadji Macodou², Tine Jean Augustin Diégane², Bassoum Oumar², and Faye Adama²

¹Service de Médecine préventive et de Santé publique, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odontologie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

²Institut de Santé et Développement (ISED), Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

Copyright © 2026 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:* COVID-19 remains associated with high morbidity and mortality among patients admitted to intensive care units (ICUs), particularly in resource-constrained settings. Identifying factors associated with mortality and analyzing time to death are essential to improve clinical management and inform prevention strategies. This study aimed to analyze survival among ICU patients with COVID-19 and to identify factors associated with mortality.

Methods: This was an observational analytical study including patients admitted to the ICU for COVID-19. Total ICU length of stay (DTS), expressed in days, was used as the time variable. Death in the ICU was considered the event of interest, while patients discharged alive or transferred were treated as censored observations. Survival probabilities were estimated using the Kaplan–Meier method with calculation of medians and 95% confidence intervals. Survival comparisons were performed using the log-rank test. Bivariate logistic regression was used to estimate odds ratios (ORs), followed by a multivariable Cox proportional hazards model to identify factors independently associated with mortality.

Results: A total of 175 patients were included, with an overall mortality rate of 65.7%. The median overall survival was 6 days. In bivariate analysis, age ≥ 60 years (OR = 2.45; 95 % CI [1,30 –4,60]), unvaccinated status (OR = 2.10; 95 % CI [1,15 –3,85]), and diabetes (OR = 1.80; 95 % CI [1,00 –3,20]) were significantly associated with mortality. The use of invasive mechanical ventilation was strongly associated with death (OR = 10.5; 95 % CI [4,8 –23,0]). In multivariable analysis, age, vaccination status, and type of ventilatory support remained independently associated with mortality.

Conclusion: This study highlights a high and early mortality among patients admitted to the ICU for COVID-19. Advanced age, lack of vaccination, diabetes, and severe respiratory failure requiring invasive mechanical ventilation were the main determinants of poor prognosis. These findings underscore the importance of preventive strategies, particularly vaccination, and early, appropriate management of severe COVID-19 to reduce ICU mortality.

KEYWORDS: COVID-19, survival analysis, Kaplan-Meier, Cox proportional hazards model, mortality.

RESUME: *Introduction:* La COVID-19 reste associée à une morbidité et une mortalité élevée chez les patients admis en réanimation, en particulier dans les contextes de soins intensifs confrontés à des contraintes de ressources. L'identification des facteurs associés à la mortalité et l'analyse du temps jusqu'au décès sont essentielles pour améliorer la prise en charge et

orienter les stratégies de prévention. Cette étude vise à analyser la survie des patients admis en réanimation pour COVID-19 et à identifier les facteurs associés au décès.

Méthodes: Il s'agit d'une étude observationnelle analytique incluant des patients admis en réanimation pour COVID-19. La durée totale de séjour en réanimation (DTS), exprimée en jours, a été utilisée comme variable de temps. Le décès en réanimation constituait l'événement d'intérêt, tandis que les patients vivant à la sortie ou transférés étaient considérés comme censurés. Les probabilités de survie ont été estimées par la méthode de Kaplan–Meier avec calcul des médianes et des intervalles de confiance (IC) à 95 %. Les comparaisons de survie ont été réalisées à l'aide du test du log-rank. Une analyse bivariée par régression logistique a permis d'estimer les odds ratios (OR), suivis d'une régression de Cox multivariée pour identifier les facteurs indépendamment associés à la mortalité.

Résultats: Au total, 175 patients ont été inclus, avec une mortalité globale de 65,7 %. La médiane de survie globale était de 6 jours. En analyse bivariée, un âge ≥ 60 ans (OR = 2,45; IC à 95 % [1,30–4,60]), le statut non vacciné (OR = 2,10; IC à 95 % [1,15–3,85]) et la présence de diabète (OR = 1,80; IC à 95 % [1,00–3,20]) étaient significativement associés au décès. Le recours à une ventilation mécanique invasive était fortement associé à la mortalité (OR = 10,5; IC à 95 % [4,8–23,0]). En analyse multivariée, l'âge, le statut vaccinal et le type de support ventilatoire demeuraient des facteurs indépendamment associés au risque de décès.

Conclusion: Cette étude met en évidence une mortalité élevée et précoce chez les patients admis en réanimation pour COVID-19. L'âge avancé, l'absence de vaccination, le diabète et surtout la gravité respiratoire nécessitant une ventilation invasive constituent les principaux déterminants du pronostic. Ces résultats soulignent l'importance de la prévention, notamment par la vaccination, et d'une prise en charge précoce et adaptée des formes sévères afin de réduire la mortalité en soins intensifs.

MOTS-CLEFS: COVID-19, analyse de survie, Kaplan–Meier, modèle de Cox, mortalité.

1 INTRODUCTION

La pandémie de COVID-19 a constitué une crise sanitaire majeure à l'échelle mondiale, entraînant une charge considérable pour les systèmes de santé et un profond remodelage de leur organisation, en particulier au niveau des services de soins intensifs. Des centaines de millions de personnes ont été infectées par le SARS-CoV-2 et plusieurs millions de décès ont été rapportés à travers le monde, faisant de cette pandémie l'une des plus graves de l'ère contemporaine. Les services de réanimation ont été confrontés à une augmentation brutale des admissions de patients présentant des formes sévères de la maladie, nécessitant une assistance respiratoire avancée, une surveillance continue et une mobilisation accrue des ressources humaines et matérielles.

Malgré les progrès réalisés en matière de prise en charge et l'introduction progressive de la vaccination, la mortalité des patients atteints de COVID-19 admis en soins intensifs demeure élevée. Cette mortalité présente une grande variabilité selon les contextes de prise en charge, influencée par la disponibilité des ressources, l'organisation des soins, le profil épidémiologique des patients et le niveau de sévérité à l'admission. Plusieurs études ont mis en évidence des facteurs associés à une mortalité accrue, notamment l'âge avancé, la présence de comorbidités telles que le diabète ou l'hypertension artérielle, ainsi que la gravité de l'atteinte respiratoire nécessitant un recours à la ventilation mécanique invasive. Toutefois, la majorité de ces données provient de pays à revenu élevé, tandis que les informations issues de contextes à ressources limitées restent insuffisantes, en particulier celles intégrant une analyse temporelle de la survie.

L'analyse de survie constitue une approche méthodologique particulièrement pertinente pour étudier l'évolution des patients hospitalisés en réanimation, car elle permet de prendre en compte à la fois la survenue du décès et le temps écoulé jusqu'à cet événement. L'étude du temps jusqu'au décès est essentielle pour mieux comprendre la dynamique de la mortalité, identifier les périodes critiques de l'hospitalisation en soins intensifs et évaluer l'impact des facteurs cliniques et thérapeutiques sur la survie. Dans ce contexte, la présente étude visait à analyser la survie des patients admis en réanimation pour COVID-19 au Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Dakar, à estimer la mortalité globale et la durée médiane de séjour en soins intensifs, et à identifier les facteurs associés au décès afin de contribuer à l'amélioration de la prise en charge des formes graves de la maladie.

2 MÉTHODES

2.1 TYPE ET CADRE DE L'ÉTUDE

Il s'agissait d'une étude observationnelle analytique menée au service de réanimation du Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Grand Yoff (ex-HOGGY), à Dakar, Sénégal. L'étude a couvert la période allant de juillet 2020 à septembre 2021, correspondant aux différentes vagues épidémiques de la COVID-19 observées dans le pays. Tous les patients admis en réanimation pour une infection à la COVID-19 confirmée au cours de cette période ont été inclus dans l'analyse.

2.2 POPULATION CIBLE

• CRITÈRES D'INCLUSION

Ont été inclus dans cette étude tous les patients âgés de 18 ans et plus, admis au service de réanimation du Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Grand Yoff pour une infection à la COVID-19 confirmée, durant la période allant de juillet 2020 à septembre 2021. La confirmation de l'infection reposait sur un test de réaction de polymérisation en chaîne (RT-PCR) positif ou sur un test antigénique positif, conformément aux recommandations nationales en vigueur au moment de l'étude.

• CRITÈRES D'EXCLUSION

Ont été exclus de l'analyse les patients admis en réanimation pour une suspicion de COVID-19 non confirmée biologiquement, ceux dont la durée de séjour en réanimation ou le statut vital à la sortie n'étaient pas documentés, ainsi que les patients transférés vers le service de réanimation après un séjour prolongé dans un autre établissement de soins intensifs, lorsque les données initiales nécessaires à l'analyse de survie n'étaient pas disponibles.

2.3 VARIABLES ET DÉFINITIONS

La variable de temps retenue pour l'analyse de survie était la durée totale de séjour en réanimation (DTS), exprimée en jours, définie comme le nombre de jours écoulés entre la date d'admission en réanimation et la date de sortie, de transfert ou de décès.

L'événement d'intérêt était le décès survenu en réanimation. Les patients sortis vivants, transférés vers un autre service ou encore hospitalisés à la fin de la période d'étude, ont été considérés comme censurés.

Les variables explicatives analysées comprenaient les caractéristiques sociodémographiques et cliniques des patients, notamment l'âge, le sexe, le statut vaccinal contre la COVID-19, la présence de comorbidités telles que le diabète et l'hypertension artérielle, ainsi que les modalités de prise en charge respiratoire, incluant l'oxygénothérapie, la ventilation non invasive et la ventilation mécanique invasive.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE

Les caractéristiques des patients ont été décrites à l'aide de statistiques descriptives appropriées. Les variables quantitatives ont été présentées sous forme de moyennes et d'écart-types ou de médianes et d'intervalles interquartiles, selon la distribution des données, tandis que les variables qualitatives ont été exprimées en effectifs et en pourcentages.

L'analyse de survie a été réalisée selon la méthode de Kaplan–Meier, avec estimation des probabilités de survie et de leurs intervalles de confiance à 95 %. Les courbes de survie ont été comparées entre les groupes à l'aide du test du log-rank.

Une analyse bivariable par régression logistique a été effectuée afin d'identifier les facteurs associés au décès, avec estimation des odds ratios (OR) et de leurs intervalles de confiance à 95 %. Les variables présentant une association statistiquement significative en analyse bivariable ou jugées cliniquement pertinentes ont été incluses dans un modèle de régression de Cox à risques proportionnels multivariés, permettant d'estimer les hazards ratios (HR) ajustés et leurs intervalles de confiance à 95 %.

Le seuil de significativité statistique a été fixé à $p < 0,05$. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de logiciels statistiques R Studio.

2.5 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Les données analysées dans cette étude sont issues de la base de données COVID-19 du service de réanimation COVID du Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Grand Yoff (ex-HOGGY), constituée dans le cadre de la prise en charge routinière des patients hospitalisés.

Le protocole de l'étude a été conduit dans le respect des principes éthiques de la recherche impliquant des données de santé et a été soumis pour approbation aux autorités compétentes du Centre Hospitalier Idrissa Pouye de Grand Yoff, ainsi qu'au comité d'éthique de l'Institut de Santé et Développement (ISED), Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Les données ont été collectées de manière rétrospective à partir de la base de données du service de réanimation. Afin de garantir la confidentialité et l'anonymat des patients, toutes les informations nominatives ont été supprimées avant l'analyse. Les données ont été utilisées exclusivement à des fins de recherche scientifique et traitées conformément aux réglementations nationales et internationales en vigueur en matière de protection des données.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION

Au total, 175 patients admis en réanimation pour COVID-19 ont été inclus dans l'analyse. Au cours du suivi, 115 patients sont décédés, correspondant à une mortalité globale de 65,7 %, tandis que 60 patients (34,3 %) ont été censurés (vivants à la sortie ou transférés).

La durée totale de séjour en réanimation (DTS) était globalement courte. La médiane de survie globale était de 6 jours, traduisant une évolution rapidement défavorable chez une proportion importante de patients. La majorité des décès est survenue au cours de la première semaine suivant l'admission.

3.2 ANALYSE DE SURVIE GLOBALE (KAPLAN-MEIER)

L'analyse de survie globale met en évidence des différences significatives de médiane de survie selon les caractéristiques des patients et les modalités de prise en charge. Les patients âgés de moins de 60 ans présentaient une médiane de survie plus longue (9 jours) comparativement à ceux âgés de 60 ans et plus (4 jours), cette différence étant statistiquement significative (test du log-rank, $p < 0,001$).

De même, le statut vaccinal apparaissait fortement associé à la survie, avec une médiane de survie de 10 jours chez les patients vaccinés contre 5 jours chez les patients non vaccinés ($p = 0,01$), suggérant un effet protecteur de la vaccination, y compris chez les patients atteints de formes sévères nécessitant une admission en réanimation.

Concernant le support respiratoire, une diminution progressive de la médiane de survie était observée en fonction de la gravité de l'atteinte respiratoire. Les patients pris en charge par oxygénothérapie seule présentaient la médiane de survie la plus élevée (12 jours), suivis de ceux bénéficiant d'une ventilation non invasive (6 jours), tandis que les patients nécessitant une ventilation mécanique invasive présentaient la médiane de survie la plus courte (3 jours). Les différences de survie selon le type de ventilation étaient hautement significatives ($p < 0,001$). Dans l'ensemble, ces résultats traduisent une mortalité précoce en réanimation et soulignent l'impact majeur de l'âge, du statut vaccinal et de la gravité respiratoire sur la survie globale des patients atteints de COVID-19 admis en soins intensifs.

Tableau 1. Médiane de survie globale selon l'âge, le statut vaccinal et le type de support ventilatoire chez les patients admis en réanimation pour COVID-19

Facteurs	Médianes de survie (jours)	Log-rank p
Âge < 60 ans	9	<0,001*
Âge ≥ 60 ans	4	
Vacciné	10	0,01*
Non vacciné	5	
Oxygénothérapie	12	<0,001*
VNI	6	
Ventilation invasive	3	

La courbe de survie de Kaplan–Meier montre une diminution rapide de la probabilité de survie dès les premiers jours d’hospitalisation en réanimation. La probabilité de survie chute de façon marquée durant la phase initiale du séjour, avec une concentration importante des décès précoces. Cette dynamique suggère que la période critique du pronostic vital se situe dans les tout premiers jours suivant l’admission.

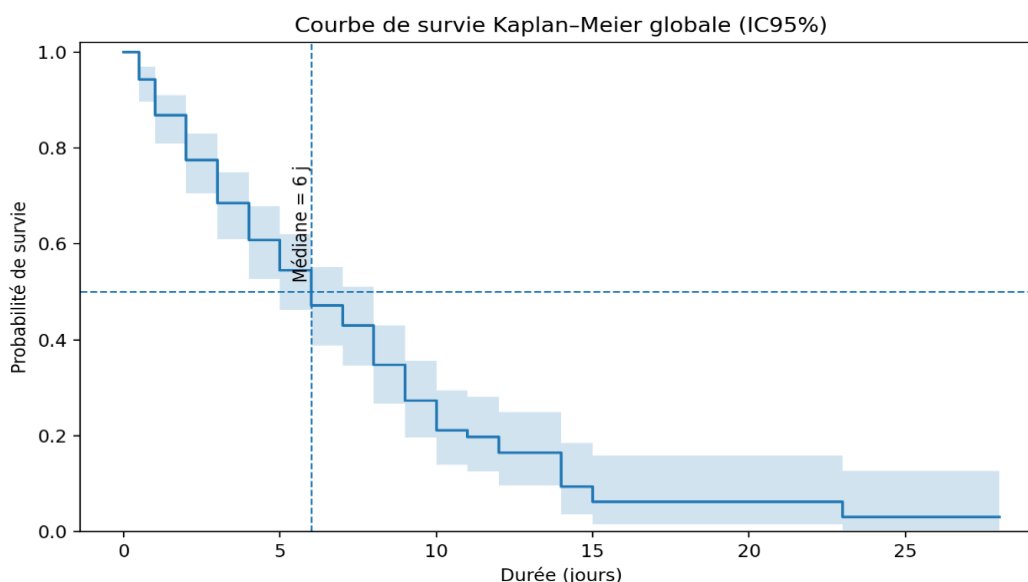


Fig. 1. Courbe de survie globale selon la méthode de Kaplan–Meier chez les patients admis en réanimation pour COVID-19 (IC 95 %)

3.3 ANALYSE DE SURVIE STRATIFIÉE (KAPLAN–MEIER ET TEST DU LOG-RANK)

3.3.1 SURVIE SELON L'ÂGE

Les patients âgés de 60 ans et plus présentaient une survie significativement plus faible que les patients plus jeunes. La médiane de survie était de 4 jours chez les ≥ 60 ans, contre 9 jours chez les < 60 ans. La différence entre les courbes de survie était statistiquement significative (test du log-rank, $p < 0,001$).

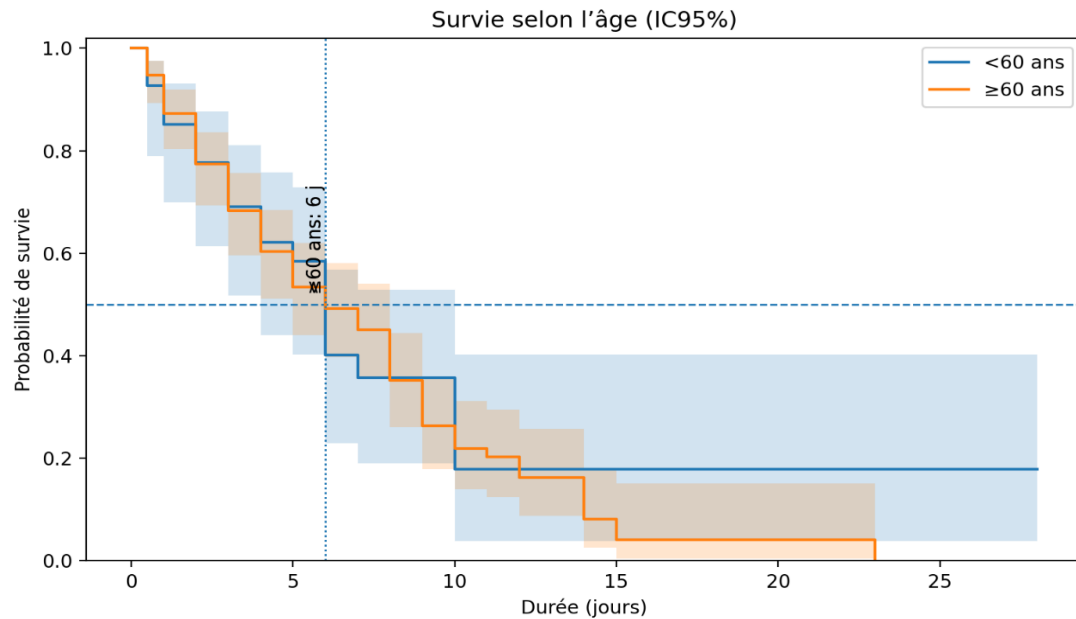


Fig. 2. Courbes de survie selon l'âge estimées par la méthode de Kaplan–Meier chez les patients admis en réanimation pour COVID-19 (IC 95 %)

3.3.2 SURVIE SELON LE STATUT VACCINAL

Les patients non vaccinés présentaient une survie significativement plus courte comparativement aux patients vaccinés. La médiane de survie était estimée à 5 jours chez les non-vaccinés, contre 10 jours chez les patients vaccinés. La différence de survie était statistiquement significative (log-rank, $p = 0,01$).

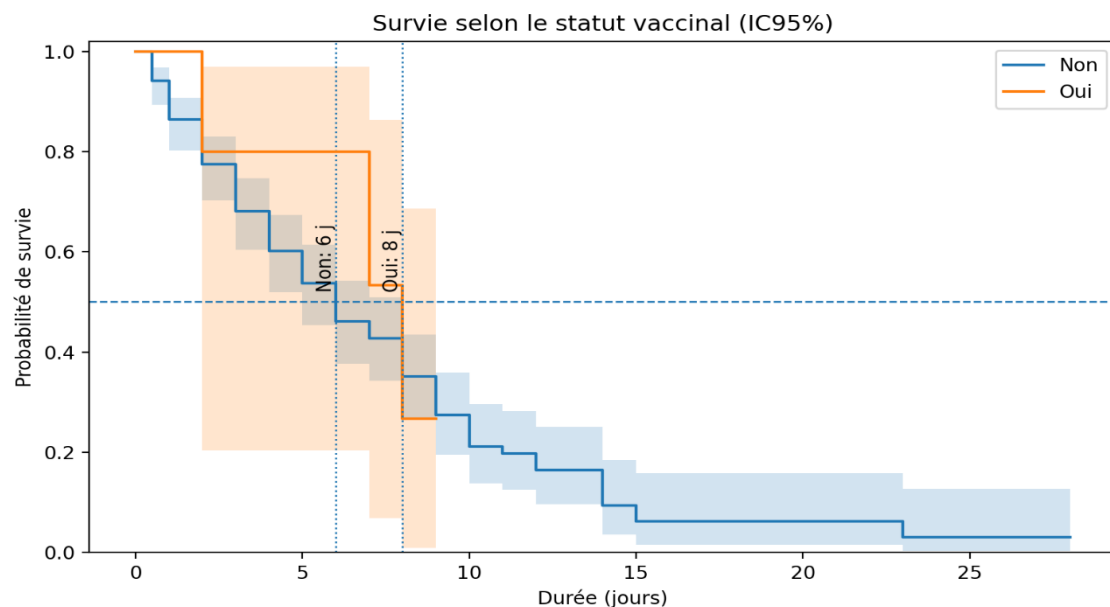


Fig. 3. Courbes de survie selon le statut vaccinal estimées par la méthode de Kaplan–Meier chez les patients admis en réanimation pour COVID-19 (IC 95 %)

3.3.3 SURVIE SELON LE TYPE DE SUPPORT VENTILATOIRE

Le type de ventilation était fortement associé à la survie. Les patients sous oxygénothérapie simple présentaient les meilleures probabilités de survie, avec une médiane de survie de 12 jours. Cette survie diminuait chez les patients sous ventilation non invasive (VNI), avec une médiane de 6 jours, et était particulièrement faible chez les patients sous ventilation artificielle invasive, dont la médiane de survie était de 3 jours.

Les différences entre les courbes de survie selon le type de ventilation étaient hautement significatives (log-rank, $p < 0,001$), illustrant un gradient clair de gravité clinique.

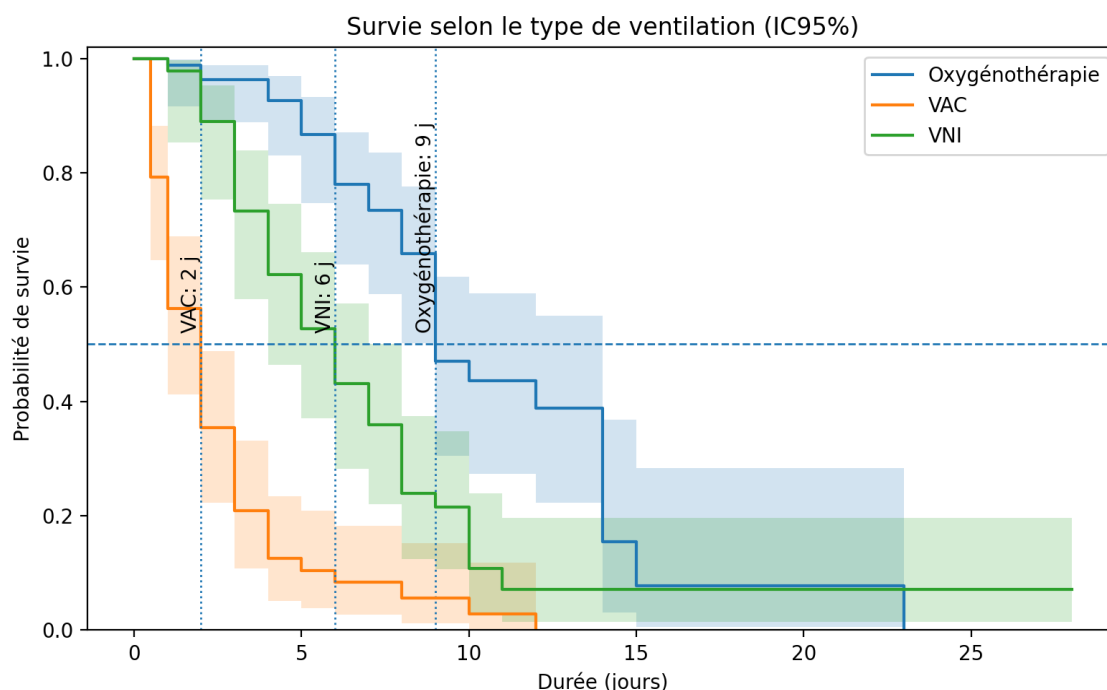


Fig. 4. Courbes de survie selon le type de support ventilatoire estimées par la méthode de Kaplan-Meier chez les patients admis en réanimation pour COVID-19 (IC à 95 %)

3.4 ANALYSE BIVARIÉE DES FACTEURS ASSOCIÉS AU DÉCÈS

En analyse bivariée, plusieurs facteurs étaient significativement associés au décès. Un âge ≥ 60 ans était associé à une augmentation du risque de décès (OR = 2,45, IC à 95 % [1,30–4,60], $p = 0,005$). Le statut non vacciné était également associé à une mortalité plus élevée (OR = 2,10, IC à 95 % [1,15–3,85], $p = 0,015$).

La présence de diabète était associée au décès (OR = 1,80, IC à 95 % [1,00–3,20], $p = 0,048$), tandis que l'hypertension artérielle montrait une tendance non significative (OR = 1,65, IC à 95 % [0,95–2,90], $p = 0,07$). Le recours à une ventilation invasive était fortement associé à la mortalité (OR = 10,5, IC à 95 % [4,8–23,0], $p < 0,001$).

Tableau 2. Analyse bivariée des facteurs associés à la mortalité chez les patients admis en réanimation pour COVID-19

Facteur de risque	Odds Ratio (OR)	IC à 95 %	p-value
Âge ≥ 60 ans	2,45	1,30 – 4,60	0,005*
Sexe masculin	1,30	0,75 – 2,25	0,32
Statut non vacciné	2,10	1,15 – 3,85	0,015*
Diabète	1,80	1,00 – 3,20	0,048
Hypertension artérielle	1,65	0,95 – 2,90	0,07
Ventilation mécanique invasive	10,5	4,8 – 23,0	< 0,001*

3.5 ANALYSE MULTIVARIÉE: MODÈLE DE COX

En analyse multivariée, après ajustement sur les facteurs cliniques et démographiques pertinents, plusieurs variables restaient indépendamment associées au risque de décès.

L'âge était associé de manière significative à la mortalité, avec une augmentation du risque de décès de 3 % par année supplémentaire (HR ajusté = 1,03, IC à 95 % [1,01 – 1,05], $p = 0,002$).

Le statut non vacciné demeurait significativement associé au décès (HR ajusté = 1,75, IC à 95 % [1,10 – 2,80], $p = 0,02$). Le diabète était également associé à une augmentation du risque de décès après ajustement (HR ajusté = 1,55, IC à 95 % [1,00 – 2,40], $p = 0,049$).

Le type de ventilation constituait le facteur le plus fortement associé à la mortalité. Comparativement aux patients sous oxygénothérapie simple, ceux nécessitant une ventilation non invasive présentaient un risque de décès multiplié par 2,4 (HR ajusté = 2,40, IC à 95 % [1,45 – 3,95], $p < 0,001$), tandis que les patients sous ventilation invasive présentaient un risque de décès 8,65 fois plus élevé (HR ajusté = 8,65, IC à 95 % [4,90 – 15,2], $p < 0,001$). Le sexe et l'hypertension artérielle n'étaient pas significativement associés au décès après ajustement.

Tableau 3. Facteurs indépendamment associés à la mortalité chez les patients admis en réanimation pour COVID-19: modèle de Cox multivarié

Facteurs	HR ajusté	IC à 95 %	p-value
Âge (par an)	1,03	1,01 – 1,05	0,002*
Sexe masculin	1,20	0,80 – 1,80	0,36
Non vacciné	1,75	1,10 – 2,80	0,02*
HTA	1,30	0,85 – 2,00	0,22
Diabète	1,55	1,00 – 2,40	0,049
Détresse respiratoire	2,80	1,70 – 4,60	<0,001*
VNI vs O ₂	2,40	1,45 – 3,95	<0,001*
Ventilation invasive vs O ₂	8,65	4,90 – 15,2	<0,001*

4 DISCUSSION

Cette analyse de survie réalisée chez des patients admis en réanimation pour COVID-19 met en évidence une mortalité élevée (65,7 %) et précoce, concentrée dans les premiers jours suivant l'admission. La médiane de survie de 6 jours observée dans notre cohorte traduit une évolution rapidement défavorable chez une proportion importante de patients, confirmant la gravité extrême des formes nécessitant une prise en charge en soins intensifs.

Les facteurs indépendamment associés au décès étaient l'âge, le diabète, le statut vaccinal et surtout le type de support ventilatoire, la ventilation invasive étant le déterminant pronostique le plus fortement associé à la

La mortalité observée dans notre étude est supérieure à celle rapportée dans la majorité des cohortes européennes et nord-américaines, où la mortalité en soins intensifs varie généralement entre 30 % et 40 % [1], [2]. Par exemple, dans la région de Lombardie en Italie, Grasselli et al. (2020) rapportaient une mortalité d'environ 26 % chez les patients admis en réanimation, tandis que d'autres études multicentriques européennes rapportaient des taux avoisinant 35 % [1].

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cet écart. D'une part, notre population semble caractérisée par une sévérité clinique plus élevée à l'admission, avec un recours fréquent à des supports ventilatoires avancés. D'autre part, des contraintes structurelles et organisationnelles, notamment l'accès limité aux lits de réanimation et à la ventilation invasive dans certains contextes, peuvent entraîner des admissions plus tardives, à un stade avancé de la détresse respiratoire aiguë. Ces éléments ont également été soulignés dans plusieurs études observationnelles menées en contexte de surcharge des systèmes de santé [2].

L'âge avancé apparaît comme un facteur majeur de mortalité dans notre cohorte, ce qui est en parfaite concordance avec les données internationales. De nombreuses études ont montré que le risque de décès lié à la COVID-19 augmente de manière exponentielle avec l'âge, en particulier chez les patients de plus de 60 ans [3], [4].

Kaeuffer et al. (2020) ont rapporté que l'âge avancé était l'un des principaux facteurs associés aux formes sévères et à la mortalité, indépendamment des autres comorbidités. Cette association est généralement attribuée à une combinaison de facteurs, incluant l'immunosénescence, la prévalence accrue des maladies chroniques et une réserve physiologique diminuée chez les patients âgés.

Dans notre étude, le diabète était indépendamment associé à un risque accru de décès, tandis que l'hypertension artérielle n'était pas significativement associée après ajustement. Ces résultats sont cohérents avec la littérature, qui identifie le diabète comme un facteur de mauvais pronostic chez les patients atteints de COVID-19 sévère [4], [5].

Les mécanismes proposés incluent une réponse inflammatoire exacerbée, des altérations de l'immunité innée et adaptative, ainsi qu'un risque accru de complications métaboliques et thromboemboliques. Dans plusieurs études issues, l'obésité et le surpoids étaient également associés aux formes sévères, bien que leur effet puisse être partiellement médié par la gravité respiratoire initiale [1].

Le type de support ventilatoire est apparu comme le facteur le plus fortement associé à la mortalité dans notre analyse. Les patients nécessitant une ventilation invasive présentaient un risque de décès près de neuf fois supérieur à celui des patients sous oxygénothérapie simple. Ce résultat est largement concordant avec la littérature, où la ventilation mécanique invasive est systématiquement associée à une mortalité élevée [6], [7].

Plusieurs études soulignent que la ventilation invasive constitue avant tout un marqueur de gravité, reflétant une atteinte pulmonaire sévère et un syndrome de détresse respiratoire aiguë avancé. À cet égard, le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à l'admission a été identifié comme un prédicteur important de la survie, un rapport supérieur à 200 mmHg étant associé à un meilleur pronostic [8].

Le statut vaccinal était associé à une meilleure survie dans notre cohorte, même après ajustement sur l'âge, les comorbidités et la gravité clinique. Bien que certaines études incluses aient été réalisées avant la généralisation de la vaccination, des données plus récentes suggèrent que la vaccination réduit non seulement l'incidence des formes graves, mais également la mortalité chez les patients hospitalisés [9].

Ce résultat renforce l'importance de la vaccination comme outil majeur de prévention, y compris dans la réduction de la charge en soins intensifs et de la mortalité associée à la COVID-19.

La concentration des décès dans les premiers jours suivant l'admission en réanimation souligne l'importance d'une prise en charge précoce et optimisée des patients à haut risque. L'identification rapide des patients âgés, diabétiques ou présentant une détresse respiratoire sévère, pourrait permettre une anticipation du besoin en support ventilatoire avancé et une allocation plus efficiente des ressources.

Dans les contextes à ressources limitées, ces résultats plaident également pour le renforcement des stratégies de prévention, en particulier la vaccination, afin de réduire la pression sur les unités de soins intensifs.

Cette étude présente certaines limites dont son caractère observationnel exposé à un risque de biais de confusion résiduel. L'absence de certains scores de gravité (SOFA, APACHE II) et de paramètres biologiques détaillés limite l'ajustement sur la sévérité initiale. Enfin, la généralisation des résultats doit être interprétée avec prudence, compte tenu du contexte spécifique de prise en charge.

5 CONCLUSION

Cette étude confirme que la mortalité des patients admis en réanimation pour COVID-19 demeure élevée et survient précocement après l'admission. L'âge avancé, la présence de diabète, la gravité de l'atteinte respiratoire et le recours à la ventilation mécanique invasive constituent les principaux déterminants du pronostic, tandis que la vaccination apparaît associée à une meilleure survie. Ces résultats sont globalement cohérents avec les données rapportées dans la littérature internationale et renforcent les connaissances existantes dans un contexte de pays à ressources limitées.

Sur le plan de la recherche, ces résultats soulignent la nécessité de mener des études multicentriques intégrant des effectifs plus importants, ainsi que des analyses longitudinales incluant des scores de gravité et des données biologiques, afin de mieux caractériser les trajectoires cliniques et d'affiner les modèles prédictifs de mortalité en réanimation.

Sur le plan opérationnel, les résultats de cette étude appellent au renforcement des stratégies de prévention, en particulier l'amélioration de la couverture vaccinale des populations à risque, ainsi qu'à l'identification précoce des patients présentant des facteurs de gravité. L'optimisation de la prise en charge respiratoire, avec un recours adapté et précoce aux différentes modalités de support ventilatoire, ainsi que le renforcement des capacités des services de réanimation, constitue des leviers essentiels pour réduire la mortalité. L'utilisation systématique des données probantes issues des analyses de survie peut également contribuer à améliorer la planification des soins et la prise de décision clinique en contexte de ressources limitées.

REFERENCES

- [1] G. Grasselli *et al.*, « Baseline Characteristics and Outcomes of 1591 Patients Infected With SARS-CoV-2 Admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy », *JAMA*, vol. 323, n° 16, p. 1574, avr. 2020, doi: 10.1001/jama.2020.5394.
- [2] M. J. Cummings *et al.*, « Epidemiology, clinical course, and outcomes of critically ill adults with COVID-19 in New York City: a prospective cohort study », *The Lancet*, vol. 395, n° 10239, p. 1763-1770, juin 2020, doi: 10.1016/S0140-6736 (20) 31189-2.
- [3] C. Kaeuffer *et al.*, « Caractéristiques cliniques et facteurs de risque associés aux formes sévères de COVID-19 : analyse prospective multicentrique de 1045 cas », *Médecine et Maladies Infectieuses*, vol. 50, n° 6, p. S27, sept. 2020, doi: 10.1016/j.medmal.2020.06.440.
- [4] A. B. Docherty *et al.*, « Features of 20 133 UK patients in hospital with covid-19 using the ISARIC WHO Clinical Characterisation Protocol: prospective observational cohort study », *BMJ*, p. m1985, mai 2020, doi: 10.1136/bmj.m1985.
- [5] Z. Wu et J. M. McGoogan, « Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention », *JAMA*, vol. 323, n° 13, p. 1239, avr. 2020, doi: 10.1001/jama.2020.2648.
- [6] S. Richardson *et al.*, « Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area », *JAMA*, vol. 323, n° 20, p. 2052, mai 2020, doi: 10.1001/jama.2020.6775.
- [7] D. A. Berlin, R. M. Gulick, et F. J. Martinez, « Severe Covid-19 », *N Engl J Med*, vol. 383, n° 25, p. 2451-2460, déc. 2020, doi: 10.1056/NEJMcp2009575.
- [8] Y. Chen *et al.*, « Risk factors for mortality due to COVID-19 in intensive care units: a single-center study », *Ann Transl Med*, vol. 9, n° 4, p. 276-276, févr. 2021, doi: 10.21037/atm-20-4877.
- [9] The WHO Rapid Evidence Appraisal for COVID-19 Therapies (REACT) Working Group *et al.*, « Association Between Administration of Systemic Corticosteroids and Mortality Among Critically Ill Patients With COVID-19: A Meta-analysis », *JAMA*, vol. 324, n° 13, p. 1330, oct. 2020, doi: 10.1001/jama.2020.17023.

Effet de la fréquence d'irrigation et de la coupe sur la phénologie et la production fourragère de deux variétés de luzerne en zone sahélienne du Niger

[Effect of irrigation frequency and cutting on the phenology and forage production of two alfalfa varieties in the Sahelian zone of Niger]

Ibrahim Adamou Karimou¹, Harouna Abdou², and Adamou Abdou Amoud²

¹Département des Productions Animales et Technologie des Aliments, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Djibo Hamani de Tahoua Niger. BP: 255, Tahoua, Niger

²Département des Productions Animales, Faculté des Sciences Agronomiques et Technologies Alimentaires, Université Boubacar BÂ de Tillabéry, BP: 175 Tillabéry, Niger

Copyright © 2026 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: Animal feed remains the principal constraint to livestock development in the Sahel. This study aims to examine the influence of irrigation frequency and cutting interval on the productivity of two alfalfa varieties (Dynamo and Sunter) cultivated under irrigation in the Sahelian zone of Niger. The experimental set-up consisted of an initial split-plot trial in which the main factor was the variety and the secondary factor the irrigation frequency. Following this first experiment, the same design was reproduced, this time considering the cutting interval as the secondary factor. The results revealed emergence rates of 10% for the Dynamo variety and 8% for the Sunter variety. The irrigation regime involving two consecutive days of watering followed by two days of rest produced the highest number of shoots (12.5 ± 3.1), a main stem height of 36.3 ± 2.0 cm, and an average forage yield of 130 kg DM/ha for Dynamo. For Sunter, daily irrigation resulted in 10.4 ± 5.6 shoots, a main stem height of 31.3 ± 12.1 cm, and a high yield of 85.5 kg DM/ha. Regarding cutting frequency, the highest forage production for Dynamo was obtained with an 18-day cutting interval (133.9 kg DM/ha), compared with the other treatments. For Sunter, the 21-day interval yielded the highest production (135 kg DM/ha). Consequently, the average dry-matter forage production over a two-week period under the irrigation-frequency treatments was 27.8 kg DM/ha for Dynamo and 19.9 kg DM/ha for Sunter. Under the cutting-frequency treatments, average forage production over a 24-day period was 28.8 kg DM/ha for Dynamo and 19.6 kg DM/ha for Sunter. Given the conditions under which this experiment was carried out, alfalfa cultivation appears highly promising. Substantially higher yields can be expected when it is grown under more favourable conditions.

KEYWORDS: effect of irrigation frequency, effect of cutting, Forage production, Alfalfa, Sahelian zone, Tahoua.

RESUME: L'alimentation animale constitue le véritable frein au développement de l'élevage au Sahel. La présente étude a pour objectif d'analyser l'influence de la fréquence d'irrigation et de la coupe sur la productivité de deux variétés de luzerne (Dynamo et Sunter), cultivées en irriguée dans la zone sahélienne au Niger. Le dispositif expérimental est constitué d'un premier essai en Split plot où le facteur principal était la variété et le facteur secondaire la fréquence d'irrigation. Après cet essai, le même dispositif est reconduit en considérant la fréquence de la coupe comme facteur secondaire. Il ressort des résultats un taux de levée de 10% pour la variété Dynamo et 8% pour la variété Sunter. L'irrigation de deux jours de suite et deux jours de pause est le traitement qui a permis d'avoir le nombre de rameaux le plus élevé qui est de $12,5 \pm 3,1$, avec une hauteur de tige principale de $36,3 \pm 2,0$ et une production fourragère moyenne de 130kgMS/ha pour la variété Dynamo. Pour la variété Sunter, c'est l'irrigation de tous les jours qui a permis d'obtenir un nombre de rameaux de $10,4 \pm 5,6$, une hauteur de la tige principale de $31,3 \pm 12,1$ et un rendement élevé de 85,5kgMS/ha. Pour la fréquence de coupe, la production fourragère la plus importante est la coupe à 18jours (133,9kgMS/ha), par rapport aux autres traitements, pour la variété Dynamo. Pour la variété Sunter, c'est la coupe au 21^{ème} jours qui est la plus importante (135kgMS/ha) par rapport aux autres traitements. Ainsi la production fourragère moyenne en matière sèche en deux semaines pour la fréquence d'irrigation est de 27,8kgMS/ha pour la variété Dynamo et 19,9kgMS/ha pour la variété Sunter. Pour la fréquence de coupe, la production fourragère

moyenne en 24 jours est de 28,8kgMS/ha pour la variété Dynamo et 19,6kgMS/ha pour la variété Sunter. Cette culture est prometteuse, vue les conditions de réalisation de cet essai. Elle peut mieux produire lorsqu'elle est cultivée dans des conditions meilleures.

MOTS-CLEFS: fréquence d'irrigation, fréquence la coupe, production fourragère, Luzerne, zone sahélienne, Tahoua.

1 INTRODUCTION

Au Niger, les possibilités de pâturages naturels pour un élevage extensif sont très limitées et le pays fait face à un besoin croissant de fourrages et d'autres aliments de bétails pour nourrir son important cheptel [1]. De nos jours, l'alimentation du troupeau est essentiellement basée sur la production fourragère des parcours naturels et de quelques résidus de cultures [2]. Ces deux productions n'arrivent pas à couvrir les besoins des animaux. Ainsi, la persistance des cycles de sécheresses a eu comme conséquence la pauvreté des résidus de récolte, un déficit alimentaire en quantité et en qualité, la non couverture des besoins et la réduction considérable des performances de production des animaux [3].

Plusieurs cultures fourragères sont expérimentées au Niger, pourtant la culture fourragère en irrigué est très peu pratiquée. Les principales raisons sont le manque d'information sur l'existence de ces cultures, la méconnaissance de leur importance même si elles sont connues, le manque de technicité pour les conduire et la non disponibilité des semences pour certaines cultures [4]. La luzerne (*Medicago sativa L.*) constitue l'espèce fourragère la plus cultivée au niveau des régions sahariennes. Cette légumineuse, capable de fixer l'azote de l'air, se passant ainsi des engrais chimiques [5]. Elle est caractérisée par une grande richesse en protéines, un bon comportement en cas de sécheresse, et des atouts agronomiques et environnementaux [6].

En culture pure, il faut, en zone sahélienne, un peuplement dense avec une semence de 25 kg par hectare et les rendements sont de l'ordre de 10 voire 15 tonnes de matière sèche par hectare [7]. Son fourrage convient à la production de viande, et de lait et aux performances physiques de toutes les espèces ruminantes. La luzerne est donc une espèce fourragère à haute valeur énergétique, bien appétée et bien adaptée aux régions chaudes comme le Niger et très adaptée au changement climatique [1].

Par ailleurs, la luzerne est exploitée sur 3 à 5 ans par des coupes successives à intervalle régulier ([7], ([8])). La présente étude portant sur l'évaluation de l'influence de la fréquence de la coupe et de l'irrigation sur la productivité de cette légumineuse, avait pour but d'évaluer, dans un environnement sahélien très stressant, les options de mise en place d'une banque fourragère à base de luzerne.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La phase expérimentale a été conduite sur le site expérimental de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Djibo Hamani de Tahoua situé dans la commune urbaine de Tahoua (Figure 1) compris entre 378m d'altitude, à la latitude 005°16'15.1" Est et à la longitude 14°51'13.9" Nord. Le climat est de type sahélien et se décompose en une saison sèche et froide, d'Octobre à Janvier, une saison sèche et chaude, de Février à mi-Juin et Une saison pluvieuse, de mi-Juin à Septembre. Le sol caractérisé par une bonne infiltration d'eau, se caractérise par une structure limono-sableuse. La température était de 36,5°C pour la moyenne maximale et 23,4°C pour la température moyenne minimale. L'humidité qui règne dans l'environnement de production n'excède pas 50%.

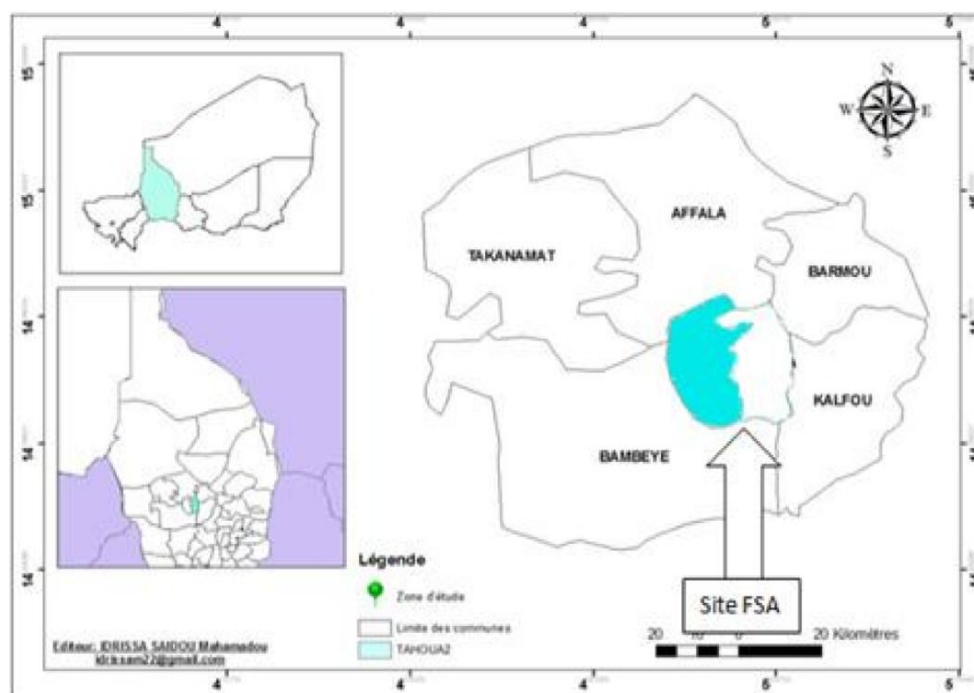


Fig. 1. Localisation géographique de la zone d'étude

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Deux essais à deux facteurs étudiés ont été successivement utilisés dans un même dispositif en split plot (Figure 2). Un premier dispositif (Variétés X Fréquences d'irrigation) avec trois (03) blocs (répétition) espacés les uns des autres d'un (1) m. Chaque bloc comprend deux parcelles principales occupées chacune par une variété de luzerne (V_1 =Dynamoet V_2 =Sunter). Chaque parcelle principale est divisée en quatre parcelles secondaires correspondant à quatre (04) traitements de fréquence d'irrigation (T_0 : irrigation tous les jours; T_1 : irrigation tous les deux jours; T_2 : deux jours d'irrigation, 1 jour de pause; T_3 : deux jours d'irrigation, 2 jours de pause). Les parcelles secondaires (3 m x 2m), d'une superficie de 6 m² chacune, sont espacées les unes des autres d'un (1) m à l'intérieur de la parcelle principale. Les deux parcelles principales d'un même bloc sont espacées l'une de l'autre de 0,5 m.

Pour l'analyse de la fréquence de la coupe, le même dispositif en split plot est mis en place après une coupe à ras du sol de la luzerne en fin d'expérimentation. Dans ce nouveau dispositif utilisant les souches coupées de la luzerne du précédent dispositif, les fréquences d'irrigation ont été simplement remplacées par quatre modalités de fréquence de coupe:

- T_0 : Coupe tous les 15 jours
- T_1 : Coupe tous les 18 jours
- T_2 : Coupe tous les 21 jours
- T_3 : Coupe tous les 24 jours

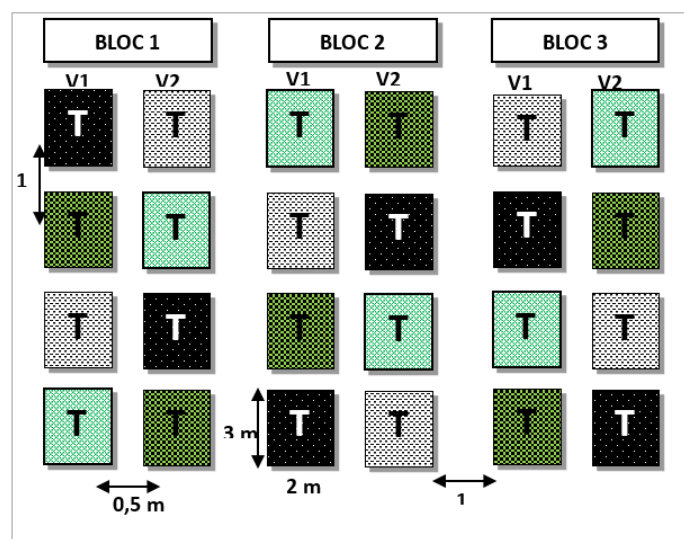


Fig. 2. Dispositif expérimental en split plot pour les essais d'analyse de l'effet des fréquences d'irrigation et de la coupe

Légende: Pour l'analyse de la fréquence d'irrigation T_0 : Irrigation tous les jours; T_1 : Irrigation tous les deux jours; T_2 : Deux jours d'irrigation, 1 jour de pause; T_3 : Deux jours d'irrigation, 2 jours de pause. Pour l'analyse de la fréquence de la coupe T_0 : Coupe tous les 15 jours; T_1 : Coupe tous les 18 jours; T_2 : Coupe tous les 21 jours; T_3 : Coupe tous les 24 jours

2.3 CONDUITE DES ESSAIS

Une préparation préalable du sol a été faite avant le semis en vue de désherber, d'ameublir afin de favoriser un meilleur développement et une bonne croissance des espèces. Le semis a été à la volée à raison de quinze (15) gramme par parcelle de $6m^2$ à une profondeur de 2 à 3 cm. Le mode d'irrigation pratiqué était l'aspersion classique avec des arrosoirs et ce, jusqu'à la levée (20 jours après semis). L'irrigation par aspersion était utilisée lors de l'essai de l'analyse de la fréquence d'irrigation avec en moyenne de 20 mm par $6m^2$ par la formule. Un désherbage manuel est effectué régulièrement. Un apport de NPK a été effectué à la volée au 2^{ème} jour après la première coupe à la dose de 100 kg à l'hectare.

2.4 COLLECTE DES DONNÉES

Les observations sur la levée ont été faites tous les jours sur une période de dix (10) jours afin de déterminer la durée et le taux de levée. Les mesures sur la croissance ont débuté le 7^{ème} jour après semis et étaient effectuées tous les 7 jours jusqu'à la coupe. Les paramètres agronomiques mesurés étaient la hauteur de la tige principale, le nombre de rameaux, le nombre de feuille trifoliée, la longueur et la largeur de la foliole et le poids de la biomasse fraîche. La récolte est effectuée au moment de la floraison. La fréquence d'irrigation a été mise en place pour les autres coupes, juste après la 1^{ère} coupe. Les plants sont coupés de 5 à 7 cm du collet pour permettre une meilleure régénération. Le séchage de la biomasse foliaire est effectué à la température ambiante jusqu'à l'obtention d'un poids constant. L'évaluation de la capacité de régénération de la luzerne est effectuée après la coupe en observant l'émergence des nouveaux rameaux.

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

La normalité de la distribution des données étudiées étant testée par ajustement à la droite de Henri, les paramètres de croissance ont été analysés à l'aide du logiciel SPSS selon le modèle linéaire lié à un dispositif en Split plot pour 2 facteurs:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \text{Bik} + \epsilon_{ijk}$$

Où Y_{ijk} est la donnée observée dans le bloc k du traitement (i, j) , c'est à dire la modalité i du facteur A et j du facteur B,

μ est la moyenne générale estimée par $Y...$,

α_i est l'effet de la modalité i du facteur principal A, estimé par $Y_i. - Y...$,

β_j est l'effet de la modalité j du facteur secondaire B, estimé par $Y.j. - Y...$,

$(\alpha\beta)_{ij}$ est l'interaction du traitement (i, j) , estimée par $Y_{ij}. - Y_i. - Y.j. + Y...$,

δk est l'effet aléatoire du bloc k , estimé par $Y.k - Y...$,

Bik est l'effet aléatoire de la grande parcelle du bloc k qui porte la modalité i du facteur A ,

et $eijk$ est l'erreur résiduelle sur la petite parcelle du bloc k qui porte le traitement (i, j) .

3 RÉSULTATS

3.1 GERMINATION DES GRAINES ET CROISSANCE DES PLANTES

Le taux de germination des semences était de 83,3 % et 66,6% avec une durée de germination de 4 et 5 jours respectivement pour les variétés Dynamo et Sunter. La dernière levée a été observée aux 7 et 8^{ème} jours après semis avec un taux de 10% et 8% pour les variétés Dynamo et Sunter respectivement.

Au démarrage, la croissance des plants de luzerne était lente avec un accroissement moyen de 7,1 et 6,8 cm respectivement pour les deux variétés dynamo et sunter (Figure 3). Cette croissance s'est accélérée (accroissement moyen 11,7 et 10,6cm) entre le 21^{ème} et 28^{ème} jour après semis. Le pic de croissance est observé à partir du 28^{ème} jour après semis et ce, jusqu'à la récolte. Les deux variétés se caractérisent par une évolution de la croissance de la hauteur des plants bien similaire (Figure 3a).

Les 1^{ères} ramifications sont observées au 14^{ème} jour après semis. Ainsi, l'analyse des courbes des deux variétés testées montre une évolution croissante du nombre de rameaux de la luzerne du 14^{ème} jour après semis jusqu'à la coupe (Figure 3b). En revanche, l'augmentation du nombre de rameaux était lente entre le 14^{ème} et le 21^{ème} jour après semis avec une moyenne d'un seul rameau pour toutes les deux variétés. A partir du 21^{ème} et jusqu'au 28^{ème}, un pic d'apparition de rameaux pour les deux variétés a été observé. Du 28^{ème} au 37^{ème} jour après semis, l'émergence de nouveau rameaux était plus importante pour la variété Sunter avec en moyenne 6,1 rameaux par rapport à la variété Dynamo (5,6 rameaux). La ramification s'est ralenti du 35^{ème} JAS jusqu'à la récolte pour la variété Sunter (8,8 rameaux) alors qu'elle s'est accentué un peu plus pour la variété dynamo qui avait enregistré une moyenne 9,7 rameaux. Les deux variétés se sont caractérisées par une évolution d'apparition de rameaux bien similaire même si une légère différence est observée entre les deux variétés durant le cycle évolutif.

Le nombre de feuilles trifoliolées s'est progressivement accru pendant les premières semaines qui ont précédé la ramification, pour passer à un maximum de 15 pour la variété Sunter et 19 pour la variété Dynamo (Figure 3c). Celui-ci est plus important de la quatrième semaine jusqu'à la coupe avec un nombre maximum de 18,4 pour la variété Sunter et 22,5 pour la variété Dynamo. Les deux variétés se caractérisent par une évolution du nombre de feuilles trifoliolées bien différente du semis jusqu'à la récolte.

La longueur de la foliole a évolué rapidement pendant les 3 premières semaines, n passant de 0,4 m à 1,6 m avec en moyenne 1,4 m pour la variété Dynamo et 1,3 m pour la variété Sunter (Figure 3d). Cet accroissement foliaire ainsi observé était moins marqué pendant les deux dernières semaines pour toutes les deux variétés. Les deux variétés se sont caractérisées par une évolution de la longueur foliole assez similaire.

La largeur de la foliole était relativement constante pendant les trois premières semaines chez toutes les deux variétés (Figure 3e) avant de connaître un accroissement très marqué de manière jusqu'au stade de floraison. Par ailleurs, une évolution plus importante de largeur de la variété Sunter (avec une largeur moyenne de 1,2cm) a été notée par rapport à la variété Dynamo qui a atteint une largeur maximale de 1,1cm au 42^{ème} JAS. Les premières fleurs sont apparues le 33^{ème} jour après semis. L'époque de la floraison se situe autour du 40^{ème} jour après semis. Elle est suivie de la fructification à partir du 45^{ème} jour. Toutefois, les gousses n'ont pas atteint le stade remplissage, ni mûrissement avant la coupe des luzernières.

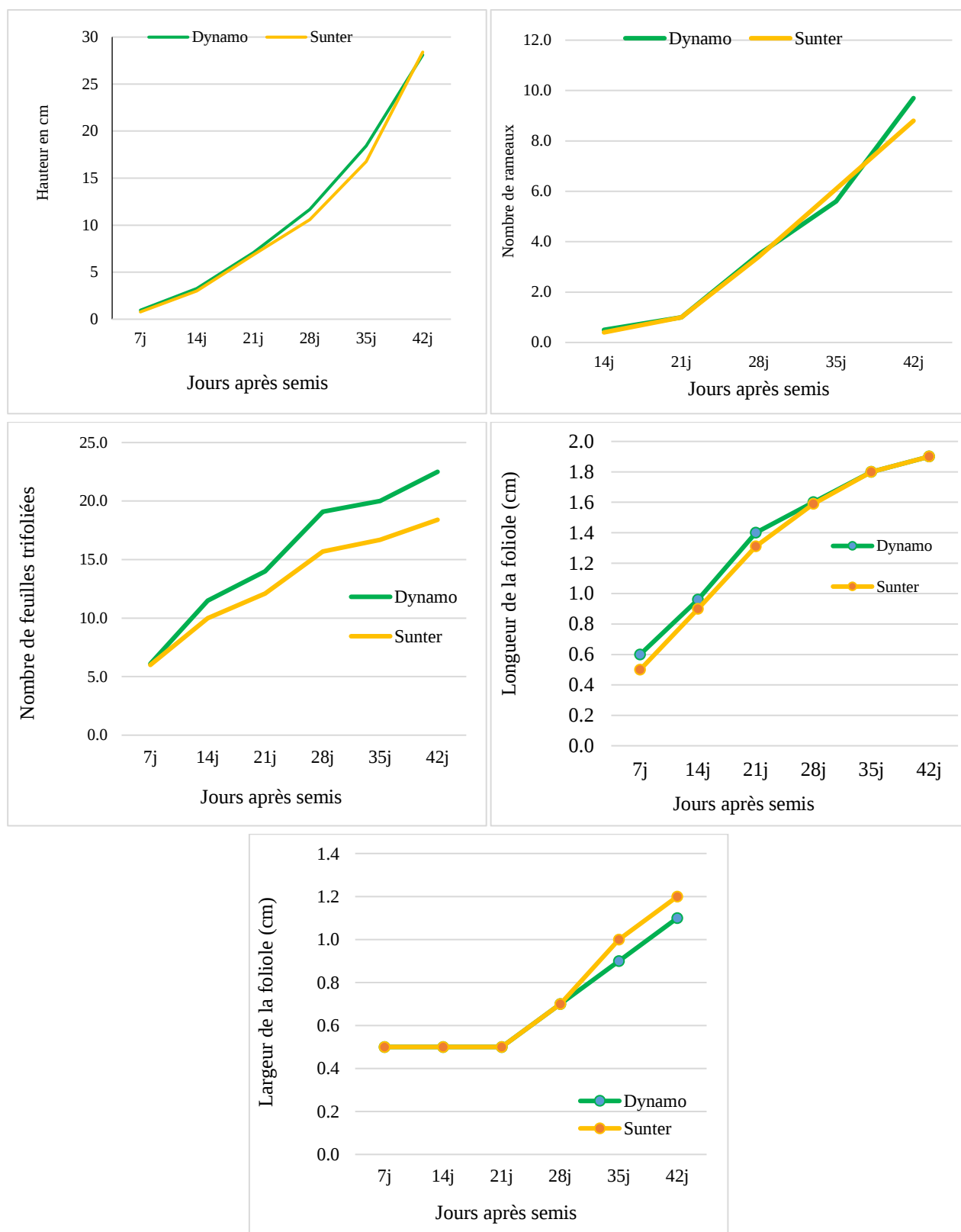


Fig. 3. Phénologiques de la croissance de la luzerne

3.2 INFLUENCE DE LA FRÉQUENCE D'IRRIGATION SUR LA LUZERNE

L'analyse de variance des paramètres de croissance de la luzerne à la 2^{ème} coupe, a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les paramètres mesurés ($P \geq 0,05$) selon les variétés (Tableau 1). Pour la fréquence d'irrigation, l'analyse a montré qu'il n'y a pas de différences significatives ($P > 0,05$) entre les traitements sur les paramètres mesurés.

Tableau 1. ANOVA des paramètres de croissance de la luzerne à la 2^{ème} coupe

Variables		Modalité	http	NbR	NbFtrifoli	Long foli	Largfoli
Moyenne générale (g/ 144m²)			34,0±8,5	11,0±3,4	22,8±7,1	2,2±0,5	1,2±0,3
Variétés		Dynamo	36,8±6,5	11,9±2,8	24,8±5,8	2,3±0,4	1,2±0,2
		Sunter	31,2±9,3	10,1±3,6	20,9±7,8	2,2±0,7	1,2±0,3
		P-value	0,051	0,147	0,184	0,535	0,517
Fréquence d'irrigation		Fréquence (T ₀)	35,56±10,99	11,56±4,44	24,44±8,92	2,300±0,581	1,194±0,267
		Fréquence (T ₁)	33,39±5,86	10,28±2,52	19,78±3,78	2,361±0,627	1,222±0,251
		Fréquence (T ₂)	31,67±11,99	10,28±3,87	21,83±8,74	1,917±0,535	1,028±0,356
		Fréquence (T ₃)	35,50±4,95	11,94±2,86	25,22±6,43	2,389±0,328	1,2778±0,1721
		P-value	0,842	0,702	0,242	0,761	0,592
Variété x Fréquence d' irrigation	Dynamo	Fréquence (T ₀)	39,7±10,0	12,6±3,7	28,0±6,2	2,5±0,5	1,1±0,0
		Fréquence (T ₁)	36,5±6,85	11,0±2,6	19,8±3,6	2,2±0,2	1,1±0,2
		Fréquence (T ₂)	34,6±7,6	11,3±3,2	22,4±2,4	2,0±0,3	1,0±0,2
		Fréquence (T ₃)	36,3±2,0	12,5±3,1	28,7±6,6	2,4±0,2	1,2±0,09
	Sunter	Fréquence (T ₀)	31,3±12,1	10,4±5,6	20,8±11,0	2,1±0,6	1,2±0,3
		Fréquence (T ₁)	30,2±2,9	9,5±2,7	19,6±4,7	2,5±0,9	1,2±0,2
		Fréquence (T ₂)	28,6±16,5	9,2±4,8	21,2±13,5	1,833±0,7	1,0±0,5
		Fréquence (T ₃)	34,6±7,4	11,3±3,0	21,6±4,6	2,3±0,4	1,2±0,2
		P-value	0,801	0,953	0,464	0,508	0,714

Légende: http: hauteur de tige principale; NbR: nombre de ramification; NbFtrifol: nombre de feuille trifoliée; Long foli: longueur de la foliole; Largfoli: largeur de la foliole; T0: Irrigation tous les jours; T1: Irrigation tous les deux jours; T2: Deux jours d'irrigation, 1 jour de pause; T3: Deux jours d'irrigation, 2 jours de pause

3.3 INFLUENCE SUR LA PRODUCTION DE LA BIOMASSE FOLIAIRE

L'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les biomasses ($P > 0,05$) des deux variétés à la 2^{ème} coupe. Pour la fréquence d'irrigation, l'analyse n'a pas montré de différence significative entre les fréquences d'irrigations avec une probabilité fortement supérieure à 0,05 (Tableau 2).

Tableau 2. ANOVA de la Biomasse récoltée par fréquence d'irrigation et par variété

Facteurs		Modalité	Biomasse fraîche(g)	Biomasse sèche(g)
Moyenne générale (g/144m²)			756,0±460,1	172,1±104,6
Variétés		Dynamo	898,1±440,1	200,8±98,4
		Sunter	614,0±439,7	143,4±102,7
		P-value	0,112	0,172
Fréquence de coupe		Fréquence (T ₀)	617±506	160,7±131,1
		Fréquence (T ₁)	830±327	173,8±72,8
		Fréquence (T ₂)	779±642	175,8±144,9
		Fréquence (T ₃)	799±407	178,2±81,0
		P-value	0,745	0,687
Variété x Fréquence de coupe	Dynamo	Fréquence (T ₀)	707±586	167,3±111,6
		Fréquence (T ₁)	1000±178	199,3±59,8
		Fréquence (T ₂)	843±709	203±175
		Fréquence (T ₃)	1042±286	234,0±58,7
	Sunter	Fréquence (T ₀)	528±522	154±174
		Fréquence (T ₁)	659±386	148,3±87,9
		Fréquence (T ₂)	714±718	149,0±141,0
		Fréquence (T ₃)	555±394	122,3±60,1
		P-value	0,915	0,868

Légende: T0: Irrigation tous les jours; T1: Irrigation tous les deux jours; T2: Deux jours d'irrigation, 1 jour de pause; T3: Deux jours d'irrigation, 2 jours de pause

3.4 EFFETS DE LA FRÉQUENCE DE COUPE SUR LA LUZERNE

L'analyse de variance des paramètres de croissance de la luzerne à la 3^{ème} coupe, a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les paramètres mesurés ($P \geq 0,05$) selon les variétés (Tableau 3). Pour la fréquence de coupe, l'analyse a montré qu'il n'y a pas de différences significatives ($P > 0,05$) entre les traitements sur les paramètres mesurés (Tableau 7).

Tableau 3. ANOVA des paramètres de croissance de la luzerne à la 3^{ème} coupe

Variables		Modalité	http	NbR	NbFtrifoli	Long foli	Largfoli
Moyenne générale (g/ 144m²)			41,25±15,29	18,37±6,62	42,08±16,98	2,14±0,36	1,15±0,20
Variétés		Dynamo	42,01±12,92	18,03±5,12	43,56±16,86	2,136±0,347	1,1556±0,2392
		Sunter	40,45±18,07	18,75±8,08	40,53±17,50	2,150±0,383	1,1500±0,1714
		P-value	0,623	0,458	0,564	0,472	0,438
Fréquence de coupe		Fréquence (T ₀)	39,50±10,96	16,444±2,126	40,22±10,68	2,050±0,256	1,0556±0,1601
		Fréquence (T ₁)	38,79±9,07	17,83±3,88	39,72±11,95	2,1889±0,2126	1,1611±0,1597
		Fréquence (T ₂)	36,06±17,12	17,94±10,88	36,39±19,61	1,972±0,439	1,0722±0,2245
		Fréquence (T ₃)	50,58±21,10	21,33±6,97	51,83±22,47	2,361±0,424	1,3222±0,1882
		P-value	0,481	0,529	0,430	0,222	0,847
Variété x Fréquence de coupe	Dynamo	Fréquence (T ₀)	44,61±5,03	17,444±1,018	41,89±7,82	2,189±0,184	1,133±0,173
		Fréquence (T ₁)	43,56±7,95	18,67±5,46	47,3±11,24	2,144±0,222	1,156±0,190
		Fréquence (T ₂)	30,89±16,41	13,33±4,26	29,8±18,4	1,800±0,404	0,967±0,265
		Fréquence (T ₃)	49,00±16,95	22,67±5,36	55,2±22,9	2,411±0,360	1,367±0,240
	Sunter	Fréquence (T ₀)	34,39±14,03	15,44±2,69	38,56±14,69	1,911±0,269	0,9778±0,1262
		Fréquence (T ₁)	34,03±8,64	17,00±2,40	32,11±7,56	2,233±0,240	1,1667±0,1667
		Fréquence (T ₂)	41,2±19,6	22,56±14,63	43,0±22,2	2,144±0,479	1,1778±0,1503
		Fréquence (T ₃)	52,2±28,6	20,00±9,35	48,4±26,5	2,311±0,559	1,2778±0,1575
		P-value	0,708	0,426	0,558	0,449	0,302

Légende: http: hauteur de tige principale; NbR: nombre de ramification; NbFtrifol: nombre de feuille trifoliée; Long foli: longueur de la foliole; Largfoli: largeur de la foliole; T₀: Coupe à 15jours; T₁: Coupe à 18jours; T₂: Coupe à 21jours; T₃: Coupe à 24jours

3.5 INFLUENCE SUR LA PRODUCTION DE LA BIOMASSE FOLIAIRE

L'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les biomasses ($P > 0,05$) des deux variétés à la 3^{ème} coupe. Pour la fréquence de coupe, l'analyse n'a pas montré de différence significative entre les fréquences de coupes avec une probabilité fortement supérieure à 0,05 (Tableau 4).

Tableau 4. Production de la biomasse foliaire en fonction de la fréquence de coupe

Facteurs		Modalité	Biomasse fraîche(g)	Biomasse sèche(g)
Moyenne générale (g/144m ²)			703,54±516,82	174,48±134,37
Variétés	Dynamo		844±479 ^a	207,6±123,2 ^a
	Sunter		563±535 ^a	141,4±142,1 ^a
	P-value		0,156	0,208
Fréquence de coupe	Fréquence (T ₀)		618±514	129,6±105,8
	Fréquence (T ₁)		665±374	175,0±96,6
	Fréquence (T ₂)		821±736	230,1±206,7
	Fréquence (T ₃)		710±506	163,3±116,3
	P-value		0,847	0,883
Variété x Fréquence de coupe	Dynamo	Fréquence (T ₀)	606±436 ^a	133,3±95,9 ^a
		Fréquence (T ₁)	927±215 ^a	241,1±55,9 ^a
		Fréquence (T ₂)	805±822 ^a	217±222 ^a
		Fréquence (T ₃)	1036±442 ^a	238,4±101,7 ^a
	Sunter	Fréquence (T ₀)	629±68 ^a	125,9±137,0 ^a
		Fréquence (T ₁)	403±311 ^a	108,8±84,1 ^a
		Fréquence (T ₂)	837±824 ^a	243±239 ^a
		Fréquence (T ₃)	384±352 ^a	88,3±81,1 ^a
	P-value		0,506	0,584

Légende: T₀: Coupe à 15jours; T₁: Coupe à 18jours; T₂: Coupe à 21jours; T₃: Coupe à 24jours

4 DISCUSSION

La germination et la levée constituent des étapes clés parmi les plus importantes dans le développement du germe et la croissance de la future plante. Le taux de germination des deux variétés de luzerne est respectivement 83,3% pour la variété Dynamo et 66,6% pour la variété Sunter. Ce taux est supérieur à celui de 62,5% rapporté par Saidou [2] à Niamey. Par contre le taux de germination de la variété Sunter (66,6%) est inférieur à 80%, obtenu par Wang et al [9]. Ces différences peuvent s'expliquer tout simplement par la période du semis de la luzerne et l'hétérogénéité des parcelles, même si ces dernières ont bénéficié d'un apport de la fumure organiques afin d'agir sur l'effet de l'acidité du sol.

Les premières levées ont été observées le 3^{ème} jour après le semis et ont continué jusqu'au 8^{ème} jour après semis. Le temps entre le semis et les premières levées se rapproche de 4-5 jours après semis définis par Arnaud et al [10]. Ainsi le taux de levée est respectivement 10% et 8% pour la variété Dynamo et Sunter. Ces résultats sont inférieurs à 15,52% rapporté par Saidou [2] qui, a travaillé sur le potentiel productif de la luzerne (*Medicago Sativa L.*) fourragère cultivée en saison pluvieuse au Niger.

La croissance des plants est plus ou moins rapide avant la floraison et se ralentit jusqu'à la coupe. La taille maximale était de 47 cm à 42 jours après semis correspond à la hauteur normale de la luzerne (*Medicago sativa L.*) située entre 30 cm et 80 cm au moment de la floraison [11]. Ce résultat (47 cm) est plus élevé que celui de Seidou [8] qui a trouvé 38 cm à 60 jours après semis, bien que la durée d'observation soit différente. Ces légères variations peuvent s'expliquer par la qualité du sol et les facteurs climatiques. La luzerne est une plante de jours longs. Son potentiel de croissance dépend de plusieurs facteurs: la disponibilité en eau, la température et le rayonnement visible intercepté par le couvert végétal [12].

Le nombre de rameaux qui varie de 0,4 au 14^{ème} jour à 8 au 42^{ème} jour est similaire à celui rapporté par Saidou [2] qui a eu 1 au 26^{ème} jour à 5 au 44^{ème} jour. Cette différence serait liée à la qualité des semences, au différent traitement et aux techniques culturales.

La fréquence d'irrigation n'a pas montré de différence significative sur les paramètres de croissance et le rendement en matière sèche des deux variétés de la luzerne (Dynamo et Sunter) au cours de ces essais. Ceci tend à confirmer la bibliographie selon laquelle, la fréquence et la dose d'irrigation varie en fonction du sol et des conditions climatiques.

La fréquence de coupe n'a pas montré de différence significative sur les paramètres de croissance et le rendement en matière sèche des deux variétés de la luzerne (Dynamo et Sunter) au cours de cet essai. D'après Plancquaert [13], malgré des rythmes d'exploitation lents, le stade de la première coupe influe sur le rendement annuel. Il est à noter cependant que lorsque la première coupe est faite avec des plantes ayant 60 cm de haut avec ensuite un rythme de six semaines qui permet à la Luzerne de fleurir, on obtient un bon rendement, la différence venant de la perte à la première coupe. Pour des rythmes de cinq à six semaines, c'est-à-dire des temps de repos qui permettent d'atteindre le début de la floraison ou la floraison des repousses, ne présentent aucune différence de rendement lorsque la

première coupe a été faite aux stades de bourgeonnement ou floraison. Par contre, des rythmes plus rapides sont néfastes, spécialement après une première récolte au bourgeonnement. Selon Jackobs [14], les intervalles de quatre à six semaines entre les coupes n'ont que peu ou pas d'influence sur le rendement de matière sèche.

La première récolte a été faite au 45ème jour après semis. La production moyenne en matière sèche (kg/ha) est de 95,31 à la 1ère coupe; 286,88 à la 2ème coupe et 290,8 kg/ha à la 3ème coupe. La production de chacune de ces trois coupes est nettement faible par rapport à celle obtenue par Saidou [2] qui est de 510,7 kg/ha et par le projet d'appui au développement agricole de l'Irhazer, du Tamesna et de l'Aïr (PADA/ITA) qui était de 2,4 tonnes/ha par coupe [7] et par Guissa [15] qui est de 547,98 kg/ha. Cette différence significative est liée aux conditions climatiques, à la nature du sol, aux techniques culturales, mais aussi à une mauvaise levée des plantules liée probablement à l'acidité du sol.

La régénération des plants après la coupe dépend des conditions de culture [2]. La régénération a été plus rapide après la première coupe qu'après la deuxième. Cette différence serait liée à l'apport de NPK en raison de 100kg/ha, réalisé après la première coupe. Mais cette fertilisation agit plus sur l'effet d'acidité du sol après qu'avant la coupe et aussi à la fréquente humidité de l'air. Le ralentissement de la croissance après la deuxième coupe peut s'expliquer par l'augmentation de la chaleur (jusqu'à +40°) en mois de mars. Ceci confirme la bibliographie selon laquelle, la croissance des jeunes plantules est rapide, entre 20 et 30°C. Cette température optimale diminue ensuite pour se situer à 15-25°C chez les plantes plus âgées. En dessous de 10°C et au-delà de 37°C, la croissance est fortement réduite [12].

Aussi, selon le même auteur, l'aptitude à la repousse de la luzerne dépend du niveau des réserves contenues dans le pivot. La luzerne est capable, grâce à son système racinaire pivotant, d'utiliser l'eau et les minéraux du sol à une profondeur qui peut atteindre dans certains cas les 6 m et plus et d'échapper ainsi aux périodes de sécheresse et mieux résister au stress hydrique. La luzerne a la capacité d'entrer en dormance dans les périodes de froid et d'assurer la croissance en conditions favorables. Le développement d'un système racinaire profond et la préservation des bourgeons qui assurent sa pérennité sont ainsi une priorité. La luzerne est donc une plante fourragère qui supporte la coupe et qui s'adapte bien aux conditions climatiques difficiles, telles que celles du milieu sahélien.

5 CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que la fréquence d'irrigation et de la coupe n'ont pas d'effet significatif sur la croissance et la productivité des deux variétés testées au cours des essais. À la lumière des résultats obtenus, nous pouvons dire que les variétés adoptent un bon comportement vis-à-vis de l'hétérogénéité du sol. Cependant, ces dernières expriment mieux leurs potentialités quand l'eau n'est pas un facteur limitant et cela quel que soit la fréquence d'irrigation. Bien que le taux de levée soit faible, la luzerne a atteint la hauteur normale (30 à 80 cm) avec une production moyenne de 673,01 kg/ha de matière sèche en 82 jours.

En perspectives, un suivi sur un an s'avère nécessaire pour une évaluation critique de la productivité de cette espèce. Ce rendement est plus important après l'apport de NPK effectué après la 1ère coupe. Ces rendements peuvent être améliorés en tenant compte des exigences de cette culture. Il serait souhaitable d'effectuer un labour profond et faire une analyse préalable du sol pour prévoir les amendements à faire, poursuivre l'étude sur une longue période pour connaître sa production annuelle et effectuer des analyses bromatologiques sur cette culture à différents stades phénologiques.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée sur financement propre des auteurs. Toutefois, ils tiennent à remercier les collègues qui ont apporté leurs contributions sur le contenu du document.

REFERENCES

- [1] A. Issa, «Techniques de production des cultures irriguées (cultures fourragères) au Niger»: Ministère de l'Agriculture. 53 pages, 2015.
- [2] O. T. Saidou, «Potentiel productif de la luzerne (*Medicago Sativa L.*) fourragère cultivée en saison pluvieuse au Niger», *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 31, no. 3 Dec, pp. 380-387, 2020.
- [3] S. Issa, L. Sidi, et I. Soumana, «Recueil des fiches techniques: domaines Agro-sylvo-pastoral» INRAN, 46 pages, 2019.
- [4] Ministère du Plan (MPN), «Étude diagnostique des innovations dans la petite irrigation au Niger (région de Tillabéri) « Une appréciation approfondie centrée vers les contraintes des producteurs »». Rapport final. 50 pages, 2017.
- [5] H. D. Klein, G. Rippstein, J. Huguenin, J., B. Toutain, H. Guerin, et D. Louppe, «Les cultures fourragères. Éditions Quæ, CTA», Presses agronomiques de Gembloux. Belgique. Ouvrage disponible sur www.pressesagro.be ou ISSN: 1778-6568. 267 pages, 2014.
- [6] J. Durand, G. Lemaire, Gosse, M. Chartier, «Analyse de la conversion de l'énergie solaire en matière sèche par un peuplement de luzerne (*Medicago sativa L.*) soumis à un déficit hydrique», *Agronomie*, vol. 6 n°9, pp. 599-607, 1989.

- [7] Proirhazer, «Guide d'installation de la culture de Luzerne. Projet d'appui au développement agricole de l'Irhazer, du Tamesna et de l'Aïr (PADA/ITA) Agadez (Niger)», 2019.
- [8] A. Seidou, «Influence de la fertilisation phosphatée sur la croissance et le développement de la luzerne (*Medicagosativa* L.) cultivée en pots à l'ouest du Niger», Maîtrise es-sciences agronomiques. Université de Niamey (Niger), 67 pages, 2005.
- [9] Y. R. Wang, L. Yu, and Z. Nan, «Use of seed vigour tests to predict field emergence of lucerne (*Medicago sativa*). New Zealand, *Journal of Agricultural Research*», vol, 39 n°2, pp. 255-262, 1996.
- [10] J.D. Arnaud, J.D, P. Guy, A. le Gall, «La Luzerne: culture et utilisation. France: Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF)», p. 39, 1982.
- [11] E. Missbah, K. Guerrouj, M. Bouterfas, H. Abdelmoumen, H., et H. Boukroute, Prétraitement des graines de la luzerne arborescente (*Medicagoarbores L.*) et influence de la salinité et de la température sur leurs germinations. *Nature & Technologie B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, vol 13, p. 8, 2016.
- [12] M. Mauriès, V. Thénard V, et J. M. Trommenschlager, «Intérêt de la luzerne déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation», *INRA Production. Animale.*, vol. 15, no. 2, pp 119-124, 2002.
- [13] P. Plancquaert, « Etudes de quelques variétés de luzernes». Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages, pp. 34-48, 1969.
- [14] J. Jackobs, «Influence of cutting practices on nitrogen content. 1952.
- [15] Z. Guissa, «Culture de la luzerne en milieu aride: adaptation et production foliaire», Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention d'une licence en Aménagement et Gestion des Ressources Pastorales (AGRP), Université Djibo Hamani de Tahoua, Tahoua, pages, 2018.

Fabrication et caractérisation de briques du résidu de bauxite de la Compagnie des Bauxites de Guinée pour des applications de construction

[Manufacture and characterisation of bricks made from bauxite residue from the Compagnie des Bauxites de Guinée for construction applications]

Amadou Tidia DIALLO¹, Mouhamadou Massek FALL², Mame Mor Dione¹, Sitor Diouf¹, Cheik Tidiane Dione¹, Birame NDIAYE¹, Dame Cisse¹, Seydou BA¹, Mamadou SAAR¹, Mamadou Lamine LO², and Momar NDIAYE¹

¹Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Chimie Physique Organique et d'Analyse Environnementale (LCPOAE) -UCAD, Dakar, Senegal

²Ecole polytechnique de Thiès, département génie-civil, laboratoire de Géotechnique. BP: A-10, Senegal

³Laboratoire de chimie du solide et Matériaux, Institut des Sciences chimiques de Rennes, 20 Avenue des buttes de Coësmes, 35708 France

Copyright © 2026 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 need to build, the current cost of construction and the shortage of materials are contributing to the development of a building materials industry based on the use of industrial waste such as bauxite residues. This study aims to deepen knowledge on the use of bauxite dust from the Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG) in the construction industry, with a view to recycling bauxite residues. The initial raw samples were characterised using X-ray fluorescence spectroscopy (XRF), X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (IR), thermogravimetric analysis and differential thermal analysis (TGA/TDA). The samples of bauxite residue mixed with sand and cement were formulated at RB80%-S10%-C10%, RB70%-S15%-C15%, RB60%-S20%-C20%, RB50%-S25%-C25%. They were dried naturally for 28 days. The results obtained for various characterisation analyses, such as compressive strength, are 1.680 MPa. Compressive strength generally increases with drying time. These results are compared with the literature and present the potential for the ecological application of bauxite residues in low-cost building materials.

KEYWORDS: bauxite dust, formulation, drying, XRD.

RESUME: Le besoin de construire, le coût actuel des constructions et la pénurie des matériaux concourent à développer une industrie de matériaux de construction basée sur l'utilisation des déchets industriels tels que les résidus de bauxite. Cette étude vise à approfondir les connaissances sur l'utilisation de la poussière de bauxite de la Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG) dans l'industrie du bâtiment, dans une perspective de recycler les résidus de bauxite. Les échantillons bruts initiaux ont été caractérisés par la spectroscopie de fluorescence des rayons X (XRF), la diffraction des rayons X (DRX), l'infrarouge (IR), l'analyse thermogravimétrique et l'analyse thermique différentielle (ATG/ATD). Les échantillons du résidu de bauxite, mélangé avec du sable et du ciment ont été formulés à RB80%-S10%-C10%, RB70%-S15%-C15%, RB60%-S20%-C20%, RB50%-S25%-C25%. Ils ont été séchés à l'état naturel pendant 28 jours. Les résultats obtenus pour diverses analyses de caractérisation, telles que la résistance à la compression est de 1,680 MPa. La résistance à la compression, en général, augmente avec le temps de séchage. Ces résultats sont comparés à la littérature présente un potentiel d'application écologique des résidus de bauxite pour les matériaux de construction à faible coût.

MOTS-CLEFS: poussière de bauxite, formulation, séchage, DRX.

1 INTRODUCTION

Le réchauffement de la planète et le changement radical du climat constituent actuellement la principale menace dans le monde entier. Le développement durable, qui satisfait les besoins du présent sans compromettre la capacité de la génération future, en garantissant l'équilibre entre la croissance économique, la sécurité environnementale et le bien-être social, est accepté dans le monde entier pour résoudre ces problèmes. La croissance de l'industrialisation est à l'origine d'une énorme quantité de déchets industriels tels que les cendres volantes, les cendres résiduelles, les résidus de bauxite, et les cendres de cuivre. Le résidu de bauxite généralement connu sous le nom boue rouge en raison de sa couleur rouge, est généré lors de la production d'alumine, soit par le procédé de frittage, soit lors du séchage de la bauxite. La production d'une tonne d'alumine, génère environ 1 à 1,5 tonne de RB, ce qui dépend de la bauxite et du procédé utilisé pour extraire l'alumine. La quantité de résidu produite annuellement est estimée à plus de 100 millions de tonne [1].

Le besoin de construire, le coût actuel des constructions traditionnelles et la pénurie des matériaux concourent à développer une industrie de matériaux de construction basée sur l'utilisation maximale des ressources locales. A cet effet, la pression économique et le besoin de préserver l'environnement font qu'on accorde plus d'importance que jamais à la mise au point de matériaux de construction à base de déchets industriels. En Guinée, le ciment portland est le seul liant utilisé pour la construction. Comme il a une grande influence sur la balance extérieure, il est évident qu'un produit de substitution local, susceptible d'apporter une certaine économie dans l'échange extérieur serait le bienvenu [2].

Actuellement, l'exploration de solutions de recyclage pour plusieurs déchets ou sous-produits industriels est devenue une pratique réelle. Cependant, certaines industries n'adhèrent pas aux réglementations actuelles, ce qui entraîne une pollution de l'environnement. Les procédures de recyclage sont généralement menées sous l'influence de la législation en vue de limiter la pollution du sol et de l'eau. Dans l'industrie du bâtiment, le recyclage des déchets est respectueux de l'environnement car ces matériaux peuvent être réutilisés comme matière première pour des applications techniques. Ainsi, de nombreux déchets industriels contiennent souvent des quantités substantielles d'oxydes d'aluminium, de silicium, de calcium et de fer. L'un de ces déchets industriels est soit la boue rouge obtenue lors de l'extraction de la bauxite par le procédé Bayer [3], soit la poussière de bauxite récupérée lors du séchage de la bauxite dans les trémies des cyclones de la Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG).

Nous nous sommes intéressés à l'utilisation de la poussière de bauxite récupérée aux trémies des cyclones pendant son séchage. Pendant le séchage de la bauxite, la poussière et gaz qui ont échappés aux trémies des cyclones sont entraînés à travers la gaine dans le scrubber où ils sont abattus par des jets d'eau. La boue se dépose au fond du séparateur cyclonique où elle est refroidie, le gaz s'échappe par la cheminée. La boue est refoulée dans les lacs de décantation à travers deux (2) pompes à l'ouest et à l'est. Après la décantation des lacs Est et Ouest, la surverse (eau) est transvasée dans le lac central. Cette eau est aspirée et refoulée dans le système pour alimenter les gicleurs. La boue est évacuée par dragage dans les lits de séchage où elle sera séchée pendant la saison sèche et transportée au hangar. Ce résidu de bauxite contient, comme la bauxite de la gibbsite $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, de la silice SiO_2 , de l'anatase TiO_2 , et de l'oxyde de fer Fe_2O_3 . La quantité de boue actuellement disponible est estimée à plus 2040240 tonne.

Plusieurs chercheurs ont rapporté des applications du résidu de bauxite dans plusieurs domaines, certains ont travaillé sur l'utilisation du résidu dans la fabrication de ciments spéciaux, le traitement des eaux polluées, le traitement des sols pollués, ainsi que dans la récupération des métaux. Le domaine d'application du résidu la plus importante vers l'eco-construction, dans l'industrie du bâtiment sous forme de briques. De 1986 à 1995, le département de recherche en construction de la Jamaïque a mené une étude visant à atténuer les effets néfastes de l'élimination du résidu de bauxite sur l'environnement. Elle a réussi à stabiliser la boue rouge obtenue par le procédé Bayer et à produire des briques ayant une force d'adhérence considérable [4,5]. En outre, Annan et al ont étudié les propriétés physico-mécaniques des briques à base de boue rouge.

La République de Guinée possède une réserve de plus 40 milliards de tonne de bauxite d'après les prospections effectuées dans certaines régions. La nature de la bauxite est déterminée par son origine et les conditions de sa transformation. La bauxite Guinéenne est caractérisée par une teneur élevée en alumine et faible en silice [6].

La présente étude examine les propriétés des briques à base du résidu de bauxite, utilisant le sable et le ciment comme additifs provenant respectivement de la Compagnie des Bauxites de Guinée et Thiès. Le résidu de bauxite brut a été caractérisé par la Spectroscopie des fluorescences des rayons X (XRF), la diffraction des rayons X (DRX), l'infrarouge (IR), l'analyse thermogravimétrique et différentielle (ATG/ATD). Les résultats des propriétés physiques et mécaniques des formulations RB80%-S10%-C10%, RB70%-S15%-C15%, RB50%-S25%-C25%, séchés à l'état naturel, sont discutés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 SITE DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les poussières de bauxite faisant l'objet de cette étude ont été prélevées à l'usine de la Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG), dans les trémies des cyclones, au département 42 du séchage de la bauxite. Il est situé entre le département du concassage et de l'expédition de la bauxite. Le site du prélèvement du résidu de bauxite a pour coordonnées géographiques 10,64438°N et 14, 61173°E, et culmine à 42 m d'altitude (figure: 1).

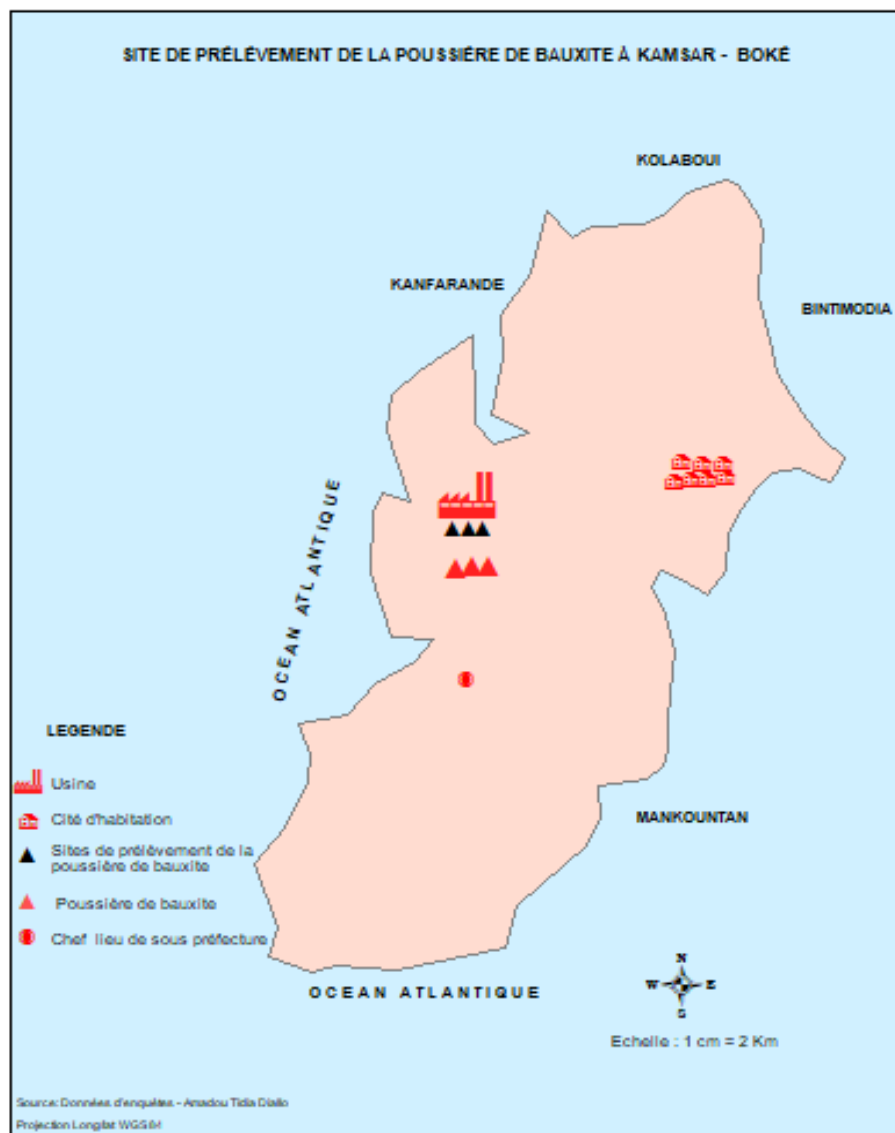


Fig. 1. Site de prélèvement de poussière de bauxite de Kamsar

2.2 ECHANTILLONNAGE

C'est une étape indispensable qui consiste à prélever une portion représentative de la poussière de bauxite, présentant toutes les caractéristiques physico-chimiques nécessaires à l'analyse. Après l'extraction de la bauxite à Sangaredi, elle est transportée à la Compagnie des Bauxites de Guinée pour le concassage, le séchage et le stockage. Trois échantillons de poussières de bauxite ont été prélevés aux trémies des cyclones du département du séchage et placés dans des sacs en plastique. Ils ont ensuite été transportés au laboratoire de la Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG) pour y être analysés en vue de la détermination de la composition chimique. Pour la caractérisation géotechnique, mécanique et thermique, les échantillons ont été acheminés à l'École Polytechnique de Thiès (EPT) au Sénégal. Pour la caractérisation minéralogique, un échantillon a été envoyé au laboratoire de chimie de solide et des matériaux de l'Institut des sciences chimiques de Rennes, en France.

2.3 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

La poussière de bauxite de la Compagnie des bauxites de Guinée (CBG) a une granulométrie inférieure à 100 µm, le sable de la carrière de Thiès centre, ainsi que le ciment Dengoté 42,5.

Les formulations des lots de briques confectionnées sont indiquées dans le tableau 1. Les lots de briques ont été préparés dans les mêmes conditions à savoir la préparation de la pâte, l'homogénéisation, le gâchage, le malaxage, le moulage, ainsi que le séchage à l'état naturel. Un moule de dimension 15×10×10 cm a été utilisé pour la confection des lots de briques.

Tableau 1. *Formulation des lots d'essais*

Code	Résidu de bauxite (Kamsar)%	Sable (Thiès)%	Ciment (Dengoté)%
RBA80-10-10	80	10	10
RBB 50-25-25	50	25	25
RBC 70-15-15	70	15	15



Fig. 2. *Image des briquettes*

La composition chimique des oxydes majeurs a été déterminée par le spectromètre à fluorescence aux rayons X. Cette analyse a été effectuée à l'aide de l'appareil " AXIOS FAST, PANalytical 206204"

Pour la détermination de l'indice de plasticité, l'appareil Casagrande a été utilisé. Il est équipé d'une coupelle, d'un outil de rainurage, et il est actionné mécaniquement.

L'indice de plasticité donné par la formule: $IP = LL - LP$

La composition minéralogique de l'échantillon a été déterminée par la technique de diffraction des rayons X, qui permet d'identifier les différentes phases cristallisées de l'échantillon du résidu de bauxite. L'appareillage utilisé est un diffractomètre Panalytical X'Pert Pro équipé d'un détecteur X'Celerator.

Les analyses thermiques de l'échantillon ont été réalisées avec un analyseur Perkin Elmer Pyris Diamond TGA/TDA entre la température ambiante et 950 °C avec une vitesse de 5 °C. Dans des creusets en platine sous atmosphère de diazote (N₂). Les composés ont été maintenus pendant 1 h à 950 °C sous une atmosphère d'air pour assurer une combustion complète.

Les mesures infrarouges IR de l'échantillon ont été effectuées avec un spectromètre Perkin Elmer Frontier en utilisant l'accessoire UATR (Universal Attenuated Total Reflectance). Les spectres ont été enregistrés entre 650cm⁻¹ et 4000cm⁻¹ sur des échantillons.

La résistance à la compression a été déterminée en écrasant les éprouvettes à l'aide d'une presse électrique programmable de marque Controlab, avec une vitesse d'écrasement de 0,005 N/mm.s. Les résultats enregistrés à la fin de l'essai sont exprimés en kN et en N/mm² ou en MPa.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 ANALYSE CHIMIQUE

Le résultat de l'analyse de la composition chimique de la poussière de bauxite est présenté dans le tableau 1.

La composition chimique de l'échantillon étudié (Tableau 2) a montré une prédominance de l'alumine Al_2O_3 (45,11%), une quantité assez élevée d'oxyde ferrique Fe_2O_3 (23,08%), ainsi que des petites quantités de silice SiO_2 (4,16%) et d'oxyde de titane TiO_2 (3,20%). La perte au feu est de 23,76% en poids, il s'agit d'une composition typique de la bauxite latéritique [7]. La perte au feu (LOI) présente la perte au poids de l'échantillon sec, L'oxyde ferrique avec une teneur de 23,08 confère la rouge au résidu de bauxite [8].

La présence de flux tels que $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$ et CaO améliore le frittage en phase liquide en formant des composés eutectiques à bas point de fusion et marque le début du processus de chauffage. Ils contribuent à diminuer la température de frittage de la brique en fondant à une basse température et en dissolvant d'autres grains comme le quartz qui fondent à une température élevée. Cela peut conduire à des phases vitreuses qui améliorent la résistance et la ténacité à la rupture de la brique [3]. Ces valeurs d'oxyde d'aluminium (45,11%) et de l'oxyde ferrique (23,08%), indiquent que le résidu est du type de la bauxite latéritique. Ces résultats indiqueraient que le pourcentage de la gibbsite est élevé dans ce matériau [9].

Les applications industrielles des matériaux céramiques sont fortement influencées par leur composition minéralogique, leurs propriétés physiques et chimiques. La spectroscopie de fluorescence X est l'un des outils analytiques largement utilisés pour déterminer la composition élémentaire/chimique [3].

Tableau 2. Les résultats de la composition chimique de la poussière de bauxite

Matériaux	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	V_2O_5	CaO	K_2O	ZrO_2	LOI	Total	TOC
Teneur (%)	4,16	3,20	23,08	45,11	0,17	0,03	0,03	0,11	23,76	99,65	0,36

3.2 ANALYSE DE LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE

3.2.1 ANALYSE DE LA DRX

Les analyses DRX du résidu de bauxite ont mis en évidence les phases minéralogiques suivantes (figure3): La gibbsite, l'hématite, le quartz et l'anatase.

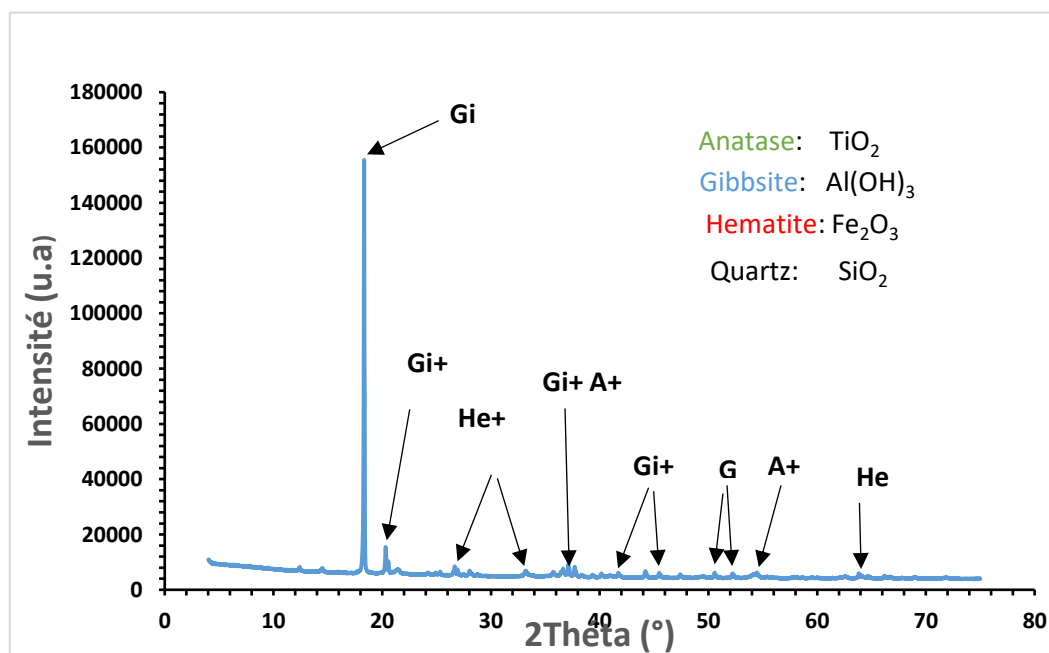


Fig. 3. Diffractogramme de diffraction des rayons X du résidu de bauxite

NB: u.a est l'unité arbitraire, elle exprime ici la proportion des intensités, sans aucune importance sur la quantité correspondante à l'unité.

Phases structurales des diffractions des rayons :

Le diffractogramme de DRX de l'échantillon du résidu de bauxite de la figure 3: indique les phases minérales suivantes:

- La gibbsite ($\text{Al}(\text{OH})_3$) de pics: 52,2; 50,6; 45,4; 44,2; 37,7; 36,6; 20,3; 18,3 Å
- L'hématite (Fe_2O_3) de pics: 64,0; 54,1; 35,6; 33,2 Å
- Le quartz (SiO_2) de pics: 45,8; 36,5; 26,6; 20,9 Å
- L'anatase (TiO_2) de pics: 53,9; 37,8; 36,9 Å

Les analyses DRX du résidu de bauxite guinéen ont mis en évidence les phases minéralogiques suivantes (figure 3): la gibbsite, l'hématite, le quartz et l'anatase. L'intensité élevée des pics de la gibbsite indique une teneur élevée de l'alumine Al_2O_3 et est en bon accord avec la distribution granulométrique, les analyses chimiques, et notamment le rapport $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ (tableau 2, p.8) [4,16].

La prédominance de gibbsite est liée à l'abondance du minéral dans la bauxite d'origine. Il en est de même avec le quartz, un des minéraux le plus couramment retrouvé dans le matériau d'origine.

La présence d'hématite, et d'anatase est en accord avec les résultats de l'analyse chimique.

Les résultats montrent que le résidu de bauxite contient de la gibbsite associée à l'hématite, du quartz et l'anatase [7].

L'intensité faible des pics du quartz, de l'anatase, indique des teneurs faibles en SiO_2 et en TiO_2 et en bon accord avec la distribution granulométrique, les analyses chimiques et notamment le rapport molaire $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ [10].

La composition minéralogique du résidu de bauxite a mis en évidence la structure cristalline suivante: la gibbsite, la boehmite, le quartz et l'anatase (Tableau: 3).

Tableau 3. Composition minéralogique quantitative de la poussière de bauxite

Phase	Gibbsite	Hématite	Quartz	Anatase	Total	Ind
%	69	23	4	3	99	1

Il ressort de ce tableau que l'échantillon présente une teneur en gibbsite élevée (69%), les minéraux associés (quartz+ hématite+ Anatase) sont légèrement élevés. Ce résultat est en accord avec l'indice de plasticité et les analyses chimiques. Cela peut être expliqué par la formation géologique et les conditions de transformation de l'échantillon [9].

Par ailleurs, le taux d'hématite, de quartz sont en accord avec les résultats de l'analyse chimique. L'absence de la montmorillonite dans l'échantillon est en accord avec la faible plasticité, cela pourrait être un frein pour sa compacité au cours du frittage du produit [11].

3.2.2 ANALYSE DE L'ATD/ATG LES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE L'ATD/ATG SONT PRÉSENTÉS DANS LA FIGURE 4

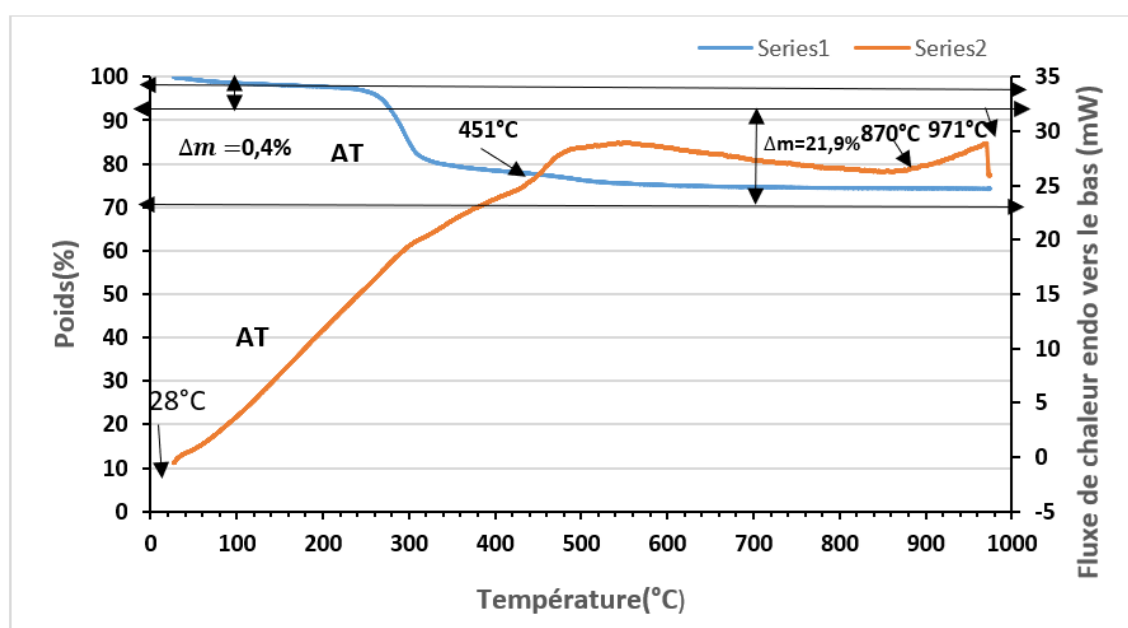


Fig. 4. Courbes ATD/ATG du résidu de bauxite

La Croissance constante de la courbe peut être expliquée par la nature du matériau de l'échantillon, qui peut avoir des propriétés thermiques qui favorisent une dissipation de chaleur régulière, entraînant une courbe de température qui croît de manière linéaire. Dans ce cas précis, nous constatons une légère diminution de la variation de la masse du matériau en fonction de l'augmentation de la température.

Les thermogrammes d'ATD/ATG (ATD la courbe de couleur rouge, ATG la courbe de couleur bleu) de l'échantillon du résidu de bauxite présente (04) phénomènes thermiques matérialisés par:

- Un pic endothermique moins marqué aux environs de 28°C, associé à une faible perte de masse (0,4%), correspondant au départ de l'eau d'hydratation contenue dans le matériau;
- Un pic endothermique moins marqué aux environs de 451°C, attribuable à la déshydroxylation principale de la gibbsite pour former la boehmite, un phénomène associé par une inflexion de la pente sur le thermogramme de l'ATG. *Ce phénomène se traduit par l'équation x et une perte de masse de 21,4%.*



- Un pic endothermique moins marqué aux environs de 870°C, il correspond à la conversion de la gibbsite, de la boehmite en alumine- γ ($\text{Al}_2\text{O}_3-\gamma$). Les données de la littérature approuvent la complexité du mécanisme de la transformation de la boehmite alumine- γ mais aussi la difficulté liée à la représentativité du processus par une simple réaction chimique [12];



- Un dernier pic exothermique bien prononcé aux environs de 971°C, qui correspond à la rupture du metakaolin et l'apparition de la phase spinelle [13, 14].



3.2.3 L'INFRAROUGE DU RÉSIDU DE BAUXITE (IR)

Les résultats des spectres infrarouges du résidu de bauxite sont présentés dans la figure 5.

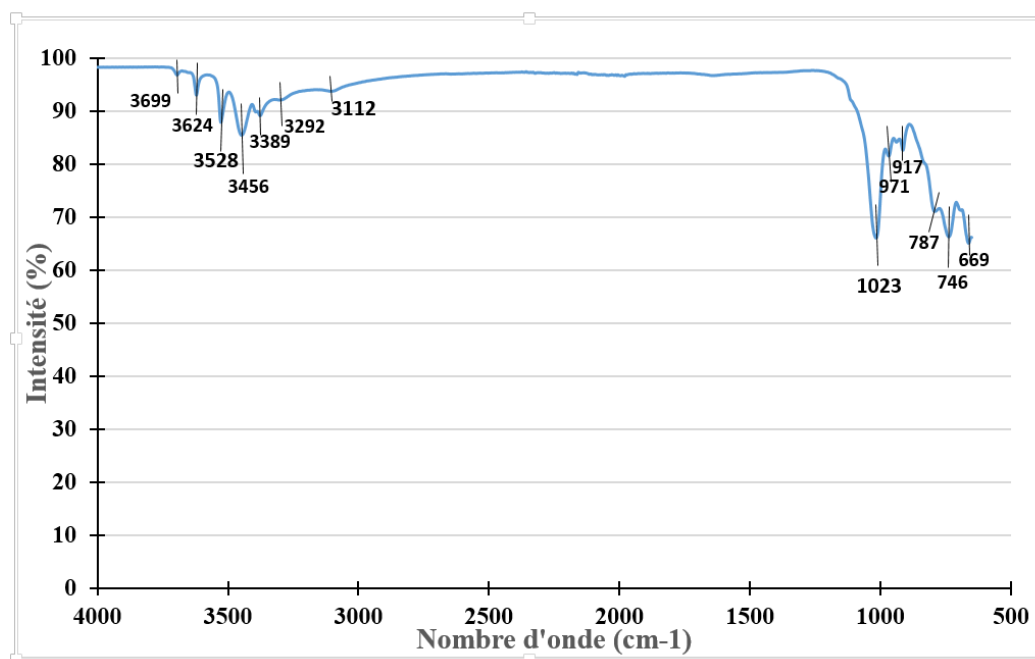


Fig. 5. Spectres infrarouges de la poussière de bauxite

Les spectres infrarouges des matériaux étudiés comportent quatre groupes principaux de bandes d'absorption:

Ce sont les bandes consécutives à 3699 et 3624; celle à 3528, 3456, 3389; celle à 3292 et 3112; puis à 1023, 971 et 917 et en fin les bandes 787, 746 et 667.

- Entre 3699 et 3624 cm^{-1} sont des bandes caractéristiques des vibrations des groupes OH de la kaolinite;
- Les bandes 3528, 3456, 3389, 3292 et 3112 cm^{-1} sont propres aux vibrations d'élongation du groupe Al-OH de la gibbsite;
- Entre 1023, 971 et 917 cm^{-1} sont des bandes caractéristiques aux vibrations de déformations du groupe Al-OH de la gibbsite qui sont observées;
- Les bandes à 787, 746 et 667 cm^{-1} sont des bandes d'absorption correspondantes à Al^{3+} en coordinence VI et les vibrations Si-O de kaolinite et / ou de quartz sont observés [9, 15].

3.2.4 PROPRIÉTÉS PHYSICOMÉCANIQUES

3.2.4.1 INDICE DE PLASTICITÉ

Le résultat de l'indice de plasticité est présenté dans le tableau 4.

La figure 6 présente l'emplacement de l'indice de plasticité sur la carte de plasticité de Casagrande. Ainsi, la limite de liquidité correspondant à 25 coups est de 26,98% sur la même carte. L'indice de plasticité (9,62), inférieur à 12%, indique que l'échantillon est faiblement plastique. Cette faible plasticité est liée à la faible teneur en argiles et à l'abondance de quartz [16].

La nature limoneuse du résidu de bauxite, laisse prévoir qu'il se brisera lorsqu'il sera moulé et cuit à des températures supérieures à 400°C. Cela peut être expliqué par l'absence d'une liaison cohésive suffisante pendant la déshydratation et le cycle de chauffage non uniforme [17].

Tableau 4. Indice de plasticité de la poussière de bauxite

Echantillon	Limite de liquidité	Limite de plasticité	Indice de plasticité
Poussière de bauxite	27	17	10

3.2.4.2 PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

La résistance à la compression est de 1,680 et 3,427 MPa. La résistance à la compression est dans l'ordre de grandeur de 0,5-1,5 MPa. On constate que la résistance de cette formulation est supérieure à la norme. Le matériau, selon les données de la littérature peut être utilisé dans la fabrication des briques [18].

4 CONCLUSION

La possibilité d'utiliser de la poussière de bauxite de la Compagnie des Bauxites de Guinée comme matière première pour la production des briques destinées à la construction de bâtiments a été étudiée. Le résidu de bauxite a été caractérisé. Des briques ont été fabriquées à partir du mélange du résidu de bauxite, le sable local ainsi que le ciment en quantités variables. Les propriétés chimiques, physiques et mécaniques ont été étudiées pour différents contenus des trois mélanges, après le séchage naturel à 28 jours. La formulation RB50%- C25%-S25% a produit la brique avec les meilleures propriétés chimiques, physiques et mécaniques. La résistance à la compression est de 1,680 MPa. Compte tenu des propriétés physiques et mécaniques des échantillons de briques fabriquées, cette formulation est considérée comme la meilleure combinaison avec des propriétés optimales pour l'application de briques de construction. Les valeurs élevées de résistance à la compression sont dues à l'uniformité et à la forte cohésion des particules. Ceci est soutenu par les résultats de la littérature [19]. D'autres formulations de lots avec une teneur en ciment et sable qui variaient respectivement de 20 à 30 % étaient également dans les limites tolérables et pourraient être utilisées dans des applications structurales plus légères. Ces données sont conformes aux données de la littérature.

REFERENCES

- [1] Anamika Bando padhyay et al (2021). Utilisation des résidus de bauxite pour les matériaux de construction-une étude. Article de revue publié à l'Université de technologie veer surendra. 561-576. DOI: 10.1007/978-981-33-4590-4_53.
- [2] Mohamed salou Diané (1997). Etude comparative des boues rouges de l'usine de friguia (Guinée) et des déchets de la bauxite de british aluminium company d'Awaso (Ghana). 39p.
- [3] D.dodoo-arhin et al (2012). Fabrication et caractérisation de briques composites argile-boue rouge de bauxite ghanéenne pour les applications de constructions. Publié dans le journal Américain de la science des matériaux. 3 (5): 110-119. DOI: 10.5923/j.materials.20130305.02.

- [4] M. Gräfe, G. Power et al (2011). Questions relatives aux résidus de bauxite: III. Alkalinity and associated chemistry, Hydrometallurgy. 108: 60-79.
- [5] Karaman S et al (2006). Influence de la température et du temps de cuisson sur les propriétés mécaniques et physiques des briques de terre cuite, Journal of scientific and industrial research. 65: 153-159.
- [6] Mamdov et al (2010). Banque de données des gisements et indices des minéraux utiles. Min. des Mines et de la Géologie. République de Guinée. Géoprospects Ltd. Univ. e d'Etat de Moscou Lomonosov (Fac. Géol). Conakry-Moscou, Aquarel, Pages: 264.
- [7] Mamadou yaya Diallo et al (2021). Caractérisation physicochimique pour des utilisations potentielles comme minérale industriel de bauxite de Débélé, Guinée. DOI: <https://doi.org/10.4236/msce.2021.93002>. Pages: 15.
- [8] Faycal el eigaier (2013). Conception, production et qualification des briques en terre cuite et en terre crue. Thèse soutenue à l'Université de Lille, nord de France. 64p.
- [9] D.njoya et al (2017). Caractérisation chimique et minéralogique de quelques indices de bauxite de Fouban (Ouest-Cameroun). <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.35>. Pages: 9.
- [10] Poutouenchi amadou (2020). Elaboration et caractérisation des briques réfractaires à base de matériaux argileux de koutaba et mayouom (Région de l'Ouest): effet de l'ajout des résidus de production de café et des balles de riz. Université de Yaoundé 1. Pages: 152.
- [11] Younoussa millogo (2008). Etude géotechnique et minéralogique de matières premières argileuse et latéritique du Burkina Faso améliorées aux liants hydrauliques: application au génie civil (bâtiment et route). Thèse soutenue à l'Université de Ougadougou. Pages: 20-61.
- [12] Gordana Ostojič et al (2014). Caractérisation chimico-minéralogique des bauxites provenant de différents gisements. Article de revue, 5 (1) doi: 10.7251/COMEN 14010840. Pages: 84-94.
- [13] Mamadou yaya baldé (2022). Caractérisation physicochimique des aluminosilicates (argiles et bauxite) de Kindia, Guinée: application dans les formulations des mortiers hydrauliques et des compositions céramiques. Thèse de doctorat soutenue à l'Université de yaoundé1. Département de Chimie Inorganique. 78p.
- [14] Thiago Fernandes de Aquino et al (2012). Caractérisation minéralogique et physico-chimique d'un minerai de bauxite de Lages, Santa Catarina, Brésil pour la fabrication des réfractaires. 137-148. DOI: 10.1080/08827508.2010.531069.
- [15] Pannirselvam j et al (2010). Characterization of bauxite pisoliths. School of applied Sciences, RMIT Univerity, Melbourne, Vic -3001, Australia, 5-7.
- [16] Normalisaton Française. Sols: reconnaissance et essais. Description-identification-Dénomination des sols. XP P94-011. Août 1999, 22P.
- [17] Ebenezer annan et al (2012). Propriétés physico-mécanique des briques de résidu de bauxite-argile. Publié dans le journal de l'Université de Missouri des sciences et techniques.
- [18] Manju CS et al (2001). Mineralogy, geochemistry and utilization study of the Madayi kaolin deposit, North Kerala, India. Clays and Clay Miner. 49 (4): Pages: 355-369.
- [19] Y. Pontikes et al (2009). Effect of firing temperature and atmosphere on sintering of ceramics made from bayer process bauxite residue. Ceramics International. 35: 401-407.

Analyse de l'incidence des composantes de la rémunération sur la rétention et la motivation des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises

[Analysis of the impact of remuneration components on the retention and motivation of agents of the General Directorate of Customs and Excise]

Nzapakembi Kwando Roger

Diplômé d'Etudes Supérieures en Gestion des Entreprises et Organisation du Travail, Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2026 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: To achieve the objectives an organization has set for itself, it relies on its various resources. Human resources are one of them. Regardless of the skills they possess, they are not enough to enable them to achieve high productivity. To achieve this, employees must be motivated.

A motivated employee is ready to truly perform their job in the best possible way and demonstrates this through their efforts. For this reason, compensation is an essential management variable. It contributes to performance development, determines internal social balance, unites employees, and attracts talent.

It should be noted that compensation has two components: direct compensation. Direct compensation consists of fixed compensation and variable compensation. In addition to direct compensation, there is indirect compensation.

At the General Directorate of Customs and Excise, the components of compensation paid to employees do not all have the same effect on their retention; some are more highly valued (bonuses, benefits in kind, and fringe benefits), and their removal from the payroll would have negative professional consequences such as decreased productivity, a poor work environment, unjustified absences, lower attractiveness and loss of core competencies.

KEYWORDS: direct and indirect compensation, components, retention, customs.

RESUME: Pour la réussite des objectifs qu'une organisation s'est assigné, elle mise sur ses différentes ressources. Parmi lesquelles, les ressources humaines. Quels que soient les compétences dont elles disposent, elles ne suffisent pas pour leurs permettre d'atteindre une forte productivité. Pour y parvenir, les salariés doivent être motivés.

Un employé motivé est prêt à accomplir réellement son travail de la meilleure façon possible et le démontre par ses efforts.

Pour cela, la rémunération est une variable de pilotage essentiel. Elle contribue au développement des performances, conditionne l'équilibre social interne, met les salariés dans l'unité et attire et retient les compétences.

Il sied de noter que la rémunération possède deux composantes à savoir, la rémunération directe. La rémunération directe est constituée de celle dite fixe et celle dite variable. A côté de la rémunération directe, il existe la rémunération indirecte.

A la Direction Générale des Douanes et Accises, les composantes de la rémunération payée aux agents n'ont pas toutes le même effet sur leur rétention; certaines sont plus appréciées (primes, avantages en nature et avantages sociaux) et leur radiation dans la paie aurait des conséquences professionnelles néfastes telles: la baisse de la productivité, le mauvais climat de travail, des absences injustifiées, moindres attractivités et perte des compétences clés.

MOTS-CLEFS: rémunération directe et indirecte, composantes, rétention, douanes.

1 INTRODUCTION

Pour la réussite des objectifs qu'une entreprise ou mieux une organisation s'est assigné, elle mise sur ses différentes ressources. Parmi lesquelles, les ressources humaines occupent une place de choix (Barney & Hesterly, 2007).

Quels que soient le degré d'intelligence, d'aptitude ou de dextérité des ressources humaines, ces compétences ne suffisent pas pour leur permettre d'atteindre une forte productivité. Pour y parvenir, les salariés doivent être motivés (Herzberg, 1959).

Les motifs spécifiques auxquels obéissent les employés dans le travail salarié affectent leurs productivités.

Ainsi, la fonction du manager consiste à canaliser efficacement la motivation des employés vers la réalisation des objectifs de l'entreprise. Dans ce sens, Porter (1986) insiste sur l'importance pour le manager de mobiliser efficacement les ressources humaines dans les activités stratégiques pour atteindre les objectifs de performance.

Une entreprise doit découvrir des nouvelles méthodes pour motiver ses ressources humaines et, ceci implique que le manager s'efforce de comprendre plus clairement ce qui motive les employés (Hellriegel et al., 1992).

Un employé motivé est prêt à accomplir réellement son travail de la meilleure façon possible et le démontre par ses efforts. C'est en fonction de chaque employé que l'entreprise peut compter pour remporter un véritable succès. Cependant, si l'entreprise veut augmenter ses performances, il faut que chaque employé ait le désir, l'intention, la volonté de bien exécuter les tâches qui lui sont confiées.

De plus, quand les employés sont motivés, cela influence positivement leurs performances, ils produisent un travail de meilleure qualité.

En général, quand les employés sont motivés, ils remplissent leurs tâches avec abnégation.

Dans le but de donner l'exemple au sein de l'organisation, l'employé motivé consacre son temps à l'entreprise et demeure toujours vigilant dans ses actes tout en développant ses propres stratégies). Ce qui va lui faire jouir des avantages précieux dont, une meilleure rémunération et suivre un parcours extraordinaire de performance.

Armstrong (2006) estime que, la rémunération est un outil clé de la performance d'une entreprise. Rémunérer ne signifie pas seulement payer un salaire conséquent, mais aussi, attirer, motiver et retenir les salariés performants dont la fidélisation est indispensable à la réussite de l'entreprise.

De leur côté, Martory et Crozet (2013) estiment que les salariés sont des véritables acteurs de la performance des entreprises. Ils doivent être motivés afin de participer efficacement dans la productivité.

La participation active du personnel dans les entreprises ne doit pas être freinée par un niveau de rémunération inadapté, voire irrationnel. Chaque dirigeant d'entreprise est appelé à prendre conscience de cette réalité pour éviter d'en subir les conséquences. Il devrait faire de la rémunération un moteur de progrès pour l'entreprise. Sur ce, Quinodon (2009) estime que la rémunération constitue un moyen évident de motivation des salariés.

Selon la théorie des incitations, la motivation des salariés est toujours d'actualité et préoccupe les gestionnaires des entreprises. L'un des mécanismes incitatifs les plus discutés est ce que l'on qualifie d'incitation monétaire (rémunération) (Merlateaux, 2011).

Selon Etchart-Vincent (2006), les incitations monétaires se définissent comme une technique de rémunération qui agit sur la performance du sujet et l'incite à prendre les décisions qui correspondent à ses espérances, de façon à rentabiliser son profit.

La rémunération est une variable de pilotage essentiel. Elle contribue au développement des performances, conditionne l'équilibre social interne, met les salariés dans l'unité et attire les compétences. Elle est la somme représentative de l'ensemble des gains susceptibles d'être évalués en espèces et fixés par accord ou par les dispositions légales et réglementaires qui sont dus en vertu d'un contrat de travail, par un employeur à un travailleur (Code du Travail, 2016).

Il sied de noter que, la rémunération possède deux composantes à savoir, la rémunération directe composée de la rémunération directe fixe qui est l'ensemble du montant perçu par le salarié indifféremment de ses performances et de celles de l'entreprise et, de la rémunération directe variable autrement appelée, salaire de performance ou de mérite et qui permet de tenir compte de la façon dont l'employé contribue dans l'épanouissement de l'organisation.

A côté de la rémunération directe, il existe la rémunération indirecte (Sekiou et al., 2001) qui n'a rien à voir avec la façon dont l'employé exerce ou excelle dans son emploi mais est tout simplement liée au statut du salarié ou à son appartenance à l'entreprise et comprend tous les avantages sociaux qui se rajoutent à la rémunération directe.

Il est vrai que, dans la plupart des entreprises congolaises, la rémunération des travailleurs comprend une partie directe (rémunération directe) et une partie indirecte (rémunération indirecte).

Par ailleurs, la motivation des employés peut être extrinsèque ou intrinsèque (Herzberg, 1959). Pour Herzberg (1959), la motivation d'un individu émanerait lorsque ses besoins physiologiques (facteurs extrinsèques) sont suffisamment comblés pour générer de la satisfaction et que ses besoins psychologiques (facteurs intrinsèques) trouvent également les réponses à leurs attentes.

Selon Bandura (1997), Herzberg (1959), Pink (2009), les facteurs intrinsèques sont:

- Intérêt pour la tâche: plaisir à réaliser l'activité, goût pour les défis,
- Autonomie: liberté dans la manière d'exécuter son travail, initiative personnelle, responsabilisation,
- Compétence avérée par la maîtrise: développement de nouvelles compétences, sentiment d'efficacité personnelle,
- Reconnaissance personnelle: fierté du travail accompli, estime de soi renforcé.

Par contre, les facteurs extrinsèques sont:

- Rémunération financière: salaire de base, primes, bonus, etc.;
- Avantages sociaux: assurance santé, congés payés, transport, repas, logement, plan d'épargne, etc.;
- Conditions de travail: environnement physique agréable, horaires flexibles, outils et équipements de qualité, etc.

La Direction Générale des Douanes et Accises (DGDA), une des trois régies financières de la République Démocratique du Congo, chargée de lutter contre la fraude et, vise l'application des législations se rapportant au contrôle, à la recherche, à la constatation et à la répression des infractions douanières. Ses agents perçoivent le salaire de base, les primes; les conditions de travail sont meilleures, les avantages sociaux tels que les soins de santé, le transport...leurs sont accordés.

Nous avons constaté que les composantes de la rémunération payées à la Direction Générale des Douanes et Accises, n'ont pas toutes le même impact sur la motivation et la rétention des agents; car il est vrai qu'il ne suffit pas de payer différentes composantes aux agents, il faut que cela rencontre par moment la représentation qu'ils s'en font.

Pour cela, nous voulons à travers cette recherche, connaître les opinions des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises sur les composantes de leurs rémunérations qui les motivent le plus et sont sources de leur rétention.

Cette préoccupation de notre étude donne lieu aux questions suivantes:

- Quelles sont les composantes de la rémunération payée à la Direction Générale des Douanes et Accises ?
- Quelles sont les composantes de la rémunération que les agents de la Direction Générale des Douanes et Accises trouvent plus motivantes ?
- Quelles peuvent être les conséquences de la disparition de ces composantes qui motivent sur les comportements des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises ?

En guise de réponses provisoires aux questions posées, nous formulons les hypothèses suivantes:

- Les composantes de la rémunération des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises sont: le salaire de base, les primes, les avantages en nature (voiture de service, ordinateur, logement, transport (bus de service)...), les sommes versées pour prestations supplémentaires (heures supplémentaires, jours de repos et jours fériés), indemnité de vie chère, l'allocation de congé ou l'indemnité compensatoire de congé, les sommes payées par l'employeur pendant l'incapacité de travail et pendant la période précédant et suivant l'accouchement¹.
- Les agents de la Direction Générale des Douanes et Accises sont plus motivés par les primes, les avantages sociaux (soins de santé, indemnité de logement...) et les avantages en nature (voiture de service...).
- Les conséquences de la disparition des éléments motivants de la rémunération des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises peuvent être: la démission, les absences injustifiées et récurrentes, le turn-over, la baisse de la productivité, le mauvais climat de travail, etc.

¹ www.leganet.cd/legislation/droitsocial/loi16.010.15.07.html

Les objectifs de notre recherche sont les suivants:

- Déterminer les composantes de la rémunération des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises;
- Déceler les composantes qui motivent le plus les agents de la Direction Générale des Douanes et Accises;
- Déterminer les conséquences de la disparition des composantes motivantes de la rémunération sur les agents.

2 MÉTHODOLOGIE

Sur le plan méthodologique, nous avons recouru à l'enquête appuyée par le questionnaire qui nous a permis de récolter des informations auprès de 60 sujets choisis selon leurs disponibilités. Le traitement des données a été effectué par le logiciel SPSS version 25.0.

3 RÉSULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Q1. Votre régie paye-t-elle régulièrement (chaque mois) votre rémunération ?

Tableau 1. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Oui	45	75
Non	15	25
Total	60	100

Q2a. Bénéficiez-vous d'autres avantages financiers ?

Tableau 2. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Oui	56	93,3
Non	4	6,7
Total	60	100

Q2b. Si oui, ces avantages financiers peuvent être (choisissez toutes les primes dont vous bénéficiez):

Tableau 3. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Indemnité de logement	15	11,7
Prime de rétrocession	52	40,3
Prime d'encadrement de la paie	5	3,9
Prime sectorielle	57	44,1
Total	129	100

Q3. Quelles sont les composantes de la rémunération des agents de votre régie ? (choisissez toutes les composantes de votre rémunération):

Tableau 4. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Salaire de base	25	20,5
Primes	60	49,2
Sommes versées pour prestations supplémentaires	37	30,3
Total	122	100

Q4. Parmi les composantes de la rémunération (directe et indirecte) énumérées ci-dessous, lesquelles constituent pour vous, une meilleure source de motivation ? (choisissez toutes les composantes constituant pour vous une source de motivation):

Tableau 5. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Salaire de base	2	1,2
Primes	60	35,3
Sommes versées pour prestations supplémentaires (heures supplémentaires, jours de repos et jours fériés)	35	20,6
Avantages en nature (voiture de service, ordinateur, logement, transport (bus de service)...))	8	4,7
Avantages sociaux (indemnité de transport, soins médicaux, indemnité de logement...)	52	30,5
Allocation de congé	2	1,2
Sommes payées par l'employeur pendant l'incapacité de travail et pendant la période précédant et suivant l'accouchement	11	6,5
Total	170	100

Q5a. Pensez-vous que l'absence de ces composantes dans la rémunération des agents peut avoir des conséquences ?

Tableau 6. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Oui	58	96,7
Non	2	3,3
Total	60	100

Q5b. Si oui, les conséquences peuvent être:

Tableau 7. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Perte des compétences clés	4	6,7
Mauvais climat de travail	14	23,3
Baisse de la productivité	36	60
Absences injustifiées et récurrentes	6	10
Total	60	100

Q6. Qu'est-ce qui pourrait être ajouté à votre rémunération pour vous retenir et vous motiver ?

Tableau 8. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Salaire de base	3	5
Gratification (13 ^{ème} mois)	8	13,3
Allocation de congé	6	10
Allocation familiale	4	6,7
Plan d'épargne	39	65
Total	60	100

Q7. Est-ce que la reconnaissance non financière comme, les éloges et les opportunités de développement vous retiennent et vous motivent également dans votre travail?

Tableau 9. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Oui	51	85
Non	9	15
Total	60	100

Q8. En rapport à votre rémunération (l'ensemble de ce que vous gagnez), êtes-vous:

Tableau 10. Réactions des sujets

Indices statistiques Réponses	Fréquence	Pourcentage
Très satisfait	12	20
Satisfait	41	68,3
Insatisfait	5	8,3
Très insatisfait	2	3,4
Total	60	100

3.2 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Selon la majorité des enquêtés (75%), les agents de la Direction Générale des Douanes et Accises sont régulièrement payés, par ailleurs 25% des sujets estiment que la rémunération (salaire et primes) pour certains et (primes) pour d'autres est payée généralement plusieurs jours après la fin du mois.

Presque tous les sujets (93,3%) admettent qu'ils bénéficient d'autres avantages financiers à part le salaire de base et en citent plusieurs dont notamment, l'indemnité de logement, la prime de rétrocession, la prime sectorielle, la prime d'encadrement de la paie, etc.

Il sied de noter que, certains agents bénéficient de plus d'une prime, c'est-à-dire, qu'un agent peut bénéficier de la prime de rétrocession, de la prime sectorielle et de l'indemnité de logement. Voilà pourquoi les choix sont allés à 129 au lieu de 60.

A propos des composantes de la rémunération que perçoivent les agents de la Direction Générale des Douanes et Accises, les résultats de la recherche montrent que tous les sujets ont choisi la prime qui entre dans la rémunération de tous, 37 admettent qu'outre la prime, ils bénéficient des sommes versées pour prestations supplémentaires et 25 sujets admettent qu'ils touchent le salaire de base outre la prime.

Il est important de noter que, lors de la recherche, nous avons remarqué que la majorité des agents de la Direction Générale des Douanes et Accises ne bénéficient pas du salaire de base, comme dans tous les services et entreprises publiques. Ce qui est contraire au principe de la rémunération qui voudrait que le travailleur aie à son recrutement une rémunération de base (Peretti, 2019; Milkovich & Newman, 2008; Code du travail, 2016; Langi, 2025) à laquelle s'ajoute des composantes variables (heures supplémentaires, commissionnements, primes, etc.) selon les performances de chaque employé; avec comme objectif selon Peretti et Roussel (2000) de les motiver et, cela peut être supprimée ou réévaluée à la baisse toutes les fois que les assignations ne sont pas atteintes.

Van Parijs et Vanderborcht (2009) affirment que le salaire de base est une rémunération inconditionnelle pour tous.

Dans le même sens, Armstrong (2006) en parlant des composantes de la rémunération, admet que le salaire de base a un effet considérable sur l'attraction et la rétention des employés. Malheureusement l'Etat congolais (employeur) prive la grande majorité des agents du salaire de base.

En matière de sources de rétention et de motivation, tous les sujets de notre recherche admettent que les primes sont la première source, suivies des avantages sociaux (soins médicaux...), alors que le salaire de base vient à la dernière position.

La grande majorité des sujets (96,7%) admet que l'absence des composantes les plus motivantes dans la rémunération aura probablement des conséquences sur le plan professionnel et, ils énumèrent comme conséquences, la baisse de la productivité, le mauvais climat de travail, des absences injustifiées et même la démission (Milkovich & Newman, 2008).

Selon les sujets de notre étude, pour qu'ils soient retenus et plus motivés, outre la reconnaissance non financière (motivation intrinsèque), il faudrait que l'employeur paye le salaire de base à ceux qui n'en bénéficient pas; les avantages sociaux (le plan d'épargne, les allocations familiales légales et extralégales...).

La grande majorité des sujets (88,3%) admettent qu'ils sont satisfaits de leurs rémunérations (ensemble de gains).

Au regard de ces résultats nous confirmons partiellement notre première hypothèse, alors que la deuxième ainsi que la troisième sont totalement confirmées.

Ainsi, nous proposons à la Direction Générale des Douanes et Accises ce qui suit:

- Renforcer les composants motivationnels de la rémunération chez ses agents en insérant ceux qui n'y sont pas en termes de rémunération indirecte (avantages sociaux);
- Tenir compte des facteurs socio-économiques;
- Utiliser à la fois des outils financiers et psychologiques pour retenir et motiver les agents;
- Renforcer régulièrement la capacité des agents pour conforter la confiance des partenaires;
- Encourager tout acte allant dans le sens de motiver les agents.

REFERENCES

- [1] Armstrong, M. (2006). *A handbook of human resource management practice*. 10^{ème} éd. London: Kogan Page.
- [2] Bandura, A. (2003). Auto-efficacité: Le sentiment d'efficacité personnelle. Paris: De Boeck Université.
- [3] Barney, J.B. & Hesterly, W. S. (2007). *Strategic management and competitive advantage: concepts and cases*. New Jersey: Pearson Prencite Hall.
- [4] Etchart-Vincent, N. (2006). « Expériences de Laboratoire en économie et incitations monétaires ». *Revue d'économie politique*, 116 (3), 383-418.
- [5] Herzberg, F. (1959). *The motivation to work*. Hoboken: John wiley & Sons.

- [6] Martory, B. & Crozet, D. (2013). *Gestion des ressources humaines pilotage social et performance*. 7^{ème} édition. Paris: Dunod.
- [7] Merlateaux, M. (2011). Incitations monétaires et motivation au travail: de la théorie économique à la neuroéconomie. repéré à <https://journals.openedition.org/ei/78>.
- [8] Milkovich, G.T. & Newman, J.M. (2008). *Compensation*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- [9] Pink, D.H. (2009). *Drive: the surprising truth about what motivates us*. New York: Riverhead Books.
- [10] Quinodon, H. (2009). *Conduite du changement: concepts clés*. 3^{ème} édition. Paris: Dunod.
- [11] RDC. (2016). « Loi n° 16/010 du 15 juillet 2016 modifiant et complétant la loi n°015-2002 portant Code du Travail ». In *Journal Officiel*.
- [12] Sekiou, L., Blondin, L., Fabi, B., Bayad, M. & Peretti, J.M. (2001). *Gestion des ressources humaines*. 2^{ème} édition. Louvain-la-Neuve: De Boeck.
- [13] Van Parijs, P. & Vanderborght, Y. (2009). *Le revenu de base inconditionnel: une proposition radicale*. Paris: La Découverte.

