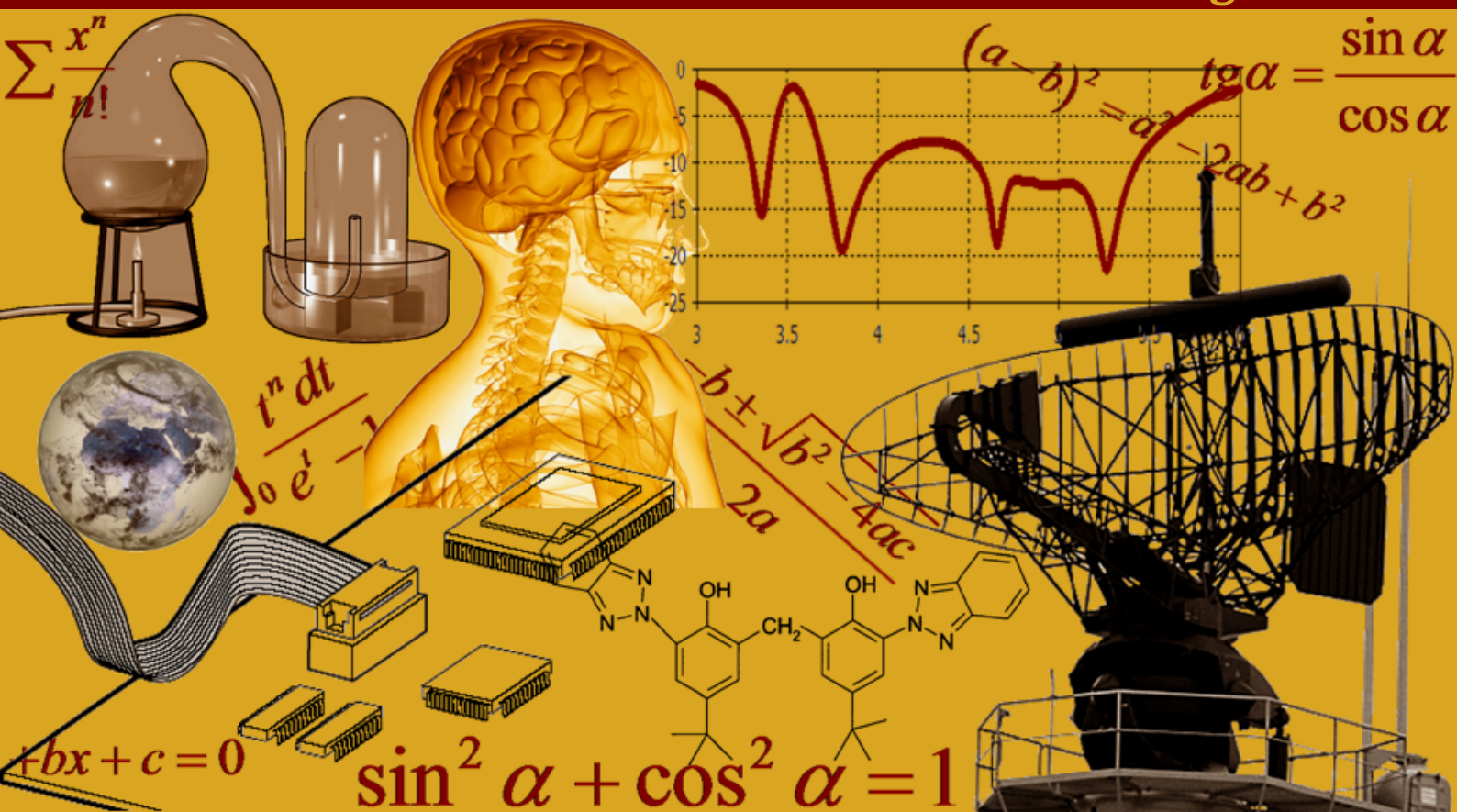


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 68 N. 1 August 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Scientific Research***

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) 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  
**Avdhoot Walunj**, National Institute of Technology Karnataka, India  
**Rehan Jamil**, Yunnan Normal University, China  
**Sankaranarayanan Seetharaman**, National University of Singapore, Singapore  
**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  
**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  
**Urmila Shrawankar**, G H Rasoni College of Engineering, India  
**Goutam Banerjee**, Visva-Bharati University, India  
**Santosh Kumar Mishra**, S. N. D. T. Women's University, India  
**Anupam Kumar**, Ashoka Institute of Technology & Management, India

## Table of Contents

Utilization of indigenous knowledge on health and illness among the Baiga and Kol Tribe in Sidhi district of Madhya Pradesh, India: A comparative study	1-5
<i>Nikita Das and K.K.N. Sharma</i>	
Congenital asymmetric Crying Facies: Case report	6-9
<i>Faical Kouskous, Widade Kojmane, Fouzia Hmami, Kalmi Noura, Hanane Baybay, Fatima Zahra Mernissi, and Moustapha Hida</i>	
Evaluation de l'impact de l'urbanisation sur les ressources végétales de la commune de Bingerville à l'horizon 2040: Contribution de la géomatique	10-23
<i>Sako Mariétou Diarra, Adonis Krou Damien KOUAME, and N'Da Hyppolite Dibi</i>	
Évaluation de la performance des modèles climatiques régionaux du programme CORDEX-AFRIQUE sur le bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo (Ouest de la Côte d'Ivoire)	24-39
<i>Daouda Konaté, Kouadio Zilé Alex, COULIBALY Zana Mohamed, and DJE Kouakou Bernard</i>	
La Cybercriminalité dans l'ère numérique: Une étude des défis juridiques et réglementaires	40-49
<i>Ghita Bougren and Mohamed Chadi</i>	
Connaissances et pratiques des prestataires de l'Hôpital Général de Référence de Bwamanda sur la prise en charge des effets secondaires des méthodes contraceptives modernes	50-57
<i>MOMBELA IBELE Désiré, MAMBESA BAINAMBOKA Martin, Ekpimbo Mambokolo Claris, Bokango Bapoti Thomas, and Kangala Leso Fidele</i>	
Référés administratifs et promotion de l'Etat de droit en République Démocratique du Congo	58-67
<i>Malagano Kalongola Pierre</i>	
The Use of H5P to Widen English Lexicon: A Study on Moroccan ESP Students	68-83
<i>Fouad Boulaïd</i>	
Development of a new medical image compression method for optimal storage space	84-97
<i>Livane NGUEJIO ZEBAZE, ERNEST KIATA, and Laurent BITJOKA</i>	
Impact de la formation continue sur les pratiques de classe des professeurs du primaire au Maroc: Cas de la direction provinciale de Rabat	98-113
<i>Arharbi Rachid and Belhaj Laila</i>	
La prise en charge de l'ulcère de Marjolin: Expérience du service de chirurgie plastique au CHU Mohammed VI Marrakech, Maroc	114-122
<i>O. Elatiqi, I. Zinedine, O. Aitbenlassal, M.D. Elamrani, and Y. Benchamkha</i>	
Etude conceptuelle d'un mini-convoyeur à vitesse variable utilisé dans la construction des maisons étagées	123-148
<i>Mapamboli Ebuta Benie, Kambale Mondo Augustin, and Katembo Maliro Jules</i>	
L'apprentissage de la langue française et la question de Motivation: Cas du lycée dans la région de Rhamna	149-165
<i>Mohamed Marouani and Marouani Abdessadik</i>	
Plantes médicinales utilisées dans le traitement des affections fréquentes par les producteurs de cacao de Séria et leurs familles (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)	166-176
<i>Kouadio N'Dah Kouamé Cyriac, Annick KOULIBALY, Diomande Valouthy Paul-Alex, Dramane Koffi Bakari, Diaby Fatoumata, and Boko Brou Bernard</i>	
Tomographies de Résistivité Electrique appliquées à l'implantation de forages AEP à Bouna et Doropo dans la région du Bounkani (Nord-est) de la Côte d'Ivoire	177-186
<i>Armel Kouadio KOUAME, Marc Youan Ta, Yapo Assi Martial, Bertrand Hounnigbo AKOKPONHOUE, Omer Zéphir de LASME, Amandine Carine Mbiafeu NJEUGEU, Kouamé Loukou Nicolas, and Nicaise YALO</i>	
Analyse de l'évolution des maladies prioritaires dans la zone d'influence du centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou, près de Bamako au Mali	187-200
<i>Hippolyte Traore, Housseini Dolo, Djibril Traore, and Djibril Bamba</i>	
Analyse de l'application des mesures d'hygiène et de sécurité dans la zone d'influence du centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou, près de Bamako, Mali	201-215
<i>Hippolyte Traore, Housseini Dolo, Adama Taloufoudye, Ibréhima Guindo, and Kléma Marcel Kone</i>	

Leachate treatment: Originality and performance	216-222
<i>Hanane El Fadel, Mohammed Merzouki, and Mohamed BENLEMLIH</i>	
The anchoring of environmental education in the Moroccan education system	223-229
<i>Hanane El Fadel, Mohammed Merzouki, and Mohamed BENLEMLIH</i>	

## Utilization of indigenous knowledge on health and illness among the Baiga and Kol Tribe in Sidhi district of Madhya Pradesh, India: A comparative study

Nikita Das<sup>1</sup> and K.K.N. Sharma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Scholar, Department of Anthropology, Doctor Harisingh Gour Vishwavidyalaya, Sagar, Madhya Pradesh, India

<sup>2</sup>Professor, Department of Anthropology, Doctor Harisingh Gour Vishwavidyalaya, Sagar, Madhya Pradesh, India

Copyright © 2023 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:** According to the World Health Organization (WHO), «traditional medicine as the health practices, approaches, knowledge and beliefs comprising plant, animal and mineral based medicines, spiritual therapies, manual techniques and exercises, applied singularly or in combination to treat, diagnose and prevent illnesses or maintain well-being». The objective of the study is to find out the Indigenous Knowledge of health and illness among the Baiga (PVTG) and Kol tribes of Sidhi District of Madhya Pradesh, India. The cross sectional study is carried out in Sidhi District of Madhya Pradesh, India. A total of 200 (Age below 35 and 50 years above, 100 young and 100 Old) individuals (100 each from both tribal communities) were selected by using of purposive sampling for this research. Both qualitative and quantitative data were collected. The present study showed their perception on health and illness. The most of the People are highly believe on traditional as well as supernatural things. They are firstly preferred to traditional and spiritual healers as compare to allopathic doctors. The traditional medicines and spirituals believes which are playing a major role among the Baiga and Kol community seeks immediate attention since the practitioners are mostly the older generation and not many youngsters are ready to carry forward the tradition.

**KEYWORDS:** Indigenous knowledge, Health, Illness, Baiga & Kol Tribes, Madhya Pradesh.

### INTRODUCTION

Health is fundamentally not limited to illness and healing, rather extends to a dynamic circumstance combine persons, culture and an adaptation to the atmosphere. Every society has its different values and perceptive regarding health, illness and disease. Consequently, they developed their pharmacopoeia and sustain the indigenous system of healing and curing. In India, the practice of traditional medicine has been well thought-out as an impressive healing over the year by the aboriginal people. The knowledge of ethno-medicinal plants and their crop and cure of disease has been transfer throughout verbal communication within the community and increasingly it transmits from one generation to other. According to the World Health Organization (WHO), traditional medicine as the health practices, approaches, knowledge and beliefs comprising plant, animal and mineral based medicines, spiritual therapeutics, physical techniques and movements, applied singularly or in combination to treat, diagnose and prevent illnesses or maintain well-being.

Disease is a pathological procedure, difference from a biological custom. Illness is the patient's occurrence of ill health, every so often when no disease can be found. On the other hand, the perception of health and illness different cultural societies (Sonowal and Ponch, 2011) Understand the Ethno-medical practices of Indian scheduled tribes (Joshi, 2019). Moreover, Indian schedule tribal are very concern about their own practices of health and mode of treatment. (Debnath, 2014) explained the health status and their problems among varies cultural Particular Vulnerable tribal groups of Madhya Pradesh, India. (Jain, 2015) show the burden & pattern of illnesses among the various tribal communities in central India. Perception on health care system about various tribal communities of India (Negi and Singh, 2018)

Now-a-days, the knowing of the tribal ecosystem is very easy when traditional indigenous knowledge of the tribal societies is embattled to study and experienced. Indigenous knowledge is also known by local knowledge, traditional ecological knowledge (TEK), farmer's knowledge and aboriginal knowledge etc.

India is a very rich habitat to scheduled tribe that constitutes about 8.6 percent of the total population of the country. Madhya Pradesh has the highest tribal population of India (Census of India, 2011). However, Sidhi is one of the tribal districts of the Madhya Pradesh, India. Tribal enrich their own habitat, culture, customs, values and different geographical isolation. Baiga is one of the Particularly Vulnerable Tribal Group (PVTG) having a total population of 414,526 in Madhya Pradesh state of India (Census of India, 2011). Total population of Baiga is 26,392 in Sidhi district of Madhya Pradesh (SC and ST Cell of Sidhi district, Government of Madhya Pradesh, India, 2019). Kol, tribe is reckoning among the oldest tribes of India. Total population of Kol is 11.67 Lakhs in Madhya Pradesh state of India (Census of India, 2011). Total population of Kol is 132,126 in Sidhi district of Madhya Pradesh (SC and ST Cell of Sidhi district, Government of Madhya Pradesh, India, 2019). They both are semi-nomadic and (*Bagheli*) Hindi speaking groups. They are living in the small house. They are entirely depending upon the agriculture and forest for their livelihood. Their Seasonal collections (Honey, Sal resin (*gond*), Mahua,) along with agricultural laborer in agricultural season.

Therefore, the objective of the present study is to find out the Indigenous Knowledge of health and illness among the Baiga and Kol tribes of Sidhi District of Madhya Pradesh, India.

## **MATERIALS AND METHODS**

The cross sectional study is carried out in Sidhi District of Madhya Pradesh, India. A total of 200 (100 young and 100 Old) age group between below 35 and 50 years above individuals (One Hundred each from both tribal communities) were selected by using of purposive sampling for this research. Both qualitative and quantitative data were collected by applying a semi-structured, pre-tested schedule and focus group discussion (FGD). At the same time, participant observation method was also used. Data were analyzed by using SPSS-20 and Microsoft Excel software tools.

## **INCLUSION AND EXCLUSION CRITERIA**

The Inclusion criteria were:

- i. Young and Old people of Baiga tribe- A PVTG of Sidhi district, Madhya Pradesh, India.
- ii. Young and Old people of Kol tribe of Sidhi district, Madhya Pradesh, India.
- iii. Aged below 35 and 50 years above young and old people from both tribes.
- iv. The informant has given consent to participate in the study.
- v. The participants should be physically and mentally normal. They should not have any symptoms of mental disorder.

The exclusion criteria are:

- i. Who were not belonging to the tribes of Baiga and Kol.
- ii. Participants who were have any symptoms of mental disorder.

## **STUDY PROTOCOL**

All the participants were conversant and interpret properly about the aim of the study. All the data were collected with the proper consent of the individuals. All procedures, resources, and data collection to this work fulfill with the ethical principles as per the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2008 (World Medical Association, 2013).

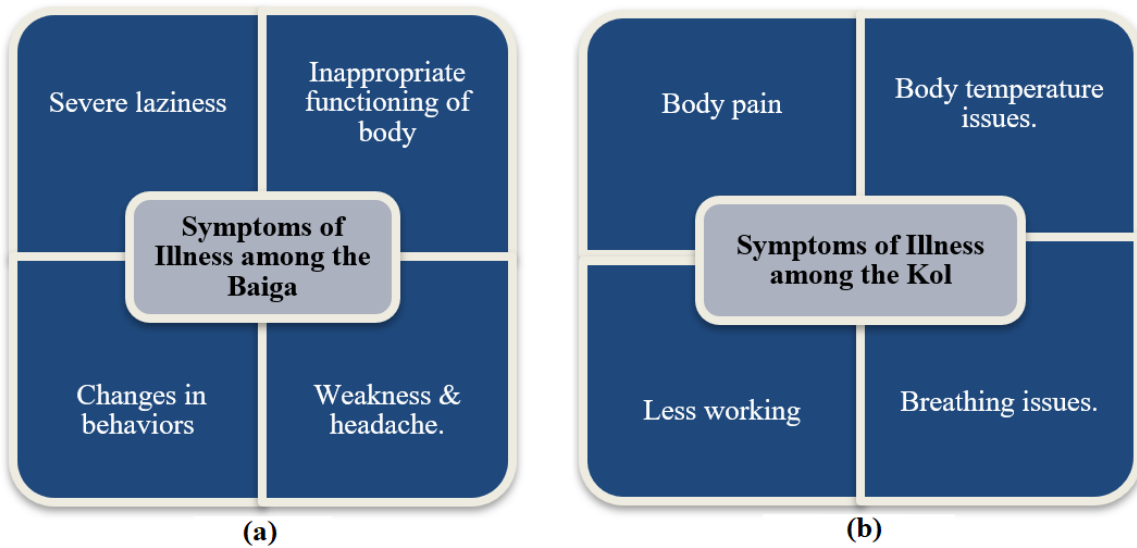
## **RESULT AND DISCUSSIONS**

### **PERCEPTION OF HEALTH AND ILLNESS AMONG THE BAIGA & KOL**

The perception of health and illness is highly depending upon gender and age of the informant. The Baiga and Kol tribes believed that proper physical hard work, maintaining hygiene, healthy food and proper sanitation defined as a good health. Healthy life refers to ability to physical work (i. e. wood cutting, food gathering and wage labor) and on the basis of food intake.

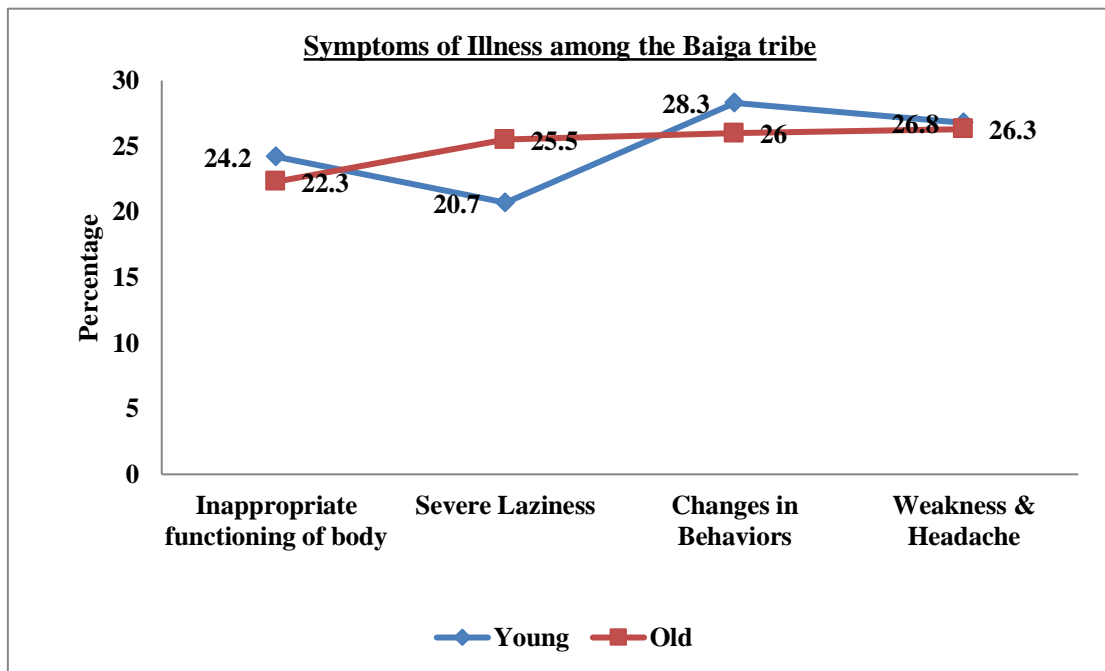
Simultaneously, they both are majorly believed on behavior of person. Among the Baiga and Kol communities they highly belief on supernatural power, which is plays a critical role in their health perspective. They are having their own gods (*Kuldevta*) and ethos for health, illness and diseases.

**SYMPTOMS OF ILLNESS AMONG THE BAIGA AND KOL**



**Fig. 1.** (a) Symptoms of Illness among the Baiga tribe of Sidhi District of Madhya Pradesh (b) Symptoms of Illness among the Kol tribe of Sidhi District of Madhya Pradesh

Figure 1 (a) and (b) shows the categorization of symptoms of illness among the Baiga and Kol respectively. Major symptoms of illness among the Baiga are: inappropriate functioning of body, severe laziness, and changes in behaviors, weakness & headache. Major symptoms of illness among the Kol are: body pain, breathing issues, less working and body temperature issues.



**Fig. 2.** Percentage of symptoms of illness among the young and old Baiga tribe of Sidhi District of Madhya Pradesh

Figure 2 present the percentage of symptoms of illness among the young and old Baiga tribe. The figure indicates that 26.8 % young Baiga believe the symptoms of illness is Weakness & Headache, 28.3 % Young believe changes in Behavior and 20.7% Young believe Severe Laziness While, 24.2 % believe the symptoms of illness is Inappropriate functioning of body.

Simultaneously, 26.3 % old Baiga believe the symptoms of illness is Weakness & Headache, 26 % old believe changes in Behavior and 25.5% old believe Severe Laziness While, 22.3 % believe the symptom of illness is Inappropriate functioning of body.

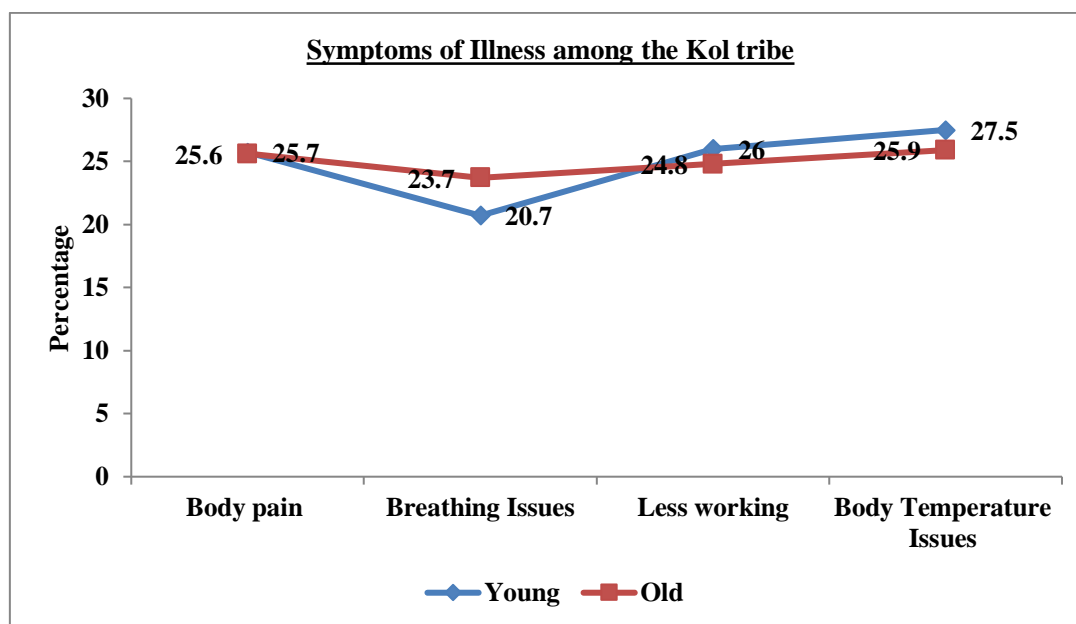


Fig. 3. Percentage of symptoms of illness among the young and old Kol tribe of Sidhi District of Madhya Pradesh

Figure 3 present the percentage of symptoms of illness among the young and old Kol tribe. The figure indicates that 27.5 % young Kol believe the symptoms of illness is body Temperature Issues, 26 % Young choose less working and 20.7% Young choose breathing issues. While, 25.7 % believe the symptoms of illness is body pain.

At the same time, 25.9 % old Kol believe the symptoms of illness is body Temperature Issues, 24.8 % old choose less working and 23.7% Young choose Breathing issues. While, 25.6 % believe the symptoms of illness is body pain.

#### CAUSES OF ILLNESS AMONG THE BAIGA AND KOL

The causes of illness among them are both Natural and Cultural. The Baiga's natural causes of illness or disease are mostly related with body function such as severely laziness, body pain, headache and digestion issues etc.

At the same time, natural causes of illness in Kol's are majorly related with body functioning i.e. less working capacity, less food intake and irregular work capacity.

In the same way the cultural causes of Baiga's are unhappy of ancestors, their clan, devil or spirit in the body, evil eyes of any person, break of taboos etc. Simultaneously, cultural causes of Kol's are Spirit of ancestor (*kul devta*), intrusion of devil and break of taboos. Sometime they are suffered a lot in some particular illness and those illness controlled in that specific situate or people because of their diet routine. But any manners of changes which influence their environment also influence their health and diet routine. Such as desertification, commodify of small forest goods, substitute of yield in money and etc.

#### DIAGNOSIS OF DISEASES AND MODE OF TREATMENT

Every society has own method of diagnosing and treatments of human body. The Baiga people are highly believe on traditional and spiritual methods of treatment. Some of the common health issues are cured by themselves with home remedies. The spiritual and traditional healers have well built cultural faith on traditional treatment process. Spiritual healers (*Baiga*) hold the wrist of right hand of the patient; close his eyes and chants holy mantras (Mantras therapy in their local dialects; Bagehli) in a whispering method. After the process he reports the causes behind the problem to affected person. Sometimes the traditional health practices of treatment is devolved the cultural sentimental values among tribal communities. Among them if somebody is affected from any kind of illness and health problems then the whole family unit of that affected person and the community also suffered with that.

On the other hand, the traditional healers (*Baiga*) cured by the medicinal plants. On the other hand, majorly old Kol people are believe on traditional and spiritual healing process. At the same time, mostly younger generation of Kol is not believed on these processes. Due to acculturation and awareness, young people are preferred allopathic doctors as compare to traditional and spiritual method of treatment.

## CONCLUSION OF THE STUDY

Traditional health care practices among them generally relate to concern ecology, forest, nature and has deep-rooted linkages with their own culture, beliefs, superstitions and religious faith. Their unique traditional system of health care, which has passed down from generation to generation, is still the prevalent system. Observation from the field shows that even in the case of modern medicinal facilities, the Baiga people would prefer to choose traditional health care facilities. And the old Kol people also prefer to traditional health facilities but the younger generation's faith is very low.

The present study concluded that the major symptoms of illness among the Baiga and Kol tribes are inappropriate functioning of body, severe laziness, and changes in behaviors, weakness & headache, body pain, breathing issues, less working and body temperature issues respectively.

## ACKNOWLEDGMENT

We are thankful to the Administration authorities, Baiga and Kol tribal informants of the studied area for giving their valuable time to conduct the present study.

## ETHICAL APPROVAL

The present study was approved by the Institutional Ethics Committee, Dr. H.S.Gour Vishwavidyalaya (A Central University), Sagar, (M.P.) vide letter No. DHSGV/IEC/2021/14.

## DECLARATION OF CONFLICT

The Authors declared that there is no conflict of interest.

## REFERENCES

- [1] Annual Reports of Ministry of Tribal Welfare. (2021-22). <https://tribal.nic.in>.
- [2] Debnath, D (2014). «The health problems and status of the particularly vulnerable tribal groups of Madhya Pradesh - A case study in anthropological dimension». *Man in India*.94 (4), 597-609.
- [3] Harshdeep, D., & Sharma K.K.N. (2022). «Indigenous Knowledge Pertaining to Health, Illness and Healthcare Seeking Behaviour Among Tribes of Chhattisgarh, India: A Comparative Explanation». *Asian journal of interdisciplinary research*. 5 (3), 16-21.
- [4] Indigenous knowledge in the jhabua district of Madhya Pradesh (2000). <https://genecampaign.org/wp>.
- [5] Jain Y., Kataria R., Patil S., Kadam S., Kataria A., Jain R., Kurbude R., &Shinde S. (2015). «Burden & pattern of illnesses among the tribal communities in central India: A report from a community health programme». *Indian J Med Res*. 141 (5), 663-72.
- [6] Jaiswal, R., & Premi, J.K. (2014). «Concept pertaining to health and illness among the Kanwar tribe of Chhattisgarh, India» *Man in India*, 94 (4), 1063-1074.
- [7] Joshi, P.C. (1981). «Perception and Classification of Illness among the Khasa Tribals of Dehradun, Tribe». 23 (1), 16-26.
- [8] Kenneth M Boyd (2000). «Disease, illness, sickness, health, healing and wholeness: exploring some elusive concepts». *J Med Ethics: Medical Humanities*.26, 9-17.
- [9] Negi D.P. & Singh M.M. (2018), «Tribal Health and Health Care Beliefs in India: A Systematic Review» *International Journal of Research in Social Sciences*.8 5 (1), 219-226.
- [10] Rath D., & Thapa S., (2022). «Tribal Health and Traditional Medication: Usages and Practices in Present and Past Society» *International Journal of Creative Research Thoughts*.10 (9), 773-779.
- [11] Sonowal, C.J., & Konch, P. (2021). «Disease Burden, Health-belief and Treatment-seeking Behaviour among the Particularly Vulnerable Tribal Groups of India». *Studies on Ethno Medicine*. 15 (1-2), 60-73.
- [12] Tribal health in Madhya Pradesh -a roadmap, Atal Bihari Vajpayee Institute of Good Governance and Policy Analysis. [https://aigppa.mp.gov.in/uploads/project/tribal\\_health.pdf](https://aigppa.mp.gov.in/uploads/project/tribal_health.pdf)

## Congenital asymmetric Crying Facies: Case report

*Faical Kouskous<sup>1</sup>, Widade Kojmane<sup>1</sup>, Fouzia Hmami<sup>1</sup>, Kalmi Noura<sup>2</sup>, Hanane Baybay<sup>2</sup>, Fatima Zahra Mernissi<sup>2</sup>,  
and Moustapha Hida<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Department of neonatology and neonatal Resuscitation unit, University Hospital Hassan II, Fes, Morocco

<sup>2</sup>Department of Dermatology, University Hospital Hassan II, Fes, Morocco

<sup>3</sup>Pediatrics department, University Hospital Hassan II, Fes, Morocco

Copyright © 2023 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:** Asymmetric crying facies in neonates is a rare condition that might be due to hypoplasia of the depressor anguli oris muscle and is characterized by asymmetry of lower lip depression during crying.

**Case report:** We report a full-term newborn delivered by cesarean section with an uneventful pregnancy among non-consanguineous parents. The newborns have an Apgar score of 9 and 10 at 1 and 5 minutes, respectively. His birth measurements were appropriate for his gestational age. His initial clinical examination was normal, apart from the presence of a red intersourciliary macule and an asymmetric face while crying, with the right lip corner disappearing at rest. In this clinical presentation, the diagnosis of asymmetric crying facies was retained.

**Conclusion:** Despite the fact that our patient has no other associated malformations, any facial paralysis that disappears at rest should be treated as a sign of asymmetric crying facies, and other malformations that may be associated should be screened for.

**KEYWORDS:** Congenital, facial asymmetry, cherry angioma, depressor angularis oris muscle, screening.

### INTRODUCTION

Congenital asymmetric crying facies (CACF) is a rare condition often misdiagnosed. It is mainly caused by the absence or hypoplasia of the depressor anguli oris muscle (DAOM) on one side of the mouth. This can be an isolated clinical finding or be coupled with other congenital malformations, most commonly in the cardiovascular system, and it is known as CACF syndrome. The typical clinical picture is a significant unilateral depression of the lower lip during crying, seen immediately after delivery, which disappears on rest.

Pediatricians must be familiar with this benign entity and differentiate it from more complicated situations requiring further investigation.

We report a neonate with CACF associated with a cherry angioma without other associated malformations.

### CASE REPORT

We present the case of a female newborn with nonconsanguineous parents who presented with a cherry angioma and an asymmetrical face when crying. It's a 41-week gestational age neonate who was born by cesarean section after an uncomplicated pregnancy.

She had a birth measurement appropriate for his gestational age: a weight of 3300 g, a length of 52 cm, a head circumference of 35 cm, and Apgar scores of 9, 10, and 10 at 1, 5, and 10 minutes, respectively.

His initial clinical examination after delivery was normal, apart from the presence of intersourciliary bright red, flat macules and symmetrical labial commissures at rest (Figure 1) and an asymmetrical face during crying, with the right labial commissure and the right half of the lower lip drooping while the left commissure did not move (Figure 2).

The physical examination as well as the investigations necessary to search for a known association with minor and major congenital anomalies and malformations, notably cardiovascular, were normal, with no obvious dysmorphism or anomaly. The diagnosis of asymmetric crying facies was retained based on clinical criteria. The situation was explained to the parents, and the baby was entrusted to his family. Her 6-month follow-up showed the same picture, with the parents' assurance and appointments for regular follow-up visits.



**Fig. 1.** *The asymmetrical crying face at rest*



**Fig. 2.** *The asymmetrical crying face during crying*

**DISCUSSION**

CACF is a relatively common minor anomaly with an overall incidence of 0.6% (1). It is mainly caused by the absence or hypoplasia of the depressor anguli oris muscle (DAOM) on one side of the mouth (2). Another cause is the lesion of the peripheral branches of the facial nerve, in particular the mandibular branch that passes superficially over the mandible in newborns during delivery (3). The typical clinical picture is a significant unilateral depression of the lower lip during crying, seen immediately after delivery, which disappears at rest (4).

The pathogenesis of hypoplasia of the depressor anguli oris muscle is unknown; it has previously been suggested that it is secondary to abnormal fetal posturing or viral infection during pregnancy, but genetic implications have been reported (5,6,7). A retrospective review reported a 14% incidence of CACF in patients with a 22q11.2 deletion, significantly higher than in the general population (8).

Some studies showed that newborns with CACF have a 3.5-fold higher risk of association with other major congenital anomalies like cardiac (4, 8), cervicofacial (1, 9, 10), neurological, genitourinary, gastrointestinal, skeletal, and genetic syndromes (9-13). Other reported associations with CACF include hemihypertrophy, cystic lymphangioma, collodion baby, and pulmonary agenesis (12-17). Minor anomalies such as anal/preauricular tags, pilonidal sinus, single horizontal palmar crease, accessory nipple, and strawberry hemangioma (9, 10) were also described. To our knowledge, associations with cherry angiomas have never been reported.

CACF secondary to compression of the mandibular ramus usually resolves spontaneously within a few months; however, when the cause is secondary to muscle agenesis or hypoplasia, it may be less noticeable with age when the functions of the other facial muscles and the smile dominate the child's facial expressions (18). In the event of no improvement, plastic surgery can be proposed (1).

**CONCLUSION**

A careful physical examination of newborns is important for the early diagnosis of CACF. If hypoplasia of the anguli oris depressor muscle is found, a search should be made for associated anomalies.

**REFERENCES**

- [1] Sapin SO, Miller AA, Bass HN. Neonatal asymmetric crying facies: a new look at an old problem. *Clin Pediatr (Phila)*. 2005; 44 (2): 109-119.
- [2] Kamal NM, Omair MM, Attar R, et al. Facial Asymmetry in a Newly Born Baby: Diagnostic Challenge!. *Clin Med Insights Case Rep*. 2022; 15: 11795476221088487. Published 2022 Mar 28.
- [3] Arya S, Jain SK, Richardson CJ. Facial Asymmetry in a Crying Newborn: A Comparison of Two Cases and Review of Literature. *Case Rep Pediatr*. 2017; 2017: 6368239.
- [4] Pasick C, McDonald-McGinn DM, Simbolon C, Low D, Zackai E, Jackson O. Asymmetric crying facies in the 22q11.2 deletion syndrome: implications for future screening. *Clin Pediatr (Phila)*. 2013; 52 (12): 1144-1148.
- [5] Papadatos C, Alexiou D, Nicolopoulos D, Mikropoulos H, Hadzigeorgiou E. Congenital hypoplasia of depressor anguli oris muscle. A genetically determined condition?. *Arch Dis Child*. 1974; 49 (12): 927-931.
- [6] Miller M, Hall JG. Familial asymmetric crying facies. Its occurrence secondary to hypoplasia of the anguli oris depressor muscles. *Am J Dis Child*. 1979; 133 (7): 743-746.
- [7] Silengo MC, Bell GL, Biagioli M, et al. Asymmetric crying facies with microcephaly and mental retardation. An autosomal dominant syndrome with variable expressivity. *Clin Genet*. 1986; 30 (6): 481-484.
- [8] Stewart HS, Smith JC. Two patients with asymmetric crying facies, normal cardiovascular systems and deletion of chromosome 22q11. *Clin Dysmorphol*. 1997; 6 (2): 165-169.
- [9] Dubnov-Raz G, Merlob P, Geva-Dayan K, Blumenthal D, Finkelstein Y. Increased rate of major birth malformations in infants with neonatal «asymmetric crying face»: a hospital-based cohort study. *Am J Med Genet A*. 2007; 143: 305-310.
- [10] Lin DS, Huang FY, Lin SP, et al. Frequency of associated anomalies in congenital hypoplasia of depressor anguli oris muscle: a study of 50 patients. *Am J Med Genet*. 1997; 71: 215-218.
- [11] aksen BYH, Daba D, Tuncer O, et al. A review of 35 cases of asymmetric crying facies. *Genet Couns*. 2004; 15: 159-165.
- [12] Akcakus M, Koklu E, Narin N, Kose M. Clinical and microscopic hair features of Griscelli syndrome associated with asymmetric crying facies in an infant. *Pediatr Dev Pathol*. 2008; 11: 63-65.
- [13] Caksen H, Patiroğlu T, Ciftçi A, Cikrikçi V, Ceylaner S. Asymmetric crying facies associated with hemihypertrophy: report of one case. *Acta Paediatr Taiwan*. 2003; 44 (2): 98-100.

- [14] Kurtoğlu S, Caksen H, Altin MA, Kontas O, Soyuer A. An infant with asymmetric crying facies and cystic lymphangioma. *Indian J Pediatr.* 2002; 69 (6): 537-538.
- [15] Akcakus M, Gunes T, Kurtoglu S, Ozturk A. Collodion baby associated with asymmetric crying facies: a case report. *Pediatr Dermatol.* 2003; 20 (2): 134-136.
- [16] Dorchy H. Association of asymmetric crying facies and pulmonary agenesis: a new syndrome? *Eur J Pediatr.* 2004; 163: 698; author reply 699.
- [17] Lahat E, Heyman E, Barkay A, Goldberg M. Asymmetric crying facies and associated congenital anomalies: prospective study and review of the literature. *J Child Neurol.* 2000; 15 (12): 808-810.
- [18] associated congenital anomalies: prospective study and review of the literature. *J Child Neurol.* 2000; 15 (12): 808-810.

## Evaluation de l'impact de l'urbanisation sur les ressources végétales de la commune de Bingerville à l'horizon 2040: Contribution de la géomatique

### [ Contribution of geomatics in the assessment of the impact of urbanization on Bingerville municipality's plant resources by 2040 ]

*Sako Mariétou Diarra, Adonis Krou Damien Kouame, and N'Da Hyppolite Dibi*

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR STRM, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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:** Côte d'Ivoire, like most African countries, is suffering the full force of the phenomenon of urban sprawl, which in its manifestation causes many environmental problems. In Bingerville, the gradual disappearance of plant resources in favor of ever-increasing urbanization and the problems posed by the cohabitation of man and nature raise questions.

The objective of this work is to analyze the environmental changes linked to urban dynamics in the commune of Bingerville using remote sensing and GIS and to model changes in land use in order to assess the impact of urban sprawl on the plant resources of Bingerville by 2040.

The methodological approach focused first on the processing of multispectral and multirate Landsat images: 1989 ETM, 1999 ETM, 2008 ETM+, 2016 and 2020 OLI TIRS for the analysis of the spatio-temporal dynamics of land cover and a modeling of land cover in 2040 using the CA\_Markov model.

From 1989 to 2020, the area of urban stain has increased from 8% to 39%, the vegetation registers during the same period a regression of its area by -3.06%.

The results of the modeling of land use changes by 2040 confirm the trends illustrated by the classification results, the «built-up» class will be the most important land use unit with 49.49%, while vegetation will represent only 10.69% of the total area of the city.

The agglomeration of the urban municipality of Bingerville is a perfect illustration of the constraint that urban dynamics exerts on the vegetation cover.

**KEYWORDS:** Urban sprawl, vegetation, land use, modelling, remote sensing, GIS.

**RESUME:** La Côte d'Ivoire comme la plupart des pays africains subit de plein fouet le phénomène de l'étalement urbain qui dans sa manifestation engendre de nombreux désagréments sur le plan environnemental. A Bingerville, la disparition progressive des ressources végétales au profit de l'urbanisation de plus en plus croissante suscite des interrogations.

L'objectif de ce travail est d'analyser les mutations environnementales à l'aide de la télédétection et des SIG et modéliser les changements d'occupation du sol afin d'évaluer l'impact de l'étalement urbain sur les ressources végétales à l'horizon 2040.

La classification supervisée des images multispectrales et multirates de Landsat: 1989 ETM, 1999 ETM, 2008 ETM+, 2016 et 2020 OLI TIRS a permis de faire l'analyse de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol. La modélisation de l'occupation du sol à l'horizon 2040 a été effectuée à l'aide du modèle CA\_Markov.

Les résultats de la classification montrent que de 1989 à 2020, la superficie de la tâche urbaine est passée de 8% à 39%. La végétation enregistre pendant la même période une régression de sa superficie de -3.06%.

La modélisation de l'occupation du sol à l'horizon 2040 confirme les tendances illustrées par les résultats de la classification. Ainsi, la classe « bâti » sera l'unité d'occupation du sol la plus importante avec 49.49% alors que la végétation ne représentera plus que 10.69% de la superficie totale de la ville.

L'agglomération de la commune urbaine de Bingerville est une illustration parfaite de la contrainte qu'exerce la dynamique urbaine sur le couvert végétal.

**MOTS-CLEFS:** Etalement urbain, végétation, occupation du sol, modélisation, télédétection, SIG.

## 1 INTRODUCTION

Le monde connaît une dynamique urbaine dont la rapidité et l'intensité ne laissent personne indifférent. En 1950, un peu moins de 30 % des habitants de la planète vivaient dans des villes.

Aujourd'hui c'est un habitant sur deux qui vit sur cet espace. Selon les Nations Unies, les citadins représenteront plus de 70 % de la population mondiale en 2050. L'étalement urbain n'est plus un phénomène localisé, mais il concerne pratiquement toutes les villes du monde [1].

Cette expansion continue de susciter l'intérêt de plusieurs auteurs, qui lui ont attribué plusieurs qualificatifs: la ville éparpillée [2], la ville émietlée [3], la ville diffuse [4], etc. Pumain considère l'étalement comme un « processus d'accroissement important des zones urbanisées en périphérie des villes, qui s'accompagne généralement d'un desserrement des populations et des activités urbaines » [5].

Les nouveaux investissements dans l'immobilier à la faveur de la reprise économique du milieu de la décennie 90 provoquent une modification progressive de l'équilibre entre l'espace urbain et l'espace forestier environnant si bien que les perturbations subies par les forêts périphériques sont importantes [6].

La relative disponibilité en espaces urbanisables, sa proximité d'Abidjan et l'existence d'un réseau routier facilitant son accès, sont les principales raisons qui font de Bingerville une ville très sollicitée.

L'anticipation des impacts de l'étalement urbain sur la biodiversité permet d'aider à la prise de décision dans le cadre d'opérations d'aménagement du territoire qui répondent aux enjeux de « durabilité » de la faune et de la flore urbaine [7]. Cela implique l'élaboration de scénarios prospectifs de changements d'occupation et d'usage des sols.

C'est dans ce contexte marqué par une disparition progressive des ressources végétales au profit d'une urbanisation de plus en plus croissante et les problèmes posés par la cohabitation homme-nature que cette étude a été menée.

## 2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Située à 18 kilomètres sur un site de plateau à l'Est d'Abidjan au bord de la lagune Ébrié entre 5°16' ET 5° 21' Nord et 3° 54' et 3,43' Ouest. Bingerville couvre une superficie de 2 119 km<sup>2</sup> (figure 1).

La ville de Bingerville se situe dans le domaine guinéen. Le climat correspondant est de type subéquatorial caractérisé par des températures de faibles amplitudes de 24 °C à 28 °C, et des précipitations abondantes, qui atteignent 1 547 mm en 2009. Cette zone connaît deux saisons sèches et deux saisons humides.

Le paysage végétal de Bingerville est composé de mangroves, de forêts marécageuses, de savane pré lagunaires d'Eloka, de savanes herbeuses et de plantations. Soumises à une activité agricole très intense, ces espaces forestiers sont en constante mutation. Cependant, des superficies terrestres de Bingerville possèdent une végétation fortement dégradée par les activités humaines antérieures.

Depuis 1975, la population de Bingerville n'a cessé de croître. Elle est passée de 18 000 habitants à 35 000 en 1998, soit un accroissement moyen annuel de 2,96 %. On l'estime en 2014 à 91 919 habitants selon l'INS (RGPH, 2014).

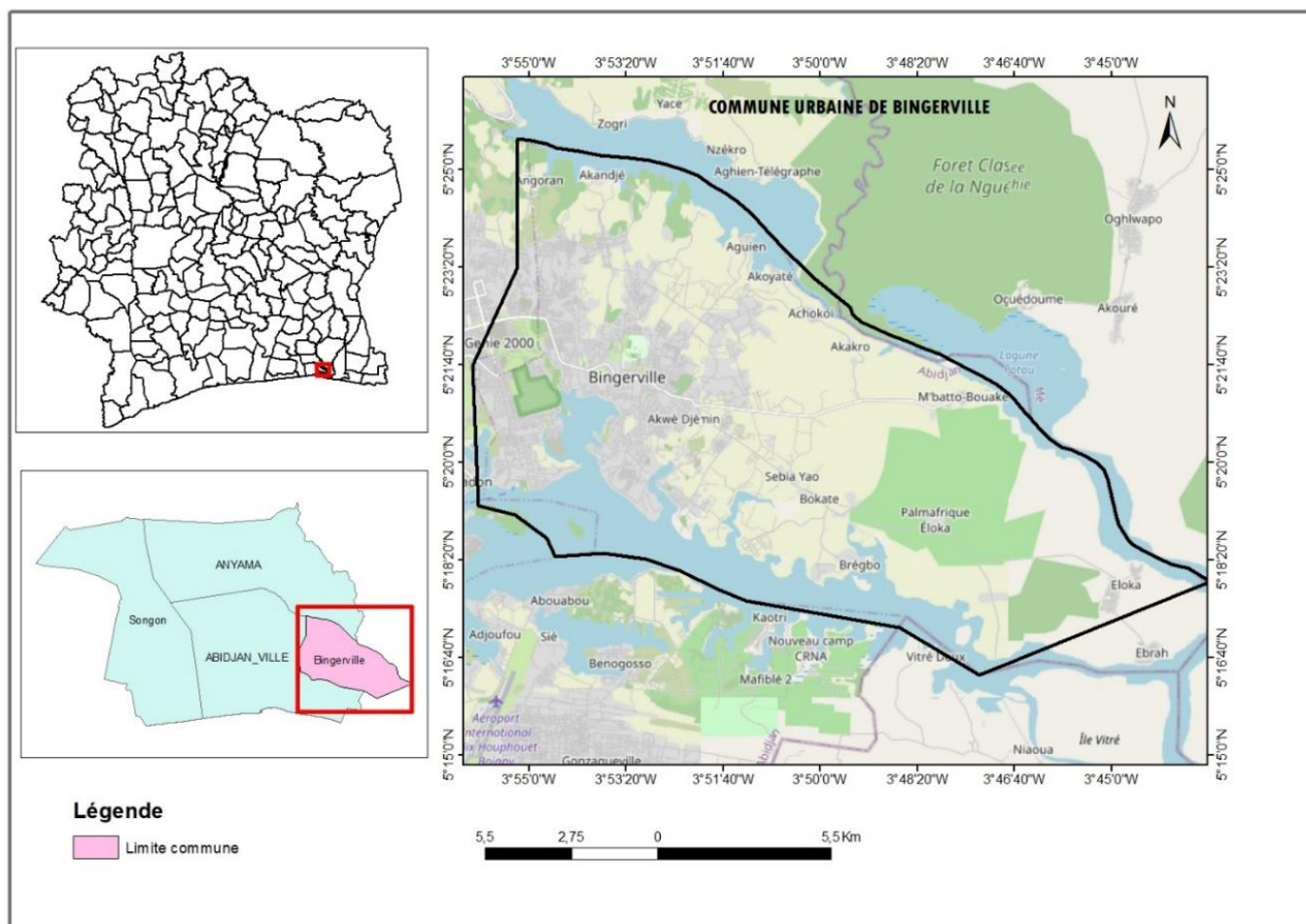


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

### 3 DONNÉES, MATÉRIEL ET LOGICIELS

#### 3.1 DONNÉES

- **Données satellitaires**

Pour mieux appréhender le phénomène de l'étalement urbain et démontrer qu'il impacte négativement la couverture végétale, les Images à Très Haute Résolution Spatiale issues de Landsat: TM5, ETM et OLI ont été mises à contribution. Afin d'avoir un meilleur contraste entre les végétaux, les bâtis, l'eau et les sols nus la période idéale fut entre le 01 janvier et 30 avril ou entre le 01 octobre et le 31 décembre, périodes où la couverture nuageuse est supposée moins dense sur Bingerville. Pour mieux suivre la dynamique de l'occupation du sol et en fonction de la disponibilité des images, les années 1989, 1999, 2008, 2016 et 2020 ont été retenues. Toutes ces images ont été téléchargées sur le site internet USGS (<http://earthexplorer.gov>).

- **Données cartographiques**

Les données cartographiques issues de Global Administrative Areas ou GADM, base de données des contours vectoriels en extension shapefile des frontières administratives ont été utilisées.

#### 3.2 MATÉRIEL

Toutes ces données ont été collectées et traitées à partir de matériel et de logiciels.

Ainsi pour la validation des résultats sur le terrain, les outils suivants ont été utilisés:

- Un GPS récepteur Garmin (MAP 64st) pour la vérification des points de contrôle et pour la prise d'autres points sur le terrain;
- Des fiches de collecte de données;
- Un appareil photographique numérique pour les prises de vue

### 3.3 LOGICIELS

Les logiciels utilisés pour le traitement des données sont les suivants:

- ENVI 5.3 a servi aux traitements des images, à l'extraction de la zone d'étude et des statistiques et à la classification des images;
- QGIS 3.8 a été utilisé lors de la phase cartographique;
- Idrisi selva 17.0 a permis de faire la modélisation

Arcgis 10.5 a servi à la cartographie et aux calculs statistiques

- Google earth pour le prélèvement des points de contrôle pour la validation de la classification des années 1989, 1999, 2008 et 2016

## 4 MÉTHODES

### 4.1 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL

#### 4.1.1 PRÉTRAITEMENTS DES IMAGES

- **Affinage spectral (Sharpening spectral PC)**

Le modèle Sharpening spectral PC est utilisé pour affiner une image multi bandes à résolution spatiale basse en utilisant une bande panchromatique à résolution spatiale élevée. La méthode d'affinage spectral PC suppose que la première bande PC est une bonne estimation des données panchromatiques [8].

- **Composition colorée**

Pour une meilleure discrimination des différents objets de l'image, les compositions colorées 4-3-2 ont été retenues pour TM et ETM+ et 5-4-3 pour OLI8 car elle présente les meilleures discriminations des types d'occupation du sol [9], [10], [11].

- **Fonction Tasseled Cap**

La transformation Tasseled Cap [12] est conçue pour analyser et apparier les modifications liées au développement urbain et à la végétation détectée par différents capteurs satellitaires. L'indice Tasseled cap a été généré sur la base des informations spectrales du satellite Landsat. Les coefficients Tasseled Cap utilisés dans l'équation linéaire de la transformation Tasseled Cap sont spécifiques au capteur et ont donc été dérivés pour chaque système de capteurs. L'indice est lié à l'analyse des principales composantes et aux indices de végétation.

#### 4.1.2 ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DU COUVERT VÉGÉTAL ET DE L'ÉTALEMENT URBAIN

L'analyse de la dynamique spatio-temporelle du couvert végétal et de l'étalement urbain de 1989 à 2020 dans la commune urbaine de Bingerville a été possible grâce aux données statistiques de la post-classification. Une comparaison de superficies des classes d'occupation du sol a déterminé les changements qui sont survenus à Bingerville entre 1989 et 2020. Ces mêmes données ont été mises à contribution pour calculer le taux moyen annuel d'expansion spatiale. La méthodologie repose sur la délimitation des classes d'occupation du sol, la classification orientée objet et l'analyse des statistiques issues des différentes classes d'occupation du sol. La dynamique spatiale est mesurée à partir de l'appréciation de l'évolution des états de surface fondée sur la comparaison des valeurs de superficie des différentes unités d'occupation du sol entre les périodes d'étude [13].

Différents graphes ont été réalisés avec les statistiques de la totalité des classes ou avec quelques classes spécifiques pour une meilleure illustration de l'évolution des classes d'occupation du sol.

- **Classification d'image et procédure cartographique**

Dans le cadre de cette étude, la classification orientée objet a été retenue pour la réalisation de la carte d'occupation du sol car cette méthode s'avère plus pertinente en milieu urbain.

Le processus implique la catégorisation des pixels en fonction de leurs caractéristiques spectrales, de leur forme, de leur texture et de leur relation spatiale avec les pixels environnants. Après l'observation, l'identification et la reconnaissance spectrale des classes d'occupation du sol sur la zone de Bingerville à partir de l'image de 1999, les classifications de l'occupation du sol en 1989, 1999, 2008, 2016, 2020 ont pu être réalisées selon la méthodologie présentée plus haut. Cependant, plus l'on remonte dans le temps, plus la qualité des images diminue, de ce fait le degré de précision est moins important et peut engendrer des erreurs [14].

Enfin, la précision des classifications obtenues a été évaluée à travers l'utilisation d'une matrice de confusion. Pour ce faire, elles ont été confrontées à des relevés terrains extraits d'images Google Earth ou de notre mission de terrain.

Deux indices de validation de classification sont employés: la précision globale caractérisant la proportion de pixels bien classés, calculée en pourcentage et l'indice de Kappa caractérisant le rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés [8], [15]. De plus, une étude portant sur l'occupation des terres peut être validée si l'indice de Kappa est compris entre 50% et 75% [16].

Après les différents traitements et la classification des cinq (5) images, il a été procédé à leur segmentation

- **Analyse des superficies et taux moyen de changement**

Pour mieux évaluer la dynamique de l'occupation du sol sur le site de Bingerville des unités d'occupation du sol de 1989 à 2020 une comparaison a été effectuée. Une classification est fiable et exploitable si, et seulement si les pourcentages sont supérieurs à 80%.

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale été calculé à l'aide de la formule suivante [17]:

$$T = [(\ln S_2 - \ln S_1) / ((t_2 - t_1) \times \ln e)] \times 100$$

S1 et S2: Superficie d'une unité paysagère à la date t1 et t2 respectivement; t2 – t1: Nombre d'années d'évolution; ln: Logarithme népérien; e: Base du logarithme népérien (e = 2,71828) suivi de l'évolution de la superficie des bâtis et de la végétation et à réaliser des graphes pour schématiser les chiffres.

#### 4.2 MODÉLISATION DE L'OCCUPATION DU SOL À L'HORIZON 2040

La modélisation a été effectuée sur la base d'une matrice de transition: l'hypothèse de base considère que chaque catégorie d'occupation des terres est constituée d'un nombre de cellule, chaque cellule a plus ou moins changé d'état pendant la période considérée (1989-2020). Ce changement a été traduit sous forme d'un facteur de conversion qui prend en compte l'ampleur des changements par rapport à la situation de départ (1989):

$$\text{Facteur de conversion} = (S_c / S_{i1}) * 100$$

**S<sub>c</sub>**: Superficie totale des changements au sein d'une catégorie vers d'autres

**S<sub>i1</sub>**: Superficie de la même catégorie en 1989 [18].

Afin de modéliser la dynamique de l'occupation du sol à Bingerville et de simuler l'occupation du sol à l'horizon 2040, il convient au préalable de valider le modèle sur des données connues. L'image de 2020 étant la plus récente, elle fera l'objet d'une première simulation-test, calibrée par deux dates antérieures (t0 = 1989 et t1 = 1999) (chaîne de Markov d'ordre 2). Les images de 1989 et 1999 servent de base pour extrapoler les quantités de la future occupation du sol. Il s'agit d'une extrapolation linéaire car la simulation se base sur deux points dans le temps afin de calibrer le modèle. La comparaison entre les simulations et l'observation 2020 permettra, d'une part, de quantifier les erreurs des deux modèles, et, d'autre part, de localiser ces erreurs à l'échelle de la commune. Les deux modèles présentés sont implémentés sous le logiciel de géostatistique IDRISI 15.0 (Eastman, 2006).

## • Choix du modèle

Le choix la chaine de markov [19] comme a été guidé principalement par le souhait d'utiliser un modèle dynamique et spatialement explicite, peu gourmand en données d'entrée (par exemple, un modèle tel que UrbanSim, dédié à la simulation urbaine, nécessite de nombreuses données économiques qui ne sont pas disponibles dans notre cas), et l'accessibilité du modèle.

Ca Markov est un modèle stochastique qui fait appel au calcul de probabilité, l'information que nous voulons modéliser est une information géographique dont la progression n'est pas linéaire.

Dans le contexte des données géographiques, ces caractéristiques sont présentes dans les images (incertitude) ou dans les données recueillies auprès des experts (incertitude, imprécision). Les causes d'incertitude proviennent généralement des défauts sur les capteurs, des mauvaises conditions de prise de vue, des données redondantes ou conflictuelles issues de différents capteurs et des opinions contraires données par les experts. Un processus stochastique  $X = \{X_t: t \in T\}$  est une suite de variables aléatoires indexées et prenant leurs valeurs dans un unique espace des observations  $X$ . Le processus  $X$  est lui-même une variable aléatoire. Il est courant de considérer un processus à temps discret où l'ensemble  $T$  est à valeurs discrètes [20].

## 5 RÉSULTATS

### 5.1 EVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL ET DE LA TÂCHE URBAINE DE 1989 À 2020

#### 5.1.1 ANALYSE GLOBALE DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

L'analyse des images satellitaires après composition colorée fait apparaître plusieurs types d'occupation du sol composés de la végétation, des plantations, des zones de culture/ jachère, la tâche urbaine, l'eau et le sol nu.

Les matrices de confusion de la classification des différentes images donnent une précision globale variant entre 85.16 et 89.29 ainsi que des indices de Kappa allant de 0.81 à 0.88.

Les changements ont affecté diverses parties de la zone d'étude, mais ils se sont plus fait sentir sur les végétaux qui ont perdu peu à peu de leur superficie au détriment de la tâche urbaine qui n'a fait que croître (figure 2).

Ce territoire connaît une dynamique importante visible d'abord à la superficie des terres qui a changé d'utilisation avec une expansion spatiale moyen annuel de 7.96 entre 1989 et 2020 (figure14) et à la pluralité des changements qui se sont opérés entre les dates de référence (1989 et 2020). Le classement des types d'occupation du sol selon leur superficie (figure 2) révèle que la végétation était prédominante en 1989 suivi de l'eau du sol nu, du bâti et enfin les zones de culture ou jachère, cette tendance s'inverse progressivement.

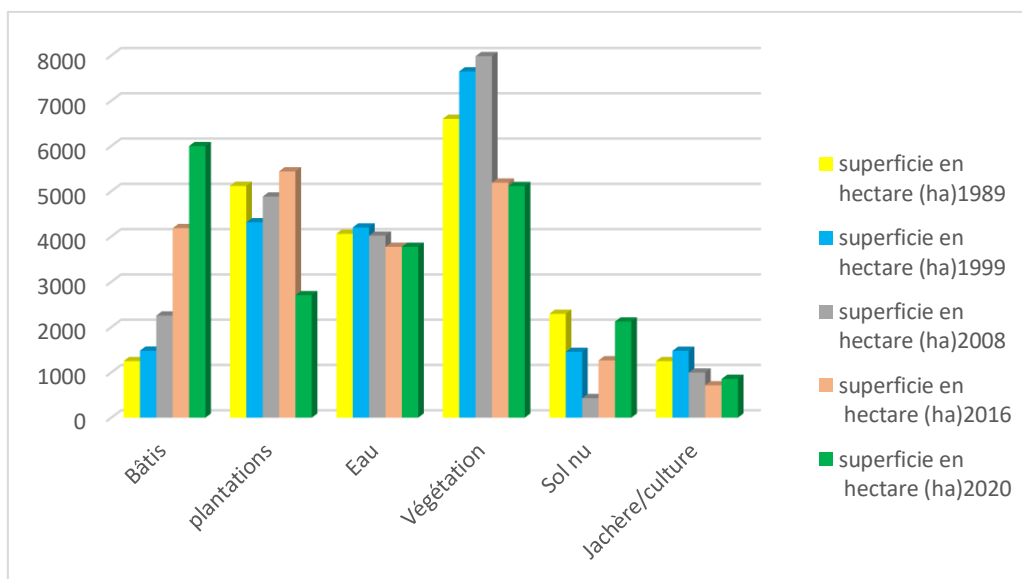
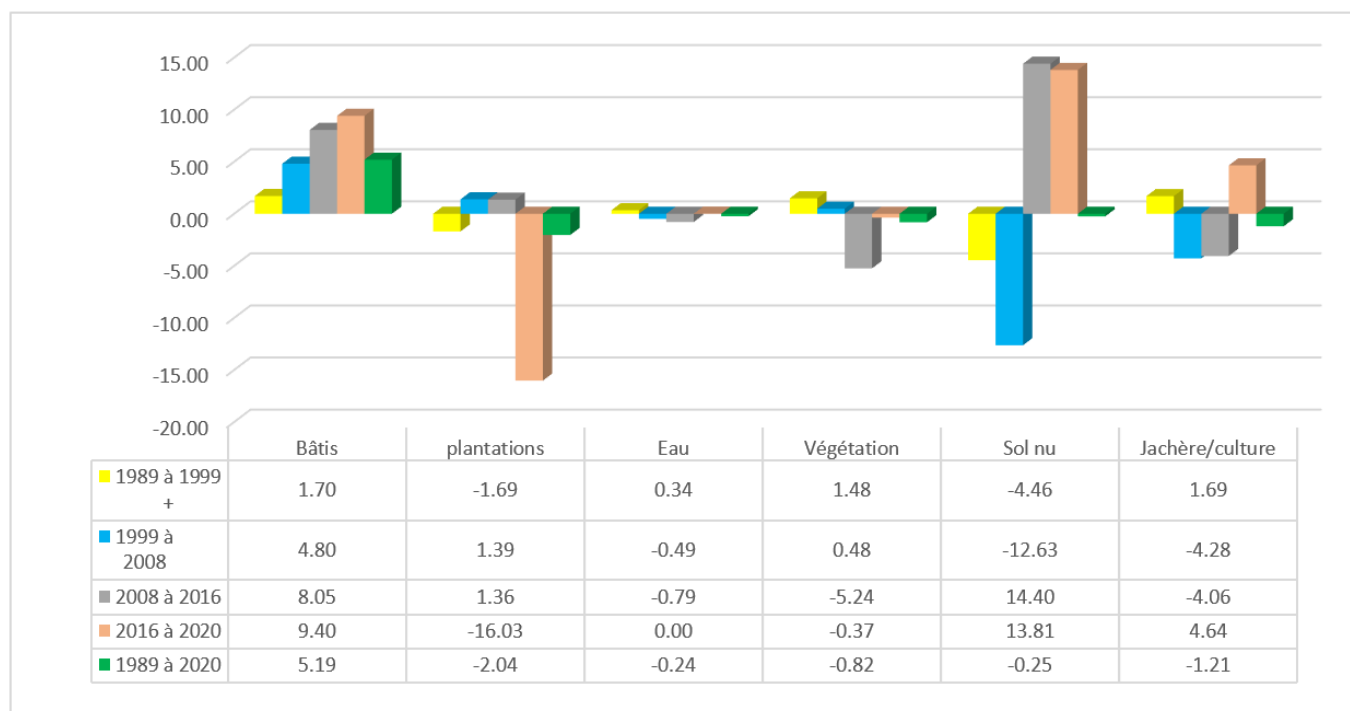


Fig. 2. Répartition des classes d'occupation du sol de 1989 à 2020

L'analyse des modes d'occupation du sol au cours de la période 1989 à 2020, montre de grandes disparités entre les classes. La zone se caractérise ainsi par un très fort étalement urbain marqué par l'augmentation du bâti au détriment des autres classes (figure 2)

Le calcul du taux d'expansion spatiale moyen annuel nous a permis d'évaluer les différents changements survenus entre 1989 et 2020. L'analyse de la figure 3 montre que sur la période de 1989 à 2020, toutes les unités d'occupation du sol ont connu des changements sous forme de pertes et de gains par rapport à leur superficie initiale. Le couvert végétal est la classe d'occupation du sol ayant subi le plus perte. Ainsi entre 1989 et 2020, Bingerville enregistre une perte de 2531.66 ha de son espace végétalisé au profit des surfaces urbanisées, soit d'un taux d'expansion spatial moyen annuel de 1.48% en 1989 à -0.82% en 2020.



**Fig. 3. Taux d'expansion spatiale moyen annuel**

### 5.1.2 ANALYSE SPÉCIFIQUE DE L'ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL ET DE LA TÂCHE URBAINE

- De 1989 à 1999:** Les classes ayant enregistrées un grand changement au cours de cette période sont celles des « bâtis » et « végétation ». En 1989 la classe « bâtis » ne couvrait que 1248.89 ha, soit 6,07% de la superficie totale elle passe à 1475.64 ha en 1999 soit 1.1% de plus qu'en 1989. La végétation en 1989 avec 37.17%superficie représentait la plus grande couverture surfacique, en 1999 elle a connu une régression de sa surface de 7%. L'artificialisation tend à se faire par extension des surfaces déjà urbanisées et non pas par la création de nouvelles surfaces bâties isolées, ce qui limite la fragmentation du paysage par les surfaces artificialisées

Il ressort de l'analyse de la matrice de transition que pendant la décennie 1989-1999, seulement 0.03 % l'espace urbanisé n'a pas connu de variation. A la même période 0.31 % du couvert végétal est resté inchangé

- De 1999 à 2008:** l'on enregistre une progression de l'expansion de la tâche urbaine, elle est passée de 10% en 1999 à 15% en 2008 soit un gain de 5%. La végétation a vu sa superficie augmenter durant cette période en passant de 20 à 25%. Les autres classes n'ont pas connu de variation significative. Durant cette période les taches de surfaces bâties s'étaient de l'Est vers l'Ouest, la diffusion de fait autour du noyau central en poursuivant la distance centre-périphérie

Entre 1999 et 2008, 0.50 % de l'espace bâti n'a pas connu de variation contre 0.64% pour la superficie de la végétation.

L'évolution de l'occupation du sol sur la période de 1989 à 2008 est traduite par les carte de l'occupation du sol de 1989, 1999 et 2008 présentées à la figure 4.

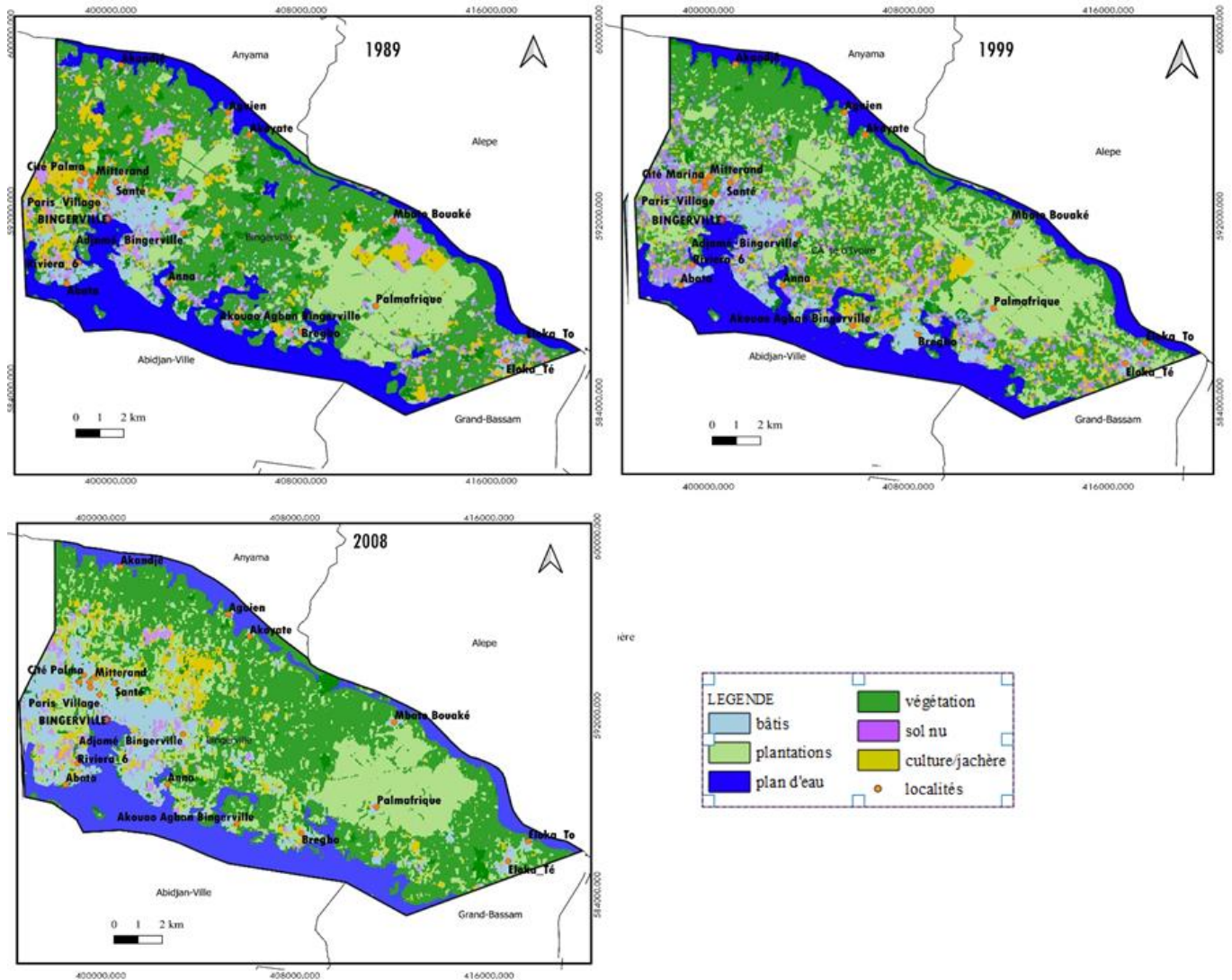


Fig. 4. Cartes de l'occupation du sol des années 1989, 1999 et 2008

- **De 2008 à 2016:** L'étendue des bâtis continue à croître. De 2008 à 2016 elle est passée de 1478.01 ha à 2253.87 ha soit un taux d'augmentation de 13%. La classe de la végétation est celle ayant perdu le plus de surface avec -5.24%. L'artificialisation croissante de l'espace est accompagnée d'une augmentation progressive de la distance moyenne séparant le centre et les nouvelles surfaces bâties entre elles

Durant la période de 2008 à 2016, 0.74 % des superficies bâties n'ont connu aucune variation. Les formations végétales ont conservé 0,49 % de leur superficie.

- **De 2016 à 2020:** La progression la plus fulgurante de l'espace urbanisé au cours de l'étude a été constatée pendant cette période. En l'espace de quatre (4) ans on note une augmentation de plus de 1843 ha à l'espace bâti soit 23% de l'espace total. Le couvert végétal note une stagnation. La classe « plantations » est celle ayant subi le plus de perte durant cette période en passant de 5438.7 ha à 2704.32 ha soit plus de la moitié de sa superficie

Cette dynamique est illustrée par la figure 5.

La surface bâtie est de plus en plus fragmentée, c'est-à-dire constituée de taches nombreuses et isolées les unes des autres. Pendant ces quatre (4) dernières années 0,83% de l'espace urbain n'a pas connu de variation contre 00,60% pour le couvert végétal.

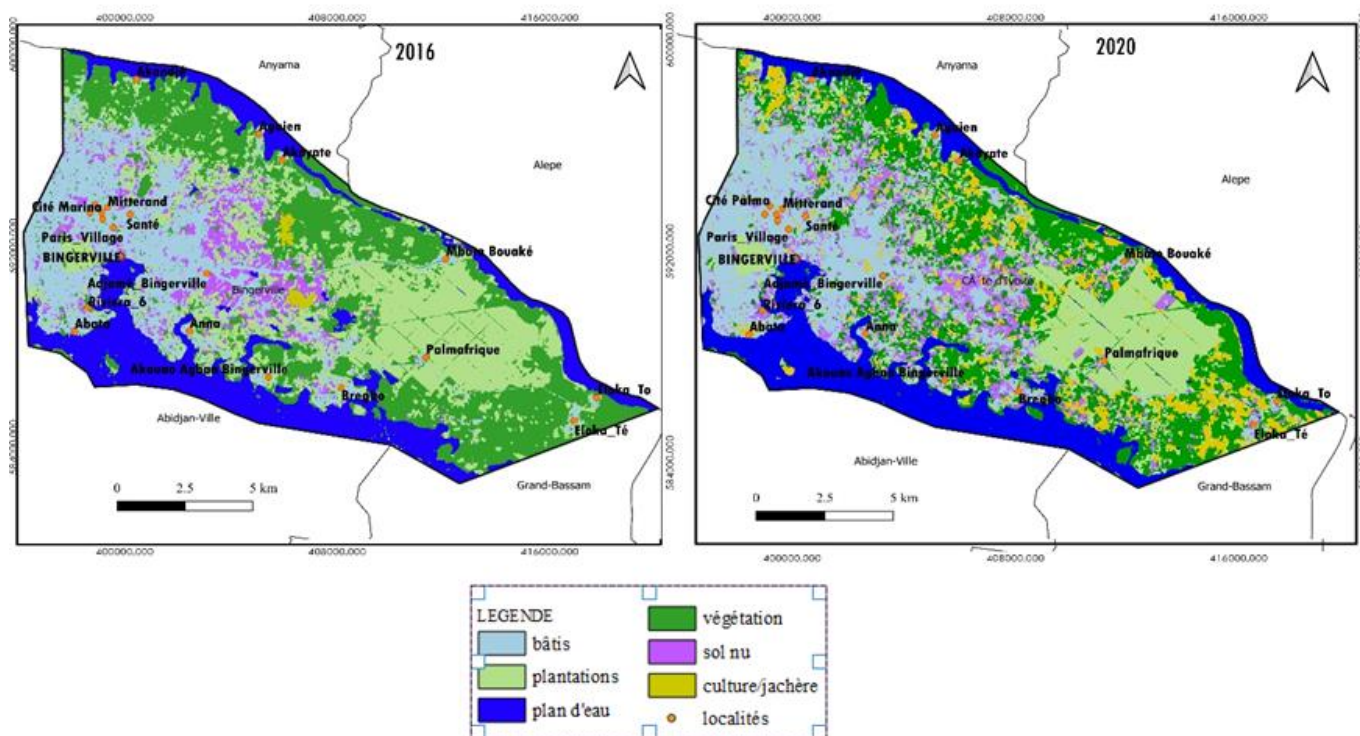


Fig. 5. Cartes de l'occupation du sol de 2016 et 2020

Toutefois, en comparant les cinq (5) cartes (figures 4 et 5) l'on constate une nette diminution du couvert végétal remarquable en 2016 et 2020 par rapport à 1989, 2008 et 1999. Cela se justifie par la progression de la classe 'bâtis' avec un taux de +30% entre 1989 et 2020.

On observe qu'en 1989, seulement 8% du territoire était occupé par les bâtis, en 1999 ce taux semble stagné avec seulement une augmentation de 2%, 2008 est marquée par une progression plus remarquable avec une évolution de 5%.

En 2016, soit en l'espace de huit (8) ans, la progression la plus spectaculaire est enregistrée avec un accroissement de 13%.

Bingerville enregistre une croissance urbaine de 11% en 2020 d'après l'analyse de notre image de la même date, le phénomène de l'étalement urbain gagne du terrain dans la commune.

La végétation qui était la couverture surfacique la plus importante en 1989 est passée de 23% en 1989 à 12% en 2020 (Figure 6).

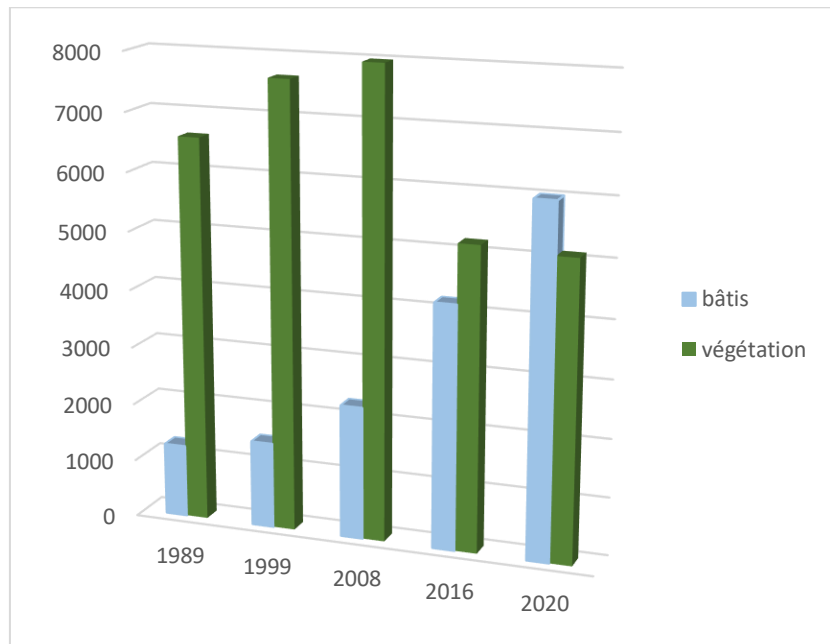


Fig. 6. Représentation graphique de l'évolution des bâti et de la végétation

## 5.2 MODÉLISATION CARTOGRAPHIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL À L'HORIZON 2040

### 5.2.1 ETALONNAGE ET SIMULATION

La calibration ou l'étalonnage avec les cartes d'occupation du sol de 1989 et de 2016 a permis la génération d'une matrice de probabilité de transition. Cette matrice servira de base de transition lors de la simulation de l'occupation du sol en 2020. Elle indique que les classes « bâti » avec 0.39%, « végétation » 0.57% et « plantation » 0.45 sont celles susceptibles de garder le plus fort taux de stabilité. Le résultat de la modélisation de l'occupation du sol en 2020 est illustré par la figure 7.

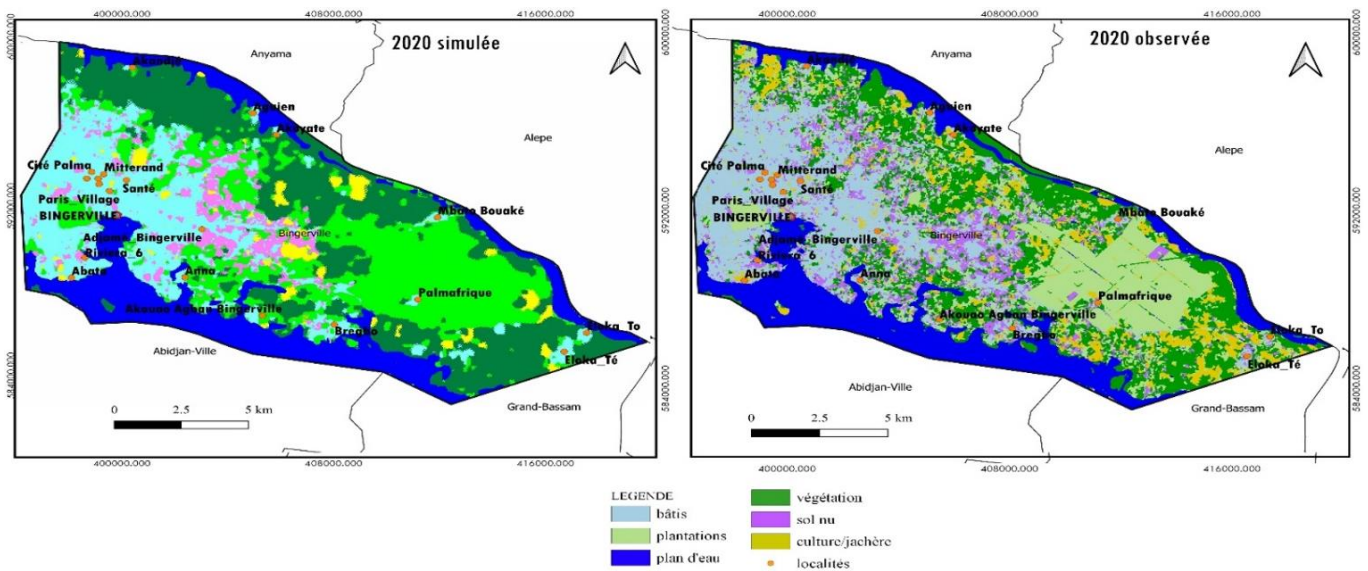


Fig. 7. Superficie des cartes d'occupation du sol de référence et de la carte simulée

Les cartes d'occupations du sol de 1989 et de 2016 ont servi à faire une première simulation pour produire une carte d'occupation du sol de 2020. Les résultats de ce test ont été comparés à la carte d'occupation de 2020. Les résultats de la simulation prouvent que le modèle est probant, les variations entre la carte de référence et celle simulée sont négligeables (Figure 7).

### 5.2.2 PROJECTION DE L'OCCUPATION DU SOL À L'HORIZON 2040

La calibration pour la projection de l'année 2020 réalisée avec les cartes de 1989 et 2020, a permis la génération d'un rapport établissant les gains et les pertes de superficie des différentes unités d'occupation du sol de 1989 à 2020 (figure 8) et les variations de superficies subies entre 1989 et 2020 (figure 9).

L'examen des résultats issus de la modélisation note une stabilité relative pour les classes: « plan d'eau », « sol nu » et « culture/jachère ».

L'interprétation visuelle de la carte fait constater que le tissu urbain s'étend de l'ouest vers l'est en englobant l'espace naturel, les villages Elokaté et Elokaté se confondent, les plantations affichent une perte de leur superficie en passant de 2704.32ha en 2020 à 1920.72ha en 2040. A l'analyse de la figure 8, la classe « bâtis » a la plus forte tendance progressive tandis que la classe végétation affiche la plus forte tendance régressive.

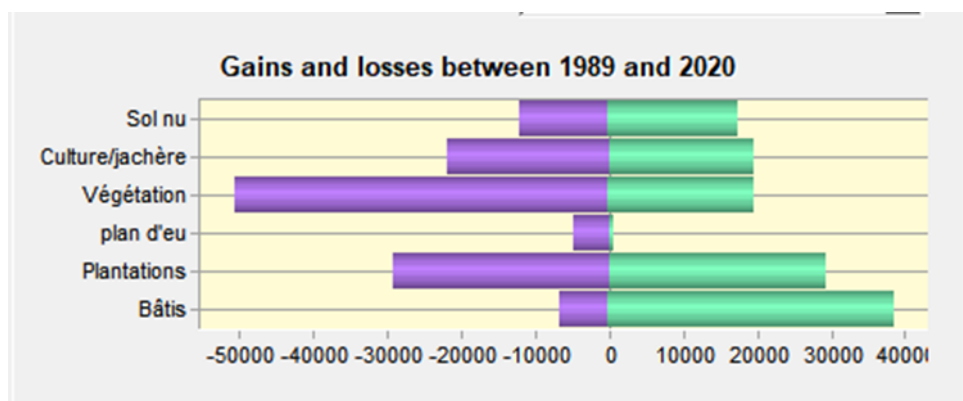


Fig. 8. Rapport de perte et de gain après modélisation

L'interprétation visuelle de la carte fait constater que le tissu urbain s'étend de l'ouest vers l'est en englobant l'espace naturel, les villages Elokaté et Elokaté se confondent, après la végétation qui ne sera plus que de 10.69%, les plantations suivent en passant de 2704.32ha en 2020 à 1920.72ha en 2040 soit 9.42% de la superficie totale (figure 10).

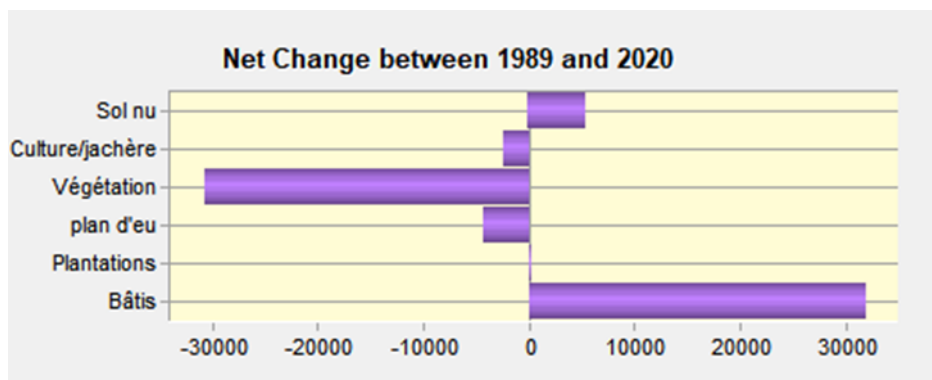


Fig. 9. Changement entre 1989 et 2020

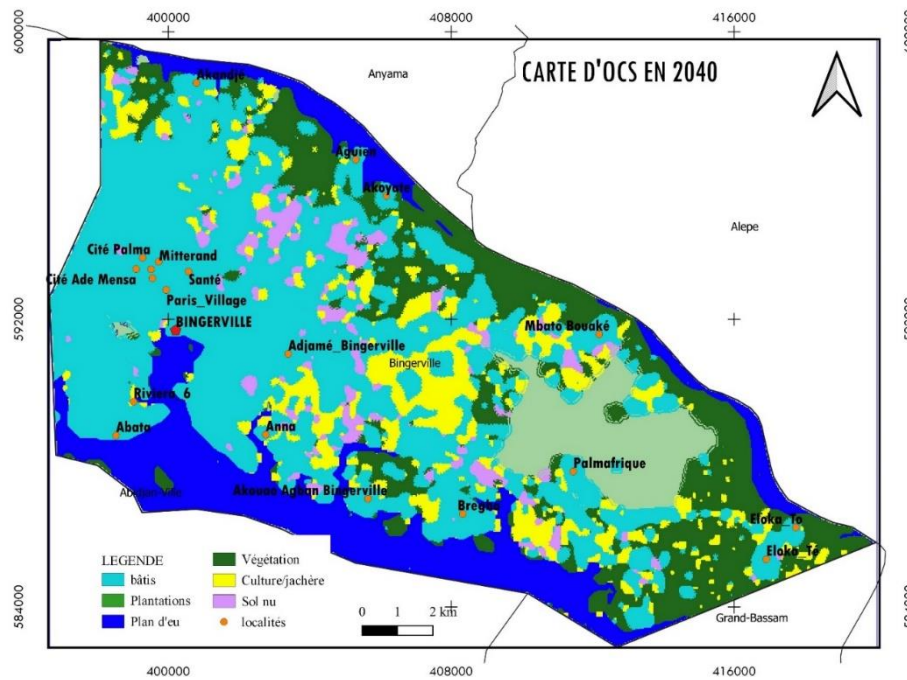


Fig. 10. Carte de la projection de l'occupation du sol à l'horizon 2040

L'examen de la carte d'occupation du sol issue de la projection note une stabilité relative pour les classes: « plan d'eau », « sol nu » et « culture/jachère ». La classe « bâtis » a une dynamique progressive avec le plus fort taux: 0.66% de superficie inchangée.

## 6 DISCUSSION

Les pays africains souffrent d'un manque de planification du développement des zones périurbaines [21]. La ville semble s'étendre sans aucun souci de préservation ou de restauration du patrimoine naturel. Cette extension pose non seulement le problème de la préservation de la biodiversité, mais aussi et surtout celui de la restriction de l'espace agricole des populations riveraines.

Il ressort de cette étude que le problème de l'étalement urbain qui est la cause de la perte de la végétation dans la commune de Bingerville est lié d'une part « aux forces économiques et sociales qui supportent le mouvement d'urbanisation et d'autre part, à une sorte de déficit de planification urbaine ». L'effet cumulatif des impacts de l'Homme sur la nature est plus grave là où la proximité de l'Homme avec la nature est grande [22]. L'espace terrestre d'Abidjan est aujourd'hui pris dans l'étau de la croissance rapide de son économie et des activités anthropiques [6].

L'analyse multitemporelle de l'occupation du sol dans le secteur d'étude de Bingerville, révèle que sur le plan spatial, les changements dans l'occupation du sol se sont opérés de façon progressive. Les résultats issus de la classification par la méthode orientée objet sont de qualité suffisante, la précision globale pour l'ensemble des images cartographiées est de 86,04%.

La classification dite orientée objet peut s'avérer difficile dans sa mise en œuvre, notamment dans la manipulation des paramètres d'échelle. Mais cette tâche a permis d'avoir des résultats satisfaisants. En effet, cette méthode a été utilisée dans une étude sur la dynamique forestière et la pression urbaine dans le Parc national du Banco. Comme le cas de cette étude, la pression anthropique a réduit la surface des ressources forestières [23].

Les objectifs de cette recherche s'insèrent dans une approche thématique identifiant des unités paysagères à partir de la relation entre le bâti et le non bâti pour identifier, analyser et évaluer l'état des lieux et transformations spatiales en relation avec la croissance urbaine. L'approche méthodologique utilisée s'appuie sur celle utilisée pour faciliter l'utilisation de la télédétection dans des études de suivi des milieux urbains. Les résultats de notre étude ont aussi permis la description de l'état des lieux d'une agglomération, sur la situation du bâti (constructions et densités) et du non bâti (sol nu, végétation, eau) [24].

À l'analyse des cartes d'occupation du sol, nous constatons la tendance régressive de l'espace végétalisé et l'augmentation progressive des surfaces urbanisées. Cette progression de la tâche urbaine s'est vue renforcée au fil des années. Ces résultats

sont conformes à ceux obtenus par Koumoï et *al.*, (2013). Toutefois dans le cadre la présente étude la régression des superficies forestières s'explique beaucoup plus par l'étalement urbain alors que chez ces auteurs cela était dû aux activités agricoles [25].

L'analyse de ces différents résultats issus des traitements, classification, et post classification des images satellitaires révèle une dynamique progressive de l'étalement urbain dans la commune de Bingerville. Cela est en conformité avec d'autres résultats qui ont démontré que l'urbanisation du grand Abidjan s'est faite au détriment du couvert forestier [6].

La projection de l'occupation du sol dans le cadre de ce travail a été faite grâce à la chaîne de Markov. La modélisation prospective de l'occupation du sol à l'horizon 2040 vient renforcer les résultats obtenus grâce à l'analyse des cartes d'occupation du sol qui ont démontré que la commune est sujette à une déforestation progressive en faveur de l'espace anthropisé. Elle confirme les tendances d'évolution observée lors de l'étude diachronique entre 1989 et 2020. Certains auteurs ont plutôt opté pour la méthode de l'automate cellulaire pour la simulation de l'étalement urbain à la Réunion [26]. Antoni (2006) a aussi utilisé la chaîne de Markov pour la modélisation prospective de l'occupation du sol en milieu urbain. Comme dans notre cas, les 3 étapes que sont la visualisation, la quantification, localisation et la différenciation des dynamiques urbaines ont été observées. Cela lui a aussi permis de générer rapidement des simulations simples et opérationnelles quant à l'avenir des territoires urbains [27].

Les résultats obtenus dans cette recherche pourraient être utiles à la réflexion prospective pour les projets territoriaux qui doivent répondre aux enjeux des zones à forte pression d'urbanisation comme Bingerville. C'est qu'ont tenté Abrantes et *al.*, (2010) [28].

Au chapitre des limites, il nous semble important de distinguer des contraintes liées à l'utilisation d'un tel outil dans une démarche de prospective territoriale: la première est liée à la sensibilité du modèle, la seconde limite concerne la complexité du paramétrage du modèle qui nécessite un investissement théorique et technique minimal pour comprendre le fonctionnement de l'outil.

## **7 CONCLUSION**

L'exploitation de l'imagerie satellitaire a permis de réaliser la cartographie diachronique, la modélisation et l'analyse des changements de l'occupation du sol dans la commune de Bingerville.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence grâce à la télédétection et les SIG que l'étalement urbain est le principal facteur de réduction des ressources végétales dans la commune de Bingerville.

La démarche mise en œuvre dans ce travail a privilégié l'application de méthodes de suivi déjà éprouvées et facilement reproductibles. Elles ont montré que l'étalement urbain, qui touche aussi des agglomérations péri-urbaine telle que Bingerville entraîne des modifications importantes des structures paysagères qui à leur tour impactent la biodiversité. Il ressort de cette étude que l'étalement urbain dans la commune urbaine de Bingerville de 1989 à 2020 est un fait et qu'il s'amplifie d'année en année.

L'agglomération de la commune urbaine de Bingerville est une illustration parfaite de la contrainte qu'exerce la dynamique urbaine sur le couvert végétal.

## **REFERENCES**

- [1] United Nations (2019), Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Urbanization Prospects 2018: Highlights.
- [2] Bauer G. et Roux J.M., (1976). La Rurbanisation ou la ville éparpillée. Paris: Seuil, 189 p.
- [3] CHARMES E., 2011, La ville émietlée - Essai sur la clubbisation de la vie urbaine, Paris, PUF, Collection La ville en débat, 288 p.
- [4] Pinson.D and S.Thomann (2002), Vivre dans une campagne... urbaine, in Sciences Humaines, Hors Série n°39: « La France en débats», Auxerre, p. 24-27.
- [5] Pumain D., (1985). Dynamique des villes pp341-342.
- [6] Koffi A. (2007). Etude comparée de la dynamique de l'espace urbain à Bingerville et à Anyama. Abidjan, Université de Cocody, mémoire de maîtrise, IGT, 117 p.
- [7] Herold M., Goldstein N.C. and Clarke K.C., (2003). The spatiotemporal form of urban growth: Remote Sensing of Environment. pp 1-17.

- [8] Derdjini H. (2017). Cartographie des changements de l'occupation du sol dans la plaine de la mitidja à partir des images landsat, Mémoire de Master, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah, 79 p.
- [9] Chatelain, C. (1996) Possibilités d'application de l'imagerie à haute résolution pour l'étude de la transformation de la végétation en Côte d'Ivoire. Thèse Doc.ès-Sc., Univ. Genève, 206p.
- [10] Girard, M.-Claude et Girard, M.-Colette (1999) Traitement des données de télédétection, Interprétation physique des données, les comportements spectraux. 529 p.
- [11] Oszwald J. (2005). Dynamique des formations agroforestières en côte d'ivoire (des années 1980 aux années 2000): suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de Doctorat, Université des sciences et technologies de Lille, Lille, France, 304 p.
- [12] Kauth R.J., Thomas G.S. (1976). The Tassel'd Cap—A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT. Symposium LARS, document 159.
- [13] Oloukoi, J. (2006). Dynamique de l'occupation du sol dans le département des collines et impact sur l'utilisation des bas-fonds. Mémoire de DEA, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, 84.
- [14] OSZWALD J., LEFEBVRE A., ARNAULD DE SARTRE X., GOND V., THALES M., FRETAS R. L., 2010. Analyse des directions de changement des états de surface végétaux pour renseigner la dynamique du front pionnier de Maçaranduba (Brésil) entre 1997 et 2006. *Télédétection*, 9 (2): 97-111.
- [15] Skupinski G. Binhttran D. et Weber C. (2009). Les images satellites Spote - et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain- les cas de la vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France) *Cybergeo European journal of geography*.
- [16] Pontius, R. G., (2000), Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. Vol. 66, n° 8, pp. 1011-1016.
- [17] Bernier B. 1992. Introduction à la macroéconomie. Dunod, Paris, 217 p.
- [18] Aguejad R. (2009). Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne: Rennes Métropole, thèse de doctorat, Université Rennes 2 HAUTE BRETAGNE. 375 p.
- [19] Eastman. (2006) - IDRISI Andes. Tutorial. April 2006. Worcester (MA, USA), Clark University, 284 p.
- [20] Essid H. (2012). Modélisation spatio-temporelle à base de modèles de Markov cachés pour la prévision des changements en imagerie satellitaire: cas de la végétation et de l'urbain. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal - Clermont II, 99 p.
- [21] Oloto E. et A. Adebayo, (2012), La nouvelle Lagos - Les défis des zones périurbaines et de sa relation avec son centre-ville, Département d'architecture, Université de Lagos, Akoka, l'État de Lagos, au Nigeria, 74p.
- [22] Forman, R., (2009), Arrangements of Nature and People: Using Landscape-Ecology, Coastal-Region, and Urban-Region Lenses, Irish National Lands cape Conference 2009, pp. 28-38.
- [23] Sako N. Beltrando G. Koffi L A. N'Da H D. (2013). Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc national du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire), 12p.
- [24] Collin-Delavaud A. (1996). L'évolution démographique des villes d'Amérique latine. *L'information géographique*, volume 60, n°1-2pp1-9.
- [25] Koumoi Z, Alassane A, Minkilabe D, Tchaa B, Ama-Edi K. (2013) Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le centre-togo, *Revue de Géographie du LARDYMEs*, 16p.
- [26] Lajoie G. Hagen-Zanker A. (2007). La simulation de l'étalement urbain à La Réunion: apport de l'automate cellulaire *Metronamica pour la prospective territoriale*, Cybergeo: European Journal of Geography, 16p.
- [27] Antoni J-P, (2006), Calibrer un modèle d'évolution de l'occupation du sol urbain. L'exemple de Belfort, *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- [28] Abrantes P, Soulard C, Jarrige F et Laurens L. (2010). Dynamiques urbaines et mutations des espaces agricoles en Languedoc-Roussillon (France). *Cybergeo: European Journal of Geography* pp11-20.

## Évaluation de la performance des modèles climatiques régionaux du programme CORDEX-AFRIQUE sur le bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo (Ouest de la Côte d'Ivoire)

### [ Evaluation of the performance of climate models from the CORDEX-AFRICA database on the watershed of the Sassandra River in Buyo (Western Côte d'Ivoire) ]

DAOUDA Konaté<sup>1</sup>, KOUADIO Zilé Alex<sup>1</sup>, COULIBALY Zana Mohamed<sup>1</sup>, and DJE Kouakou Bernard<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Geoscience et environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Société d'Exploitation Aéroportuaire, Aéronautique et Maritime (SODEXAM), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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:** Global and regional climate simulation results often do not accurately reflect changes in climate, hampering their direct applicability. Impact studies using high-resolution data received bias correction for climate variables. This study made it possible to choose and validate regional climate models from the CORDEX-Africa database in order to describe the future climate of the Sassandra River watershed in Buyo (western Côte d'Ivoire). The choice of models was made by the Taylor diagram method associated with the seasonal profile of the models and observations. Thus, the outputs of the selected models were corrected by the Distribution Mapping method (quantile mapping) using the CMhyd tool. At the end the potential future climate changes are assessed by analyzing the changes predicted by the models. The study reveals that the ICHEC, IPSL and NCC models have a good ability to simulate the climate of the basin. The climate simulation shows variations in climate parameters. The RCP 4.5 scenario forecasts rainfall fluctuations of -20.8% to +58.1% by 2030 and from -18.8% to +61.7% by 2050. The RCP 8.5 predict precipitation fluctuations of -19.4% to +43.8% by 2030 and -7.5% to +73.3% by 2050. All models include an increase in temperature under the two scenarios from +1.6 to +4.4°C for RCP 4.5 and from +2.1 to +5°C for RCP 8.5.

**KEYWORDS:** Climate model, CORDEX-Africa, Climate simulation, Sassandra watershed, Ivory Coast.

**RESUME:** Les résultats de la simulation du climat mondial et régional ne décrivent souvent pas bien les changements du climat, ce qui entrave leur applicabilité directe. Les études d'impact utilisant des données à grande résolution nécessitent une correction des biais des variables climatiques. Cette étude a permis de choisir et valider des modèles climatiques régionaux depuis la base de données CORDEX-Afrique afin de décrire le climat futur du bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo (Ouest de la Côte d'Ivoire). Le choix des modèles a été fait par la méthode du diagramme de Taylor associé au profil saisonnier des modèles et des observations. Ainsi, les sorties des modèles retenus ont été corrigées par la méthode du Distribution Mapping (quantile mapping) à l'aide de l'outil CMhyd. À la fin les changements potentiels du climat futur sont évalués par l'analyse des changements prédites par les modèles. L'étude révèle que les modèles ICHEC, IPSL et NCC ont une bonne aptitude à simuler le climat du bassin. La simulation du climat montre des variations des paramètres climatiques. Le scénario RCP 4.5, prévoit des fluctuations de la pluviométrie de -20,8% à +58,1% à l'horizon 2030 et de -18,8% à +61,7% à l'horizon 2050. Le RCP 8.5 prévoit des fluctuations des précipitations de -19,4% à +43,8% à l'horizon 2030 et de -7,5% à +73,3% à l'horizon 2050. Tous les modèles prévoient une hausse de la température selon les deux scénarios de +1.6 à +4,4°C pour le RCP 4.5 et de +2,1 à +5°C pour le RCP 8.5.

**MOTS-CLEFS:** Modèle climatique, CORDEX-Afrique, Simulation climatique, Bassin versant Sassandra, Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

Depuis des décennies les questions de changement et de variabilité climatiques sont placées au centre des préoccupations scientifiques, en raison de leurs impacts immédiats et durables sur le milieu naturel et sur l'homme [1]. Les recherches effectuées ont pu mettre en évidence les sources des changements du climat. Les impacts du changement climatique sont rependus et sont principalement la résultante d'activités naturelles et anthropiques interdépendantes qui influencent les phénomènes naturels dans l'atmosphère et l'écologie océanique, présentant des conséquences diverses sur les conditions climatiques et leur répartition dans le monde [2]. Le climat global étant conditionné par de nombreux facteurs tels que la surface terrestre, les calottes glaciaires polaires et le soleil, entre autres, la création de bases de données exploitables permettant la simulation des conditions complexes du climat constitue une priorité [3]. De ce fait, les modèles climatiques jouent un rôle important dans les études sur le changement global.

Cependant, de nombreuses difficultés sont rencontrées par les modèles climatiques à simuler le climat à une résolution plus fine pour les applications locales [4]. Selon [5], la réduction d'échelle est une alternative pour évaluer la variabilité du climat au niveau local. Les recherches de [6] montrent que les sorties des modèles climatiques globaux présentent une résolution spatiale grossière qui entrave la capacité à les utiliser dans leur état brut. Par conséquent, la réduction d'échelle devient très importante dans la mesure où ces données atmosphériques et météorologiques pourraient être exploitées dans un format plus fin capable d'améliorer la qualité des simulations hydrologiques [3]. Malheureusement, très peu d'études de réduction d'échelle et de correction des biais sur le continent Africain existent malgré sa forte vulnérabilité au changement climatique mondial en raison de sa faible capacité d'adaptation et de sa résilience [7]. Également, peu d'informations relatives aux effets du changement climatique sur les ressources en eau dans les pays d'Afrique subsaharienne existent [8], bien qu'il y ait une augmentation significative des recherches sur la modélisation du changement climatique ces dernières années [9]. Les précédentes études sur le bassin ont concerné l'évaluation de la variabilité hydro climatique sur le bassin [10], l'impacts des changements climatiques sur le bassin [11], mais très peu études sur la correction de biais [12]. La situation géographique du bassin versant de Sassandra lui confère une position stratégique et importante dans l'économie de la Côte d'Ivoire car disposant de deux barrages de production de l'énergie hydroélectrique. C'est une zone de transition entre différents climats, traduisant ainsi une variabilité des précipitations (intensité et nombre de jour). Aussi, les questions relatives à la disponibilité et à la gestion de l'eau sont d'une importance capitale. La réponse à ces questions réside dans les mesures d'adaptation à prendre dans les décennies à venir pour faire face aux conséquences des changements climatiques. Il est dès lors, primordial pour les décideurs et gestionnaires de quantifier le devenir de la ressource en eau et de sa variabilité temporelle et spatiale. À cet effet, l'utilisation de modèles climatiques régionaux développés par les grands centres de recherche climatologiques serait nécessaire. Malheureusement, il existe beaucoup de contraintes quant au choix et la validation des modèles climatiques dans une zone quelconque. Ce travail se propose d'analyser les performances des modèles climatiques régionaux et de valider les plus performantes en utilisant la base de données du programme CORDEX-Afrique sur le bassin versant du fleuve Sassandra dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire.

## 2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le fleuve Sassandra prend sa source dans la région de Beyla en Guinée (Figure 1) sous le nom de Feroudougouba. Son bassin versant couvre une superficie d'environ 75 000 km<sup>2</sup> à la mer [13]. La portion guinéenne du bassin a une superficie d'environ 8 000 km<sup>2</sup>. La partie ivoirienne du bassin versant ayant pour exutoire le barrage hydroélectrique de Buyo a une superficie de 39 980 km<sup>2</sup>. Elle est comprise entre les longitudes Ouest de coordonnées 6°50' et 8°20' et les latitudes Nord de coordonnées 6°15' et 9°50'.

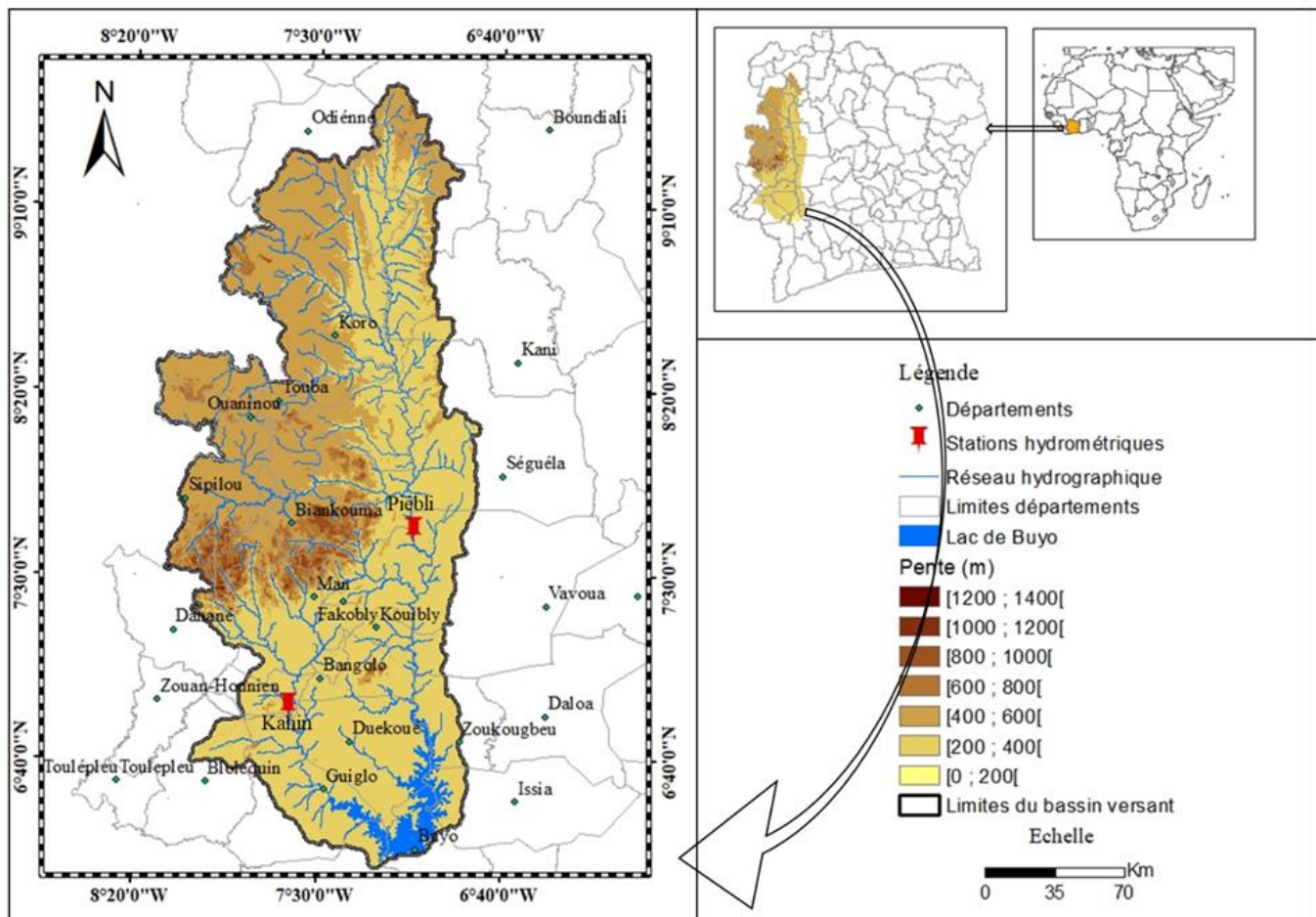


Fig. 1. Bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo

Le bassin est parcouru par trois régimes climatiques (Figure 2): le climat tropical de transition atténué (I), le climat de montagne (II) et le climat équatorial de transition atténué (III). La température moyenne annuelle dans le sud du bassin de Sassandra est de 25° C, alors que dans le nord, elle est de 26°C. Les sols du bassin versant sont généralement accompagnés par le complexe de sols podzoliques rattachés à la basse Côte d'Ivoire [14]. L'ensemble du bassin est sur le socle ancien (formation du précambrien inférieur et moyen) et dispose de quelques pointements de dolérites et de basaltes datés du primaire [15]. Le relief du bassin est monotone résultant essentiellement de l'érosion des chaînes montagneuses ayant évoluées en pénéplaine. Les altitudes diminuent de manière graduelle de 500 m au nord à moins de 50 m au Sud [11]. La végétation du bassin peut être subdivisée en deux domaines caractérisés par des groupements végétaux particuliers répondant à des conditions écologiques différentes: le domaine soudanais et le domaine guinéen. Le domaine soudanais comprend des formations forestières et savaniques juxtaposés dans la haute Côte d'Ivoire. Du sud vers le nord, le domaine guinéen est couvert de savanes de basse côte, de forêt ombrophile, de forêt mésophile et de forêt montagnard [16]. Sur l'ensemble du bassin, au total douze barrages ayant différents usages ont été construits. Avant la mise en service du barrage hydro-électrique de Buyo en 1981, 74 % de la superficie de l'espace Buyo étaient couverts de forêts denses dont moins de 25 % étaient à peine effleurés par les activités humaines. Aujourd'hui, la forêt de la région de Buyo a perdu 90 % de ses ressources végétales et animales après la mise à l'eau du barrage hydro-électrique de Buyo.

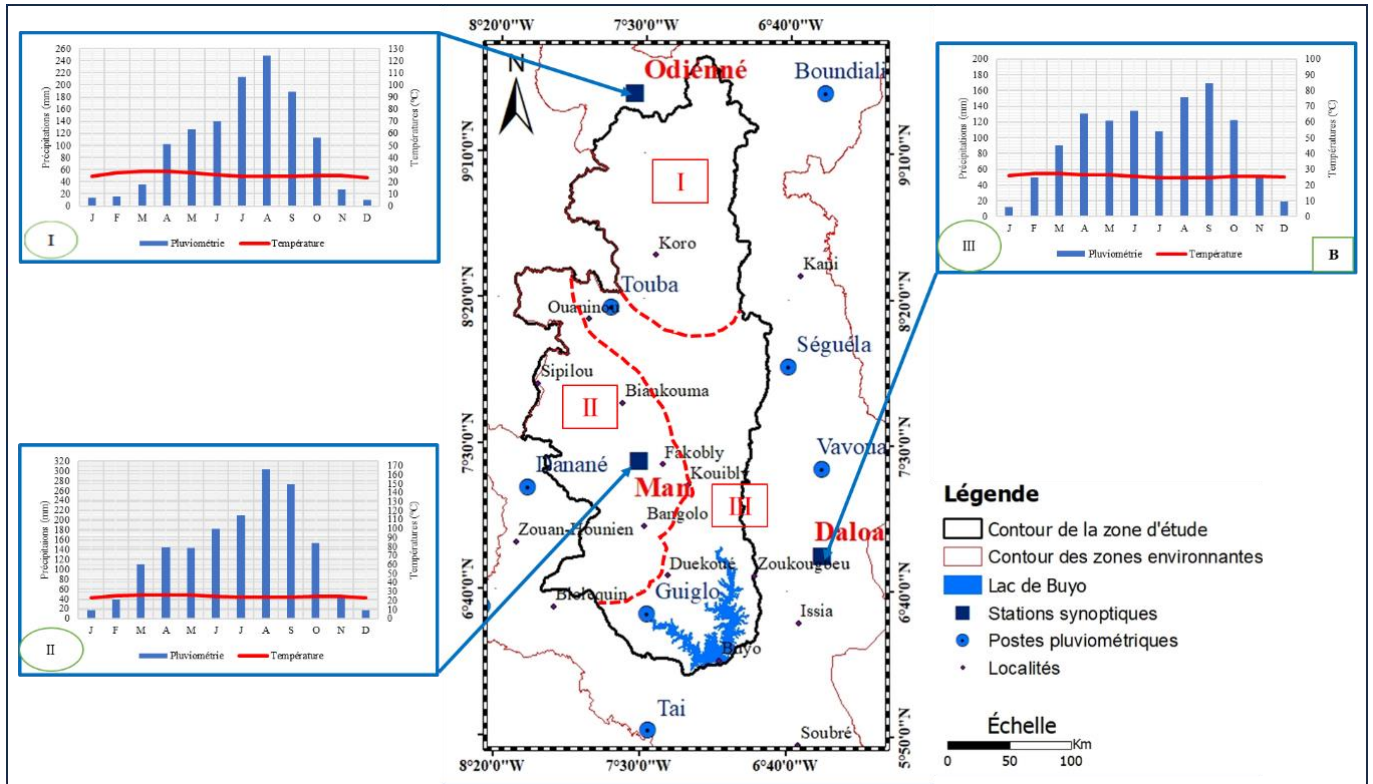


Fig. 2. Carte des zones climatiques du bassin versant du Sassandra à Buyo

### 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé se compose de logiciels, de données climatiques observées et de sorties de modèles climatiques régionaux au pas de temps journalier.

Les données observées de précipitations et de températures maximales et minimales, disponibles sur la période 1971-2020 proviennent des stations de Daloa, Man et Odienné acquises auprès de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Les données de sortie de modèles régionaux utilisées couvrent la période 1981-2005 et proviennent de la plateforme CORDEX. Le tableau I décrit les modèles et leurs pays d'appartenance.

Comme logiciel, l'outil CMHyd (Climat Model data for Hydrological modelling), est utilisé pour l'extraction et la correction des sorties de modèles climatiques.

Tableau 1. Caractéristiques des modèles CORDEX-Afrique utilisés

Modèles	Institut	Pays
RCA4 (CCCma-CanAM4)	CCCma	Canada
RCA4 (CNRM-CM5)	CNRM	Français
RCA4 (CSIRO-QCCCE)	CSIRO-QCCCE	USA
RCA4 (ICHEC-EC-EARTH)	ICHEC	Irlande
RCA4 (IPSL-IPSL-CM5A-MR)	IPSL	Français
RCA4 (MIROC-MIROC5)	MIROC	Japon
RCA4 (MOHC-HadGEM2-ES)	MOHC	Brésil
RCA4 (MPI-M-MPI-ESM-LR)	MPI-M	Allemagne
RCA4 (NCC-NorESM1-M)	NCC	Norvège
RCA4 (NOAA-GFDL-ESM2M)	NOAA-GFDL	USA

## 3.2 MÉTHODES

### 3.2.1 CHOIX DES MODÈLES CLIMATIQUES

#### DIAGRAMME DE TAYLOR

L'étape initiale de l'utilisation des modèles climatiques pour l'évaluation des impacts du changement climatique est de vérifier leur aptitude à reproduire le climat de la zone d'étude [17]. À cet effet, le diagramme de Taylor est utilisé. C'est un digramme bidimensionnel qui permet de déterminer le lien entre les données observées et simulées à partir de trois paramètres statistiques: la corrélation (R), l'erreur quadratique moyenne (RMSE) et l'écart type. Le digramme de Taylor fournit un résumé statistique concis des relations entre les données simulées par les modèles et celles observées en termes de:

- Leur corrélation (R) qui permet de déterminer le pouvoir de prédiction des modèles en comparant les valeurs prédites et celles observées;

$$R = \frac{Cov(O_i, S_i)}{\delta O_i \times \delta S_i} \quad (1)$$

Avec  $Cov(,)$ : covariance des valeurs observées et simulées;

$\delta O_i$  et  $\delta S_i$ : écarts types des valeurs observées et simulées.

- Leur Root Mean Square Error (RMSE). Le RMSE permet de quantifier la différence entre la simulation et l'observation;

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)^2}{N}} \quad (2)$$

Avec  $S_i$  et  $O_i$  correspondant respectivement aux valeurs simulées et observées de la variable;

N désigne le nombre de couple de données à comparer.

- Et de leur erreur absolue moyen ou AAE (Average Absolut Error);

$$AAE = \frac{\sum_{i=1}^n |S_i - O_i|}{N} \quad (3)$$

Avec  $S_i$  et  $O_i$  désignant respectivement les valeurs simulées et observées de la variable;

N désigne le nombre de couple de données à comparer.

Les résultats des simulations sont considérés comme fiables lorsque le R est proche de 1, le RMSE et l'AAE ayant des valeurs faibles (avoisinant zéro). En d'autres termes, plus R est élevé, RMSE et le rapport des écarts types entre le modèle et l'observation sont faibles, plus le modèle reproduit mieux le régime saisonnier du paramètre climatique.

#### COMPARAISON DES RÉGIMES SAISONNIERS DE TEMPÉRATURES ET DE PRÉCIPITATIONS OBSERVÉS ET CEUX DES SORTIES DES MODÈLES

Le régime saisonnier de la température moyenne et des précipitations est représenté sur la période 1981-2005. Pour chaque paramètre, le même graphique est représenté portant sur le régime saisonnier des 10 modèles climatiques régionaux et celui de l'observation dans l'optique de choisir celui qui reproduit au mieux la variabilité saisonnière de l'observation.

### 3.2.2 CORRECTION DES SORTIES DE MODÈLES

Les données de sortie de modèle climatique sont généralement biaisées. Ainsi, avant de les utiliser, elles sont corrigées. Ces données ont été corrigées à l'aide de l'outil CMhyd. Cet outil dispose de huit méthodes de correction de biais différentes, notamment la méthode du linear scaling (multiplicative and additive), la méthode du delta change correction (multiplicative and additive), la méthode du precipitation local intensity scaling, la méthode du power transformation of precipitation, la méthode du variance scaling of temperature, et la méthode du distribution mapping of precipitation and temperature.

Pour cette étude, la méthode de distribution mapping of precipitation and temperature a été utilisée. [18] ont noté la cartographie de distribution comme étant la plus performante après avoir utilisé cinq méthodes de correction des biais. Cette méthode de correction de biais corrige la fonction de distribution des valeurs simulées pour se conformer à la fonction de distribution observée [19]. L'occurrence de la distribution des précipitations et de la température a été décalée à l'aide de la fonction de transfert des données simulées de la MCR basé sur la valeur moyenne mensuelle [18]. Pour les événements de précipitations, la distribution Gamma développée par [20] avec des paramètres de forme de "α" et "β" ont été retenus comme étant plus appropriés. La distribution Gamma a été utilisée dans plusieurs études [21] et s'est avéré plus adapté aux études d'analyse des précipitations. Le modèle peut être représenté mathématiquement par:

$$f_Y(x|\alpha, \beta) = x^{\alpha-1} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{x}{\beta}}; \quad (4)$$

où Γ est la fonction Gamma; et α et β sont respectivement les paramètres de forme et d'échelle. La distribution gaussienne avec le paramètre "μ" et paramètre d'échelle "σ" s'est avéré être le meilleur ajustement pour les événements de température. Ceci a été confirmé par plusieurs études en utilisant la distribution [22].

### 3.2.3 ESTIMATION DES CHANGEMENTS FUTURS

Pour mieux comprendre les changements futurs du climat, la quantification des variations futures du cumul annuel des précipitations et des températures moyennes annuelles a été faite au niveau de chaque station et cela pour les deux scénarii de changement climatique (RCP 4.5 et RCP 8.5). Les déviations du cumul annuel des précipitations ont été standardisées par rapport à la moyenne de la période de contrôle (1981-2005) et sont exprimées en pourcentage pour la pluviométrie et en degrés Celsius pour la température. La formule appliquée est la suivante:

Pour la pluviométrie:

$$\text{Déviation}_i = \frac{\text{Cum}_i - \text{Cum}_{\text{CTRL}}}{\text{Cum}_{\text{CTRL}}} * 100 \quad (5)$$

Avec Cum<sub>i</sub>: cumul annuel des précipitations de l'année i;

Cum<sub>CTRL</sub>: cumul annuel moyen des précipitations sur la période de contrôle (1981-2005).

Pour les températures moyennes annuelles, la formule suivante a été appliquée:

$$\text{Déviation}_i = T_{\text{moy } i} - T_{\text{moy CTRL}} \quad (6)$$

Avec T<sub>moy i</sub>: température moyenne annuelle de l'année i;

Ces déviations représentent la diminution ou l'augmentation relative des précipitations ou des températures annuelles pour le futur (horizon 2030 et 2050) comparées à la période de référence 1981-2005.

## 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

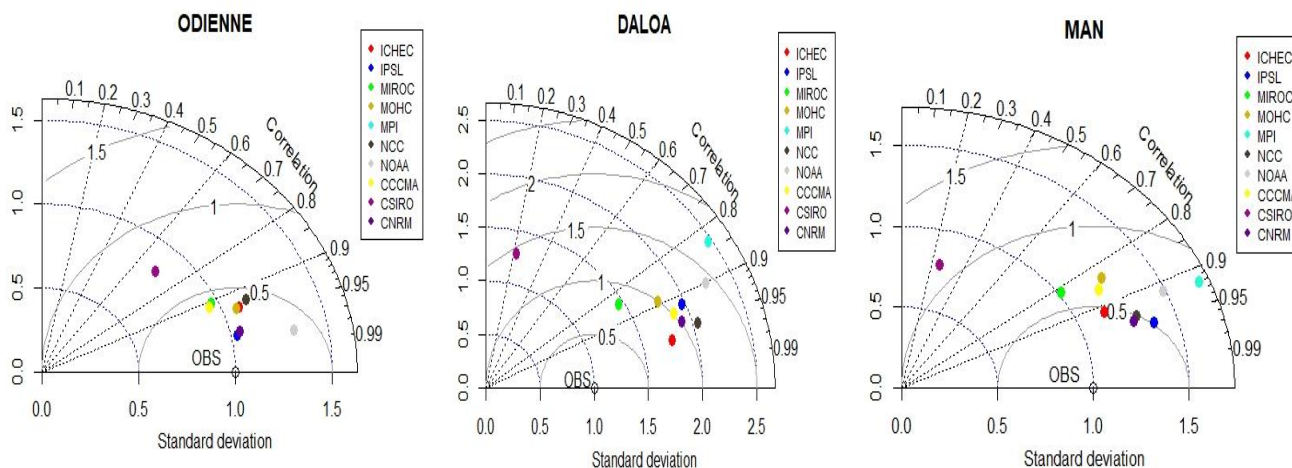
### 4.1 RÉSULTATS

#### 4.1.1 CHOIX DES MODÈLES

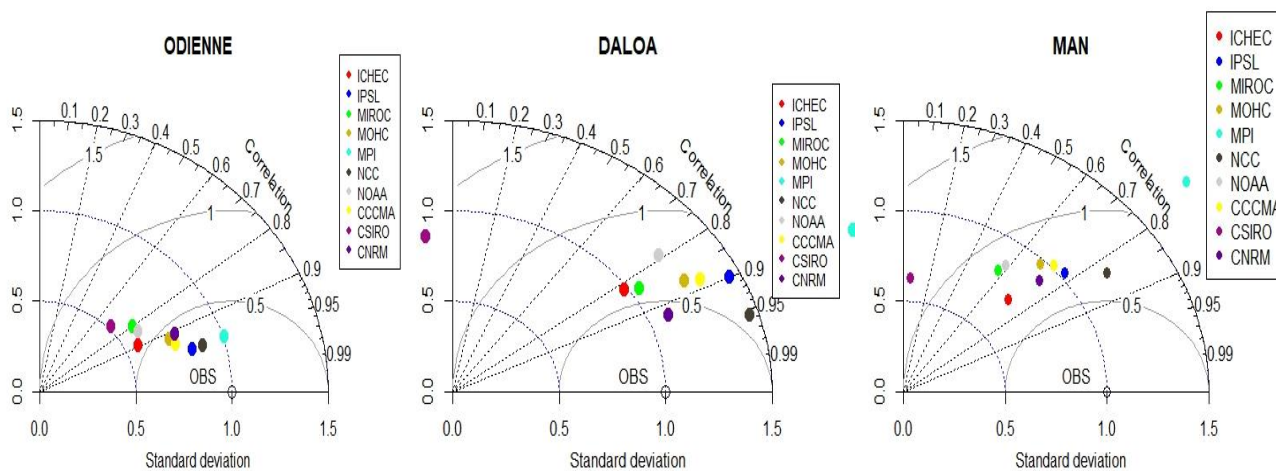
- **Diagramme de Taylor**

La comparaison statistique de la distribution intra-saisonnière du cumul des précipitations simulées par les modèles aux observations à la station d'Odienné montre une très grande variabilité (Figure 3). Néanmoins, les modèles climatiques IPSL et NCC ont montré une corrélation (R) d'au moins de 0,98 avec les observations et un écart type de 1,1. Au niveau de la station de Daloa les modèles climatiques ICHEC et NCC ont une corrélation (R) supérieure à 0,96 avec les précipitations observées et une erreur absolue de simulation de moins de 1,2 par rapport aux observations. Pour la station de Man, les modèles climatiques IPSL et NCC ont montré les meilleures performances à simuler les précipitations. Le coefficient de corrélation est égal à 0,96. Les deux modèles présentent une erreur absolue de simulation de moins de 0,5 par rapport aux précipitations observées.

Concernant les températures (Figure 4), à Odiénné, tous les 10 modèles sont assez bien corrélés avec les observations ( $0,7 \leq R \leq 0,99$ ). Les modèles NCC, et ICHEC ont montré les plus fortes corrélations avec les températures observées avec  $R > 0,97$ . De plus, ces MCRs présentent un écart type compris entre 0,7 à 0,85 par rapport aux observations. En outre, pour les températures à Daloa, les 10 modèles sont assez bien corrélés aux observations avec  $R$  supérieure à 0,79 néanmoins, une forte déviation est observée par rapport aux observations (écart type  $\geq 0,89$ ). À la station de Man, les modèles ne sont assez bien corrélés avec les températures observées ( $0,1 \leq R \leq 0,85$ ) mais présentent un bon écart type entre les températures simulées et observées. On note un écart-type compris entre 0,5 et 1,2



**Fig. 3. Diagramme de Taylor des séries mensuelles de la pluviométrie**



**Fig. 4. Diagramme de Taylor des séries mensuelles des températures**

**• Cycle saisonnier des précipitations et des températures**

L'étude du cycle saisonnier des précipitations (Figures 5) montre que le régime pluviométrique est mieux représenté à Odiénné et à Man par les modèles NCC, IPSL, même s'ils surestiment les précipitations. Les modèles NCC et ICHEC représentent mieux la pluviométrie de Daloa.

La figure 6 indique que tous les modèles reproduisent assez bien le régime saisonnier de la température dans les stations du bassin versant comparés à l'observation.

De l'analyse de cette figure, il est constaté que les modèles simulent bien la tendance des observations même s'il y a des biais. Seuls les modèles IPSL et NCC s'approchent le plus des températures moyennes mensuelles observées à Odiénné et à Man. Par ailleurs, à Daloa se sont les modèles ICHEC et NCC qui simulent bien le cycle saisonnier.

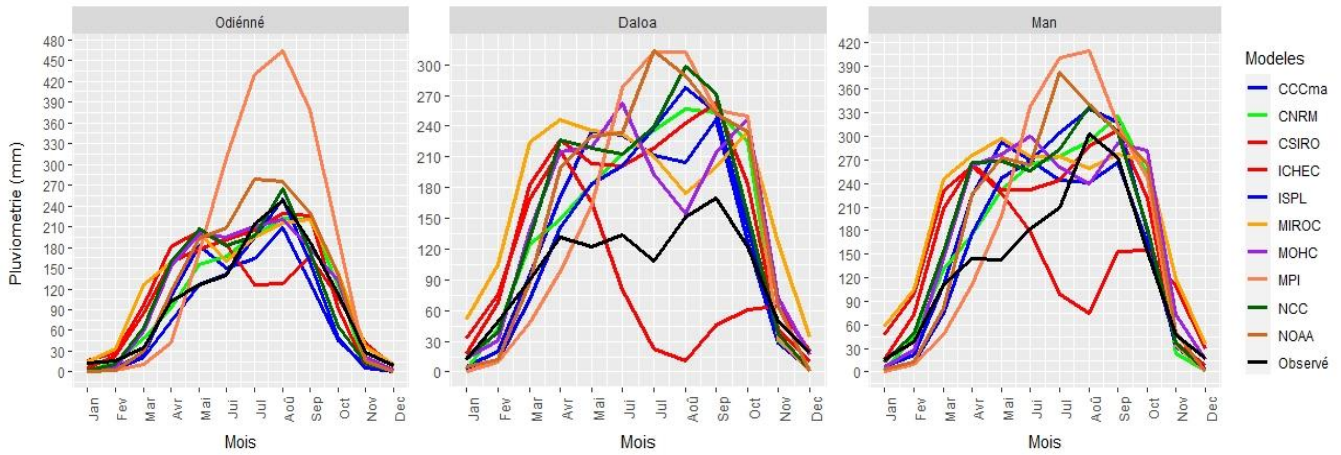


Fig. 5. Cycle saisonnier des précipitations moyennes mensuelles des 10 RCMs

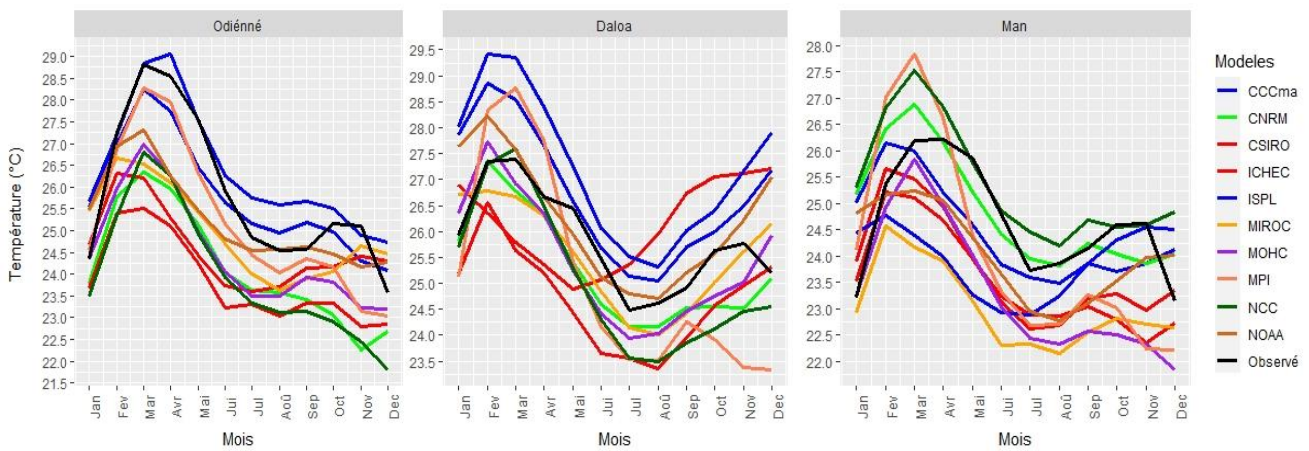


Fig. 6. Cycle saisonnier des températures moyennes mensuelles des 10 RCMs

#### 4.1.2 PARAMÉTRAGE DES MODÈLES

Une fois les modèles choisis, il est procédé au calcul des déviations entre les paramètres de la période de contrôle (1981-2005) et les paramètres simulés du futur pour les deux scénarii. Cette déviation exprimée permet d’apprécier l’évolution de la température et de la pluie dans le futur par rapport à la période de contrôle.

- **Précipitations**

Au niveau des précipitations, le régime saisonnier (Figures 7) confirme que les modèles IPSL et NCC reproduisent mieux le climat d’Odiénné et de Man même si des biais des précipitations sont observés au niveau de ces modèles. À Daloa, les modèles ICHEC et NCC reproduisent mieux le cycle saisonnier de pluie. Il faut tout de même remarquer des écarts (surestimation).

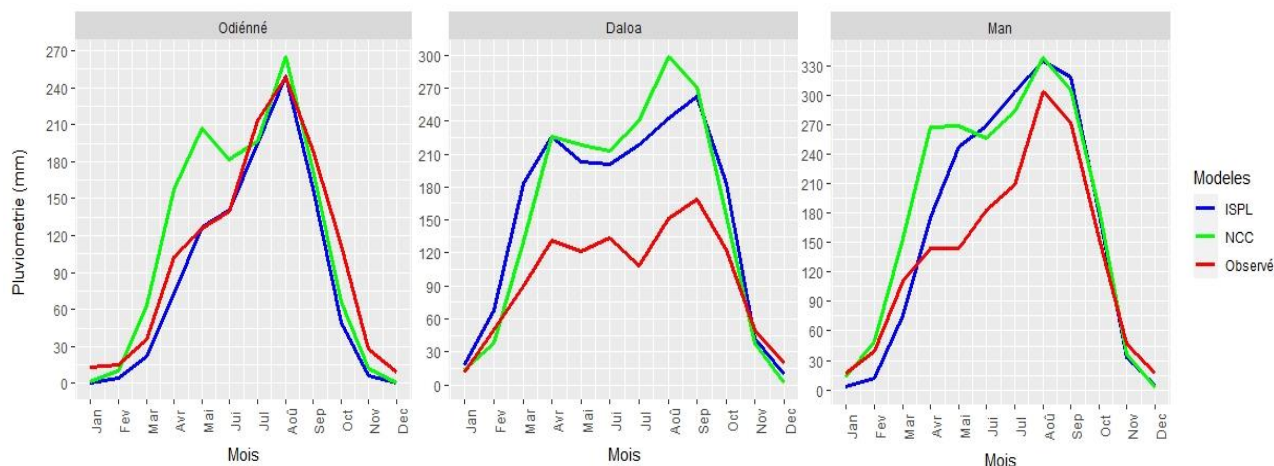


Fig. 7. Cycle saisonnier des précipitations moyennes mensuelles des modèles retenus et de l'observée

• **Températures**

Au niveau des températures (Figure 8), les deux modèles détectent bien les pics au cours de l'année, mais sont décalés d'un mois par rapport à l'observation au niveau de chaque station et avec tous les modèles.

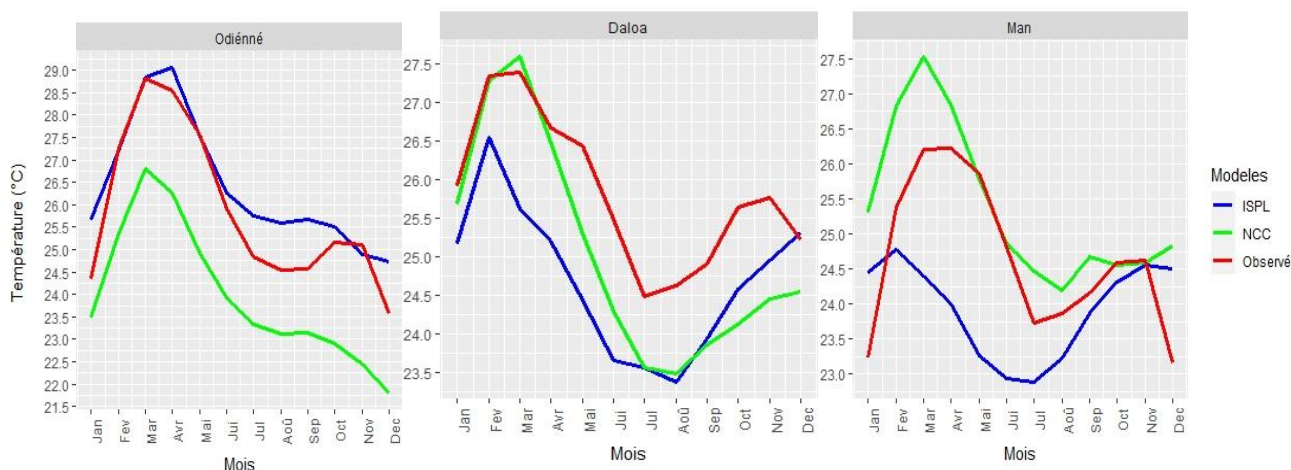


Fig. 8. Cycle saisonnier des températures moyennes mensuelles des modèles retenus et de l'observée

L'analyse croisée du cycle saisonnier et du diagramme de Taylor des différents paramètres a permis de retenir les modèles contenus dans le tableau II.

Tableau 2. MCRs choisis au niveau de chaque zone climatique

Stations	MCRs Choisis	Types de stations
Daloa	ICHEC, NCC	Synoptique
Man	IPSL, NCC	Synoptique
Odiénné	IPSL, NCC	Synoptique

4.1.3 CORRECTION DES SORTIES DES MODÈLES CLIMATIQUES

Les figures 9 et 10 ont montré qu'après l'application de la correction du biais par la méthode de distribution mapping of precipitation and temperature, les écarts dans les modèles ont été efficacement atténués. La correction du biais de

cartographie de distribution a pu améliorer de manière significative les sorties des pluies, des températures maximales et minimales. Cependant, de légers écarts dans les données entre valeurs corrigées et observées sont apercevables.

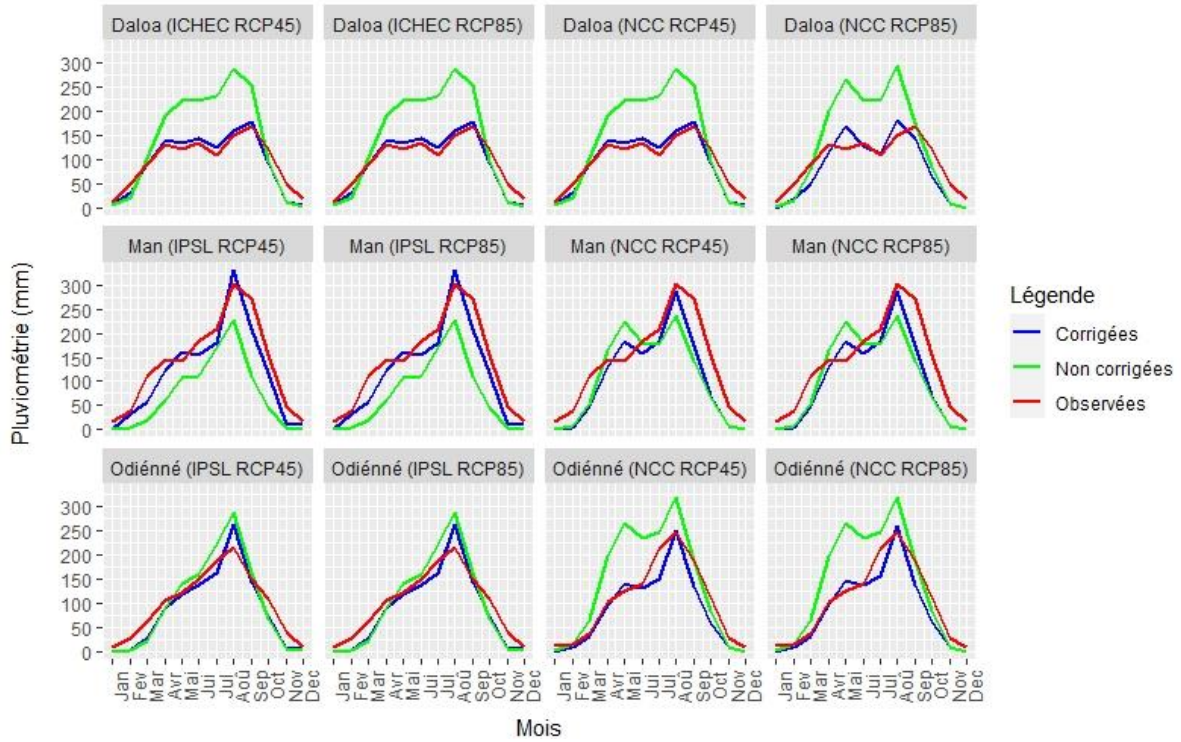


Fig. 9. Sorties de pluie corrigées par la méthode du Distribution Mapping (quantile mapping)

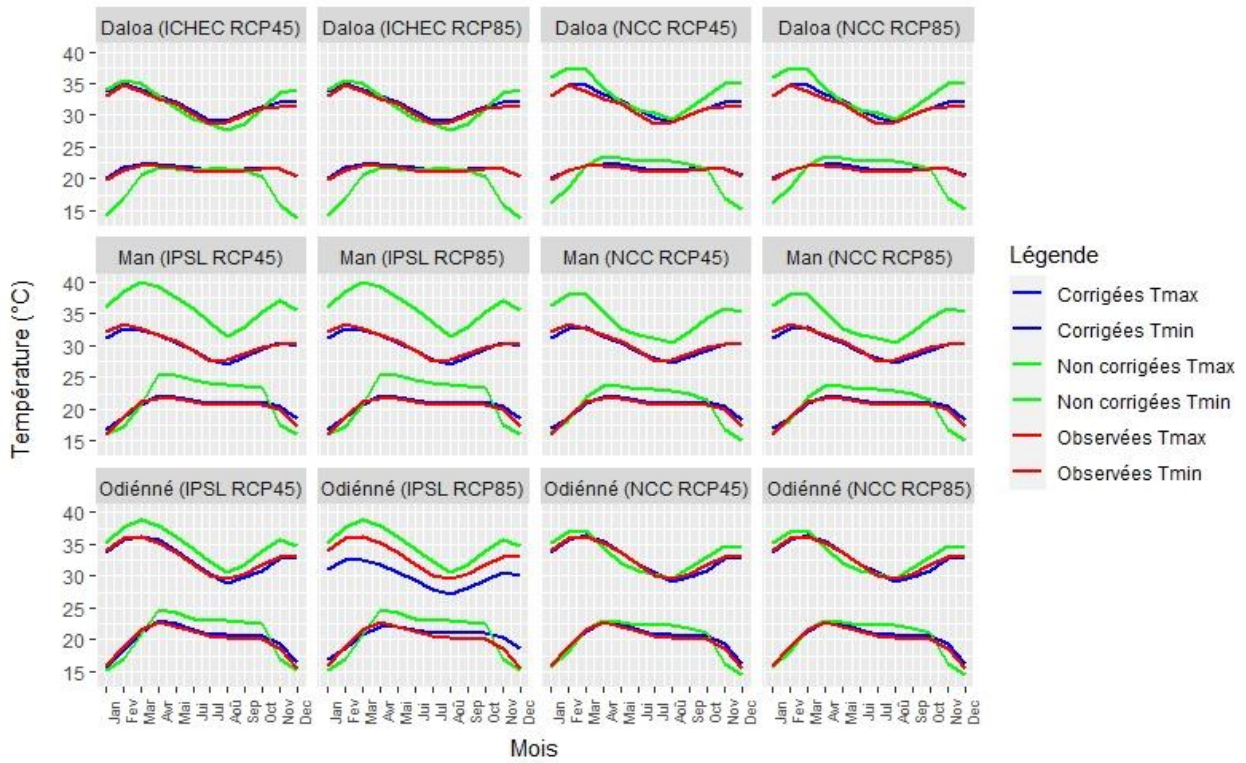


Fig. 10. Sorties des températures corrigées par la méthode du Distribution Mapping (quantile mapping)

#### 4.1.4 ANALYSE DES CHANGEMENTS FUTURS

##### 4.1.4.1 SELON LE SCÉNARIO RCP 4.5

###### ■ Précipitations (Figure 11)

À la station de Daloa, les modèles ICHEC prévoit une baisse de 2,4%, par contre, me modèle NCC prévoit une hausse de 4,2% à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 4.6% pour le modèle ICHEC et de 12% pour le modèle NCC.

À la station de Man, les modèles IPSL et NCC prévoient respectivement des baisses de 20,8% et de 11% à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des baisses de 18,8% et de 11,4%.

À la station de Odiénné, le modèle IPSL prévoit une hausse de 40,5% alors que le modèle NCC prévoit une hausse de 59,1% à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, c'est une hausse de 36,3% qui sera observée par le modèle IPSL et une hausse de 61,7% par le modèle NCC.

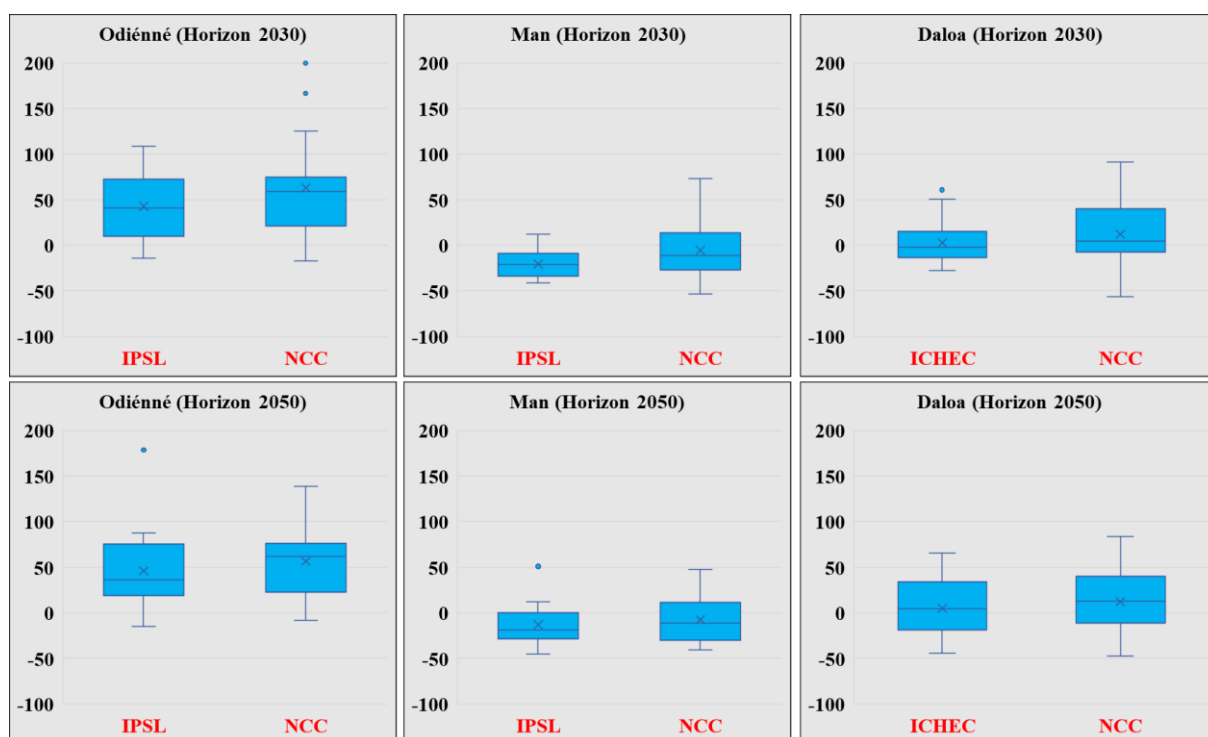


Fig. 11. Variation du cumul annuel des précipitations

###### ■ Températures (Figure 12)

À la station de Daloa, les modèles ICHEC et NCC prévoient respectivement des hausses de 3°C et de 3,7°C à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 3,7°C et de 4,4°C.

À la station de Man, les modèles IPSL et NCC prévoient respectivement des hausses de 1,6°C et de 3,1°C à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 2,3°C et de 3,6°C.

À la station de Odiénné, les modèles IPSL et NCC prévoient respectivement des hausses de 2°C et de 2,7°C à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 2,6°C et de 3,2°C.

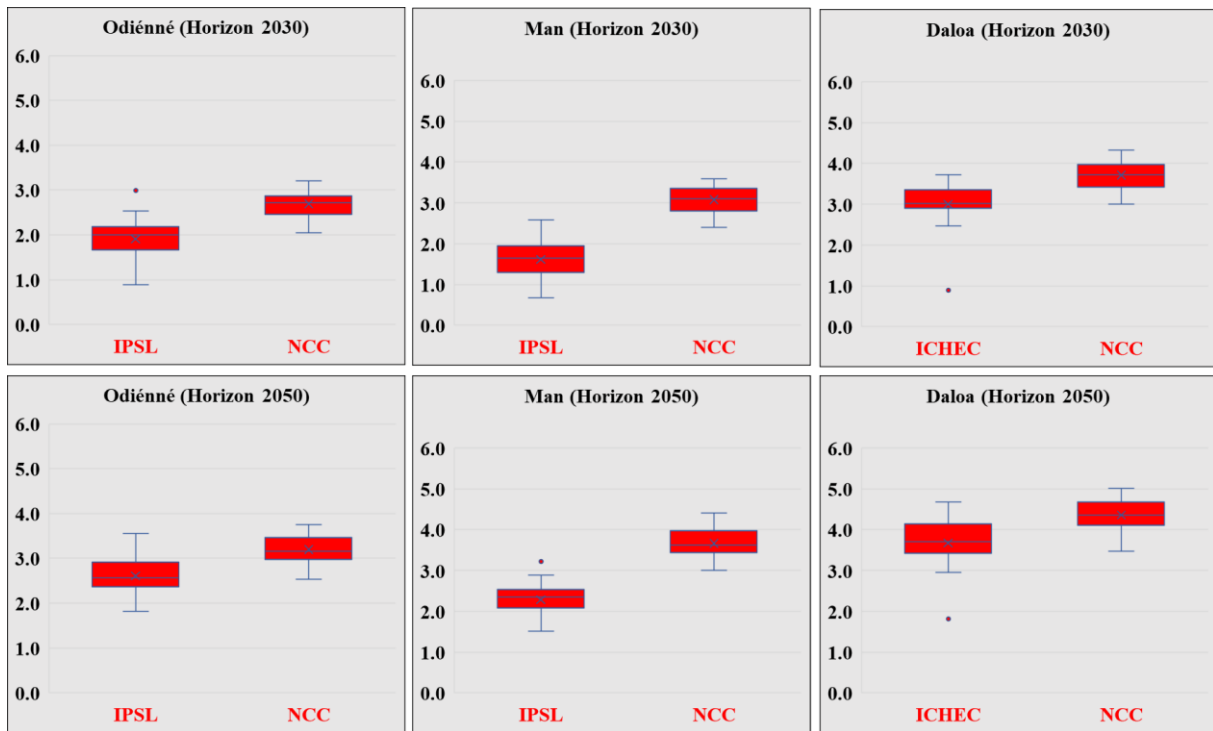


Fig. 12. Variation des températures moyennes annuelles

4.1.4.2 SELON LE SCÉNARIO RCP 8.5

▪ Précipitations (Figure 13)

À la station de Daloa, tous les deux modèles sont unanimes sur les hausses de précipitations. Les deux modèles ICHEC et NCC prévoient respectivement des hausses de 4,2% et de 1,4% à l’horizon 2030. À l’horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 17.2% et de 36,9%.

À la station de Man, les modèles IPSL et NCC prévoient respectivement des baisses de 19,4% et de 13,2% à l’horizon 2030. À l’horizon 2050, ces modèles ne sont pas unanimes sur la hausse ou la baisse des précipitations. En effet, le modèle IPSL prévoit une baisse de 7,5% par contre, le modèle NCC prévoit une hausse de 17%.

À la station de Odienné, les deux modèles ne sont pas unanimes sur les précipitations attendues à l’horizon 2030. Le modèle IPSL prévoit une hausse de 43,8% alors que le modèle NCC prévoit une baisse de 17,4%. À l’horizon 2050, c’est une hausse de 53,5% qui sera observée par le modèle IPSL et une hausse de 73,3% par le modèle NCC.

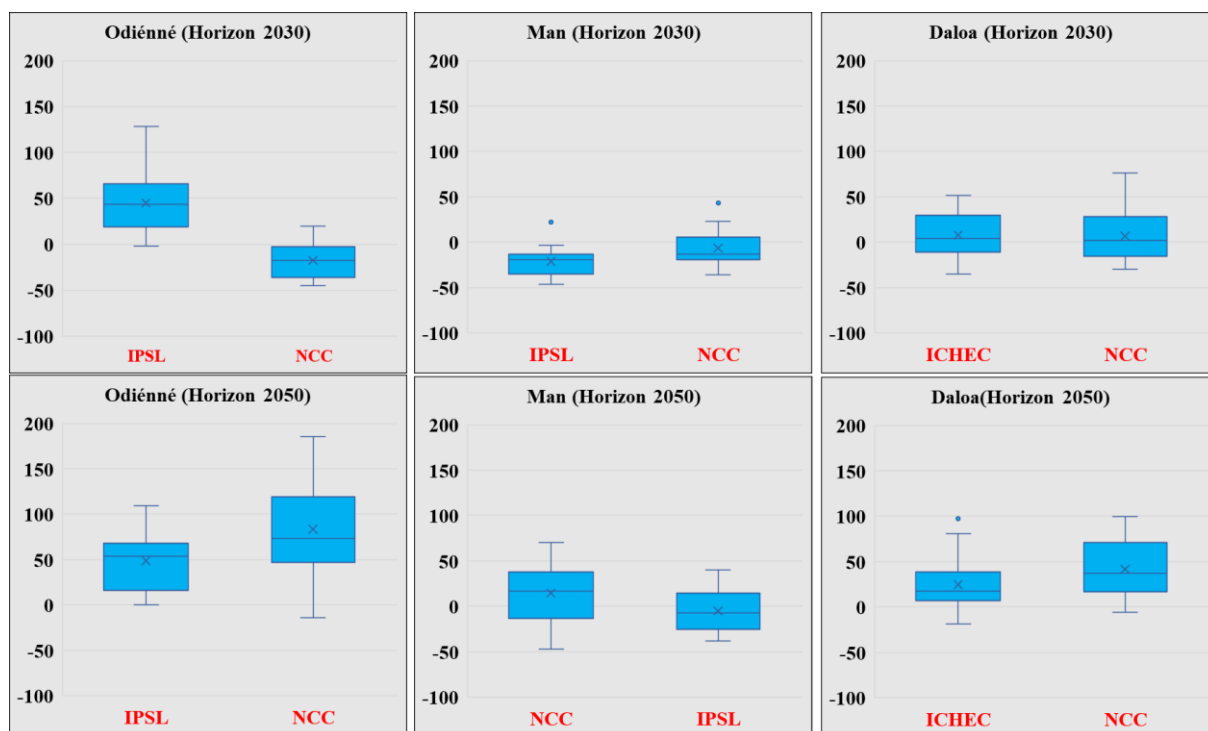


Fig. 13. Variation du cumul annuel des précipitations

▪ **Températures (Figure14)**

À la station de Daloa, les modèles ICHEC et NCC prévoient respectivement des hausses de 3,4°C et de 4,6°C à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 4,4°C et de 5°C.

À la station de Man, les modèles IPSL et NCC prévoient respectivement des hausses de 1,8°C et de 3,7°C à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 4,1°C et de 3,2°C.

À la station de Odiénné, les modèles IPSL et NCC prévoient respectivement des hausses de 2,1°C et de 2,2°C à l'horizon 2030. À l'horizon 2050, ces modèles prévoient des hausses de 3,3°C et de 4°C.

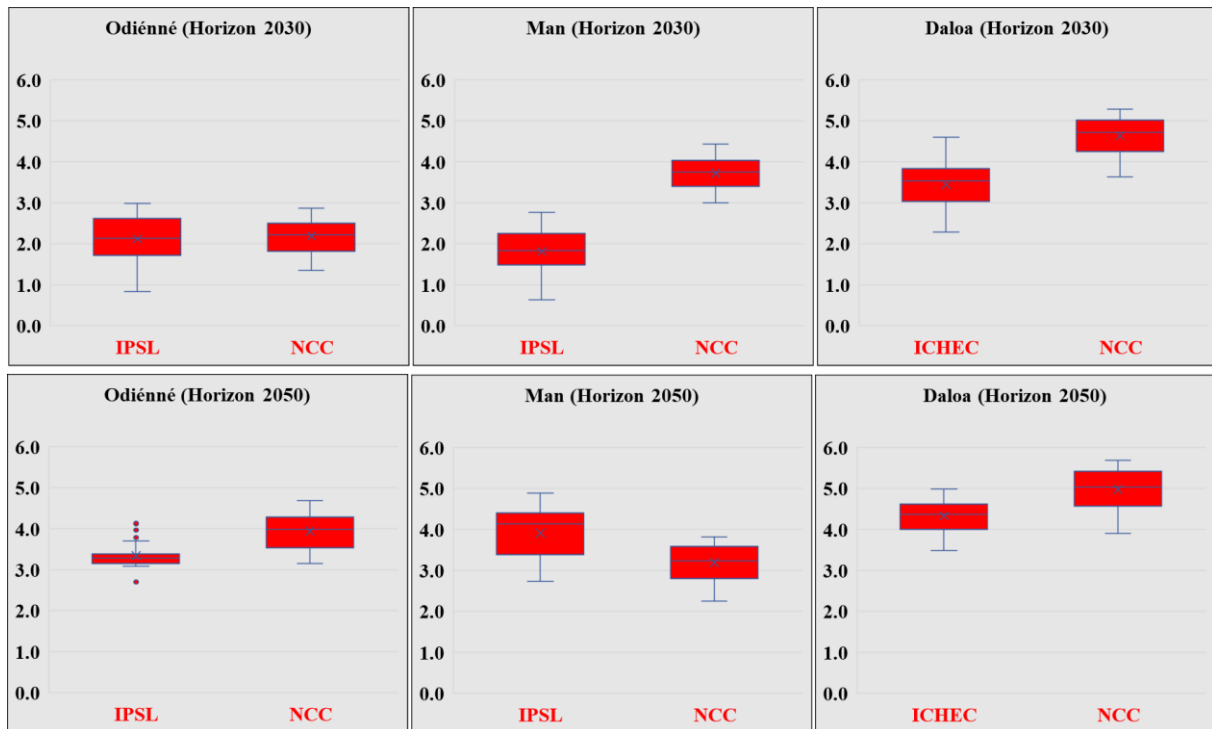


Fig. 14. Variation des températures moyennes annuelles

## 5 DISCUSSION

La méthode de correction des biais a permis d'éliminer les erreurs des modèles lors des simulations. Des incertitudes ont été observées. De telles incertitudes ont déjà été observées dans d'autres études comme celles de [18] dans le cas de la méthode de correction du biais de puissance a amélioré les statistiques de variabilité alors qu'elle s'est avérée mal ajuster la probabilité, et en même temps, la méthode de correction du biais de mise à l'échelle linéaire a pu éliminer efficacement le biais dans les précipitations moyennes [18]. Par conséquent, toutes les autres méthodes de correction du biais telles que la méthode du precipitation local intensity scaling, la méthode du power transformation of precipitation et la méthode Distribution Mapping (quantile mapping) ont montré leurs avantages respectifs, mais également des incertitudes dans la correction du biais des séries chronologiques de précipitations et de températures. Néanmoins, les résultats de cette étude ont montré la nécessité d'appliquer une correction de biais aux ensembles de données brutes des MCR avant de les déployer pour toute évaluation de l'impact du changement climatique. Pour l'application d'une correction de biais pour des études dans le domaine de l'hydrologie, [23] ont montré que la méthode du Distribution Mapping (quantile mapping) surpasse la méthode du precipitation local intensity scaling et la méthode du linear scaling (multiplicative and additive). Elle est de ce fait, la plus appropriée pour l'évaluation de l'impact du changement climatique sur l'hydrologie du bassin versant. Également, pour quantifier les impacts du changement climatique sur la dynamique des débits, [18] ont montré que la méthode du Distribution Mapping (quantile mapping) et la méthode du variance scaling of temperature fonctionneraient mieux dans les statistiques basées sur la fréquence pour la température par rapport à la méthode du linear scaling. Ils ont noté, cependant, que la méthode du variance scaling of temperature fonctionnerait mieux que la méthode du Distribution Mapping pour les statistiques basées sur des séries chronologiques pour la température.

Concernant les projections futures, d'un point de vue général, le bassin versant du fleuve Sassandra connaîtra des perturbations dans le futur qui se traduiront par des variations à la hausse et à la baisse des précipitations et par la hausse des températures. Des études récentes menées sur les projections climatiques ont montré que l'Afrique de l'Ouest va connaître une hausse importante des températures associée à une forte variabilité des précipitations [24]. Ces changements climatiques pourraient entraîner des conséquences néfastes sur l'environnement telles que les inondations ou la sécheresse [25]. Se référant aux variations moyennes de températures prévues par les différents modèles, il est constaté que la zone d'étude enregistrera aux horizons 2030 et 2050, d'importants changements thermiques qui dépasseront ceux qu'elle a connus par le passé. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) qui projette une augmentation de la température globale entre 1,4°C et 5,8°C d'ici la fin du siècle si la concentration du CO<sub>2</sub> double dans l'atmosphère, avec des conséquences sur l'environnement [2].

## 6 CONCLUSION

Cette étude a permis de choisir et de valider des modèles climatiques régionaux provenant de la base de données CORDEX-Afrique sur le bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo en Côte d'Ivoire, d'une part, et d'estimer les changements du climat futur, d'autre part. Le choix des MCRs a montré que les modèles ICHEC, IPSL et NCC ont de bonnes performances (simulent bien le climat de la zone d'étude) mais avec des biais significatifs.

La simulation du climat futur par les modèles a montré des variations des paramètres climatiques. En effet, selon le scénario RCP 4.5, la pluviométrie pourrait connaître des fluctuations de -20,8% à +58,1% à l'horizon 2030 et de -18,8% à +61,7% à l'horizon 2050. Selon le scénario RCP 8.5, les MCRs prédisent les mêmes conditions que celles prévues par le RCP4.5. Ainsi, le RCP prévoit des fluctuations des précipitations de -19,4% à +43,8% à l'horizon 2030 et de -7,5% à +73,3% à l'horizon 2050. Tous les modèles prévoient une hausse de la température selon les deux scénarios de +1,6 à +4,4°C pour le RCP 4.5 et de +2,1 à +5°C pour le RCP 8.5.

## REFERENCES

- [1] Kouassi A.M., Kouamé K.F., Koffi Y.B., Dje K.B., Paturel J.E. & Oulare S. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergéo: European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, 513, 29 p.
- [2] Guivarch C. & Cassen C. (2015). L'atténuation du changement climatique: retour sur le 5e rapport du Giec. *La Météorologie*, 2015 (88): 97–105.
- [3] Scouart Yeboah K.A., Akpoti K., Kobo-bah A.T., Ofosu E.A., Siabi E.K., Mortey E.M. & Okyereh S.A. (2022). Assessing climate change projections in the Volta Basin using the CORDEX-Africa climate simulations and statistical bias-correction. *Environmental Challenges*, 6: 18p.
- [4] Le Roux R., Katurji M., Zawar-Reza P., Quénol H. & Sturman A. (2018). Comparison of statistical and dynamical downscaling results from the WRF model. *Environmental Modelling & Software*, 100: 67–73.
- [5] Li Z., Zheng F.-L., Liu W.-Z. & Jiang D.-J. (2012). Spatially downscaling GCMs outputs to project changes in extreme precipitation and temperature events on the Loess Plateau of China during the 21st Century. *Global and Planetary Change*, 82: 65–73.
- [6] Grenier P. (2018). Two types of physical inconsistency to avoid with univariate quantile mapping: A case study over North America concerning relative humidity and its parent variables. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 57 (2): 347–364.
- [7] Souvignet M., Gaese H., Ribbe L., Kretschmer N. & Oyarzún R. (2010). Statistical downscaling of precipitation and temperature in north-central Chile: an assessment of possible climate change impacts in an arid Andean watershed. *Hydrological Sciences Journal—Journal des Sciences Hydrologiques*, 55 (1): 41–57.
- [8] Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Jimenez B., Miller K., Oki T., Şen Z. & Shiklomanov I. (2008). The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological sciences journal*, 53 (1): 3–10.
- [9] Di Baldassarre G., Elshamy M., van Griensven A., Soliman E., Kigobe M., Ndomba P., Mutemi J., Mutua F., Moges S., Xuan Y., Solomatine D. & Uhlenbrook S. (2011). Future hydrology and climate in the River Nile basin: a review. *Hydrological Sciences Journal*, 56 (2): 199–211.
- [10] Anoh K.A., Kouadio Z.A., Konaté D., Djè K.B., Kouassi K.H., Koua T.J.-J. & Dibi B. (2021). Analyse de la variabilité des perturbations climatiques du bassin versant du fleuve Sassandra à Soubré (Ouest de la Côte d'Ivoire). 54 (2): 90-101.
- [11] Ardoin-Bardin S., Dezetter A., Servat E. & Mahé G. (2005). Évaluation des impacts du changement climatique. In: Regional hydrological impacts of climatic change: proceedings of the International Symposium on Regional Hydrological Impacts of Climatic Variability and Change with an Emphasis on Less Developed Countries (S6): held during the Seventh Scientific Assembly of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS) at Foz do Iguauço [sic], Brazil, 3-9 April, 2005, IAHS, 194p.
- [12] Coulibaly N., Coulibaly T., Mpakama Z. & Savané I. (2018). The Impact of Climate Change on Water Resource Availability in a Trans-Boundary Basin in West Africa: The Case of Sassandra. *Hydrology*, 5 (1): 12.
- [13] Girard G., Sircoulon J. & Touchebeuf P. (1971). Aperçu sur les régimes hydrologiques. *Milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM*, 50: 109-155.
- [14] Perraud A. (1971). Les sols. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM*, 50: 157-263.
- [15] Camus H. (1969). Hydrologie du bassin du Sassandra (note préliminaire). 5 (69): 79.

- [16] Konan B. (1990). Modélisation hydrologique et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant du Sassandra à Soubré. Thèse (ph. D) 3eme cycle en Science et Gestion de l'Environnement, Université Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 182p. - Recherche Google.
- [17] Taylor K.E. (2001). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of geophysical research: atmospheres*, 106 (D7): 7183-7192.
- [18] Zhang B., Shrestha N.K., Daggupati P., Rudra R., Shukla R., Kaur B. & Hou J. (2018). Quantifying the impacts of climate change on streamflow dynamics of two major rivers of the Northern Lake Erie Basin in Canada. *Sustainability*, 10 (8): 2897.
- [19] Teutschbein C. & Seibert J. (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of hydrology*, 456: 12–29.
- [20] Thom H.C. (1958). A note on the gamma distribution. *Monthly weather review*, 86 (4): 117-122.
- [21] Ines A.V. & Hansen J.W. (2006). Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. *Agricultural and forest meteorology*, 138 (1-4): 44–53.
- [22] Bisht D.S., Mohite A.R., Jena P.P., Khatun A., Chatterjee C., Raghuwanshi N.S., Singh R. & Sahoo B. (2020). Impact of climate change on streamflow regime of a large Indian river basin using a novel monthly hybrid bias correction technique and a conceptual modeling framework. *Journal of Hydrology*, 590: 125448.
- [23] Willkofer F., Schmid F.-J., Komischke H., Korck J., Braun M. & Ludwig R. (2018). The impact of bias correcting regional climate model results on hydrological indicators for Bavarian catchments. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 19: 25-41.
- [24] Kouamé A.N., AMANI M.K., Gnaboa R., Traoré K.S. & Houenou P.V. (2014). Analyse de phénomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé: cas de la ville de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (54): 135-154.
- [25] Sylla M.B., Nikiema P.M., Gibba P., Kebe I. & Klutse N.A.B. (2016). Climate change over West Africa: Recent trends and future projections. *Adaptation to climate change and variability in rural West Africa*,: 25-40.

## La Cybercriminalité dans l'ère numérique: Une étude des défis juridiques et réglementaires

### [ Cybercrime in the Digital Era: A Study of Legal and Regulatory Challenges ]

*Ghita Bougren and Mohamed Chadi*

Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales Ain Sebaa, Université Hassan II de Casablanca, Morocco

Copyright © 2023 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:** Cybercrime poses a major challenge in the digital age, requiring special attention in terms of legal and regulatory frameworks. This article aims to examine the theoretical and empirical literature and the legal framework for combating cybercrime at both the national and international levels, with a particular focus on the Moroccan context. Selected studies have been analysed in terms of the legal issues associated with emerging technologies such as artificial intelligence and blockchain. This article emphasizes the importance of a robust legal framework in combating cybercrime and highlights future prospects while shedding light on the challenges that need to be addressed.

**KEYWORDS:** Cybercrime, New technologies, Legal framework, Regulations, Legal responsibility.

**RESUME:** La cybercriminalité représente un défi majeur dans l'ère numérique, nécessitant une attention particulière sur le plan juridique et réglementaire. Le présent article a pour objectif d'examiner la littérature théorique et empirique et le cadre juridique de la lutte contre la cybercriminalité à la fois à l'échelle marocain et international. Les études sélectionnées ont été analysées en termes d'enjeux juridiques liés aux nouvelles technologies, telles que l'intelligence artificielle et la blockchain. Cet article souligne l'importance d'un cadre juridique solide dans la lutte contre la cybercriminalité et met en évidence les perspectives futures, en mettant en lumière les défis à relever.

**MOTS-CLEFS:** Cybercriminalité, Nouvelles technologies, Cadre juridique, Réglementation, Responsabilité légal.

#### 1 INTRODUCTION

La cybercriminalité a émergé comme un défi majeur à l'ère numérique, où les avancées technologiques ont ouvert de nouvelles opportunités aux criminels pour commettre des délits en ligne. Cette menace prend diverses formes, allant des attaques informatiques sophistiquées aux fraudes en ligne, en passant par le vol d'identité et les atteintes à la vie privée (UNODC, 2013). Elle peut avoir des conséquences dévastatrices pour les individus, les entreprises et même les États, causant des pertes financières, des dommages à la réputation et mettant en péril la sécurité des infrastructures critiques.

La nature de la cybercriminalité est complexe et en constante évolution. Les cybercriminels exploitent les vulnérabilités des systèmes informatiques, la rapidité des communications en ligne et l'anonymat offert par le cyberspace pour mener leurs

activités illégales. Ils utilisent des techniques sophistiquées telles que le phishing<sup>1</sup>, le hacking<sup>2</sup>, le malware et le vol de données pour atteindre leurs objectifs. Comprendre les mécanismes et les motivations de ces attaques est crucial pour élaborer des stratégies de lutte efficaces.

Pour faire face à cette menace, le cadre juridique de la cybercriminalité joue un rôle essentiel. Les lois et réglementations nationales et internationales ont pour objectif de définir les infractions liées à la cybercriminalité, d'établir des peines appropriées et de mettre en place des procédures de poursuite efficaces (Brenner, 2019). Cependant, le défi réside dans l'adaptation rapide de ces cadres juridiques aux évolutions technologiques constantes et à la sophistication croissante des attaques. Les législateurs doivent travailler en étroite collaboration avec les experts en technologies de l'information pour garantir que les lois sont adéquates et suffisamment flexibles pour lutter contre les nouvelles formes de cybercriminalité.

Dans cet article, nous explorerons en détail la nature complexe de la cybercriminalité et analyserons le cadre juridique qui lui est associé. Nous examinerons les différentes formes de cybercriminalité et les enjeux juridiques spécifiques à chaque type de délit en ligne. De plus, nous étudierons les lois et réglementations nationales en vigueur, ainsi que les conventions et traités internationaux pertinents. Nous évaluerons également l'efficacité de la coopération internationale dans la lutte contre la cybercriminalité et identifierons les défis émergents auxquels le cadre juridique doit faire face, notamment en lien avec les nouvelles technologies et les tendances émergentes.

## 2 CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE

Le contexte général dans lequel s'inscrit la problématique de la cybercriminalité et de la digitalisation est celui de l'ère numérique. Au cours des dernières décennies, les avancées technologiques ont révolutionné notre manière de communiquer, de travailler et de vivre. L'émergence des technologies de l'information et de la communication a permis une interconnexion globale et une diffusion massive des données à travers le monde (Castells, 2010).

Cependant, cette évolution rapide et omniprésente de la digitalisation a également engendré de nouveaux défis et risques. La cybercriminalité, en tant qu'activité criminelle exploitant les technologies numériques, a prospéré dans cet environnement en constante évolution. Les cybercriminels utilisent des techniques sophistiquées pour perpétrer des délits en ligne, mettant en danger la sécurité et la confidentialité des individus, des organisations et même des gouvernements (Holt, 2016; Finklea, 2017).

Dans ce contexte, il est essentiel de comprendre les enjeux et les défis posés par la cybercriminalité à l'ère de la digitalisation. Cela nécessite une analyse approfondie de la nature de la cybercriminalité, de ses différentes formes et de ses conséquences (Kshetri, 2017; Finklea, 2017). Il est également crucial d'examiner le cadre juridique existant, à la fois au niveau national et international, pour lutter contre la cybercriminalité et protéger les individus et les organisations contre les menaces numériques (Brenner, 2019; Carr, 2019).

La recherche dans ce domaine vise à explorer les interactions entre la cybercriminalité et la digitalisation, en mettant en évidence les défis juridiques, sociaux et technologiques auxquels nous sommes confrontés (McGuire, 2012; Warren, 2017). En identifiant ces enjeux et en proposant des solutions, nous pourrions mieux prévenir et lutter contre la cybercriminalité, tout en favorisant un environnement numérique sûr et sécurisé pour tous (Ghosh, 2015; Holt, 2016).

Deux questions se posent alors:

- Comment définir et classer la cybercriminalité dans ce contexte en constante évolution ?
- Quel est le cadre juridique, tant national qu'international, qui régit la cybercriminalité et comment s'adapte-t-il à ces nouveaux défis ?

Pour répondre à ces questions, il convient d'examiner les différentes formes de cybercriminalité, leurs aspects juridiques spécifiques et les réglementations en vigueur, tant au niveau national (Clarke, 2018) qu'international (UNODC, 2013). Il est

<sup>1</sup> Hameçonnage en français c'est une technique frauduleuse utilisée sur Internet pour tromper les utilisateurs et leur soutirer des informations personnelles, telles que des identifiants de connexion, des informations bancaires, des numéros de carte de crédit, etc

<sup>2</sup> Egalement connu sous le nom de piratage informatique, fait référence à l'activité de pénétrer illégalement dans un système informatique ou un réseau informatique dans le but d'obtenir, d'altérer ou de voler des informations sensibles. Un individu pratiquant le hacking est appelé un hacker

également important d'évaluer l'efficacité des mesures de coopération internationale dans la lutte contre la cybercriminalité et d'identifier les défis liés à l'harmonisation des législations nationales et des mécanismes de coopération (Brenner, 2019).

### 2.1 LA CYBERCRIMINALITE: ÇA PARLE DE QUOI ?

La cybercriminalité est un phénomène complexe qui englobe un large éventail d'activités illicites commises à l'aide des technologies de l'information et de la communication. Pour comprendre pleinement ce concept, il est essentiel de se référer à diverses sources scientifiques qui fournissent des définitions et des perspectives complémentaires sur la cybercriminalité.

La cybercriminalité peut être définie comme l'utilisation abusive des technologies de l'information et de la communication pour commettre des infractions et des délits (UNODC, 2013; Taylor et al., 2017). Elle implique des activités criminelles qui exploitent les vulnérabilités des systèmes informatiques, mettant en danger la sécurité des individus, des organisations et des infrastructures numériques (Brenner, 2019; Maras, 2016).

Les formes de cybercriminalité sont variées et en constante évolution. Elles comprennent le hacking, le vol d'identité, la fraude en ligne, le piratage informatique, la diffusion de logiciels malveillants, l'exploitation sexuelle des enfants en ligne, et bien d'autres (Wall, 2017; Holt, 2016; Kshetri, 2017).

La cybercriminalité se caractérise par des aspects juridiques spécifiques qui varient d'un pays à l'autre. Les lois nationales et internationales jouent un rôle crucial dans la lutte contre la cybercriminalité en définissant les infractions, les peines et les procédures de poursuite (Clarke, 2018; Carr, 2019). Cependant, l'harmonisation des législations et la coopération internationale restent des défis majeurs dans la lutte contre la cybercriminalité (Warren, 2017; Brenner, 2019).

Il est important de souligner que la définition de la cybercriminalité peut varier en fonction des perspectives et des contextes. Certains chercheurs mettent l'accent sur les aspects technologiques et techniques, tandis que d'autres se concentrent sur les aspects sociaux et économiques (Ghosh, 2015; Taylor et al., 2017). Cependant, tous s'accordent sur le fait que la cybercriminalité constitue une menace sérieuse pour la sécurité et la confiance dans l'environnement numérique.

On peut dire que la cybercriminalité est un phénomène complexe qui englobe un large éventail d'activités illicites commises à l'aide des technologies de l'information et de la communication. Sa définition et sa compréhension nécessitent une approche multidimensionnelle, prenant en compte les aspects juridiques, techniques, sociaux et économiques.

Sur le plan juridique, il s'agit d'analyser les lois et les réglementations en vigueur pour définir les infractions liées à la cybercriminalité, les peines correspondantes et les procédures de poursuite (Moy, 2019). Les aspects techniques sont également importants, car ils permettent de comprendre les méthodes utilisées par les cybercriminels, telles que l'utilisation de logiciels malveillants, les techniques de piratage et l'exploitation des vulnérabilités des systèmes (Jaishankar, 2011).

En outre, la dimension sociale de la cybercriminalité est cruciale. Il est essentiel de comprendre les motivations des cybercriminels, les facteurs sociaux qui favorisent cette activité et son impact sur les individus et les communautés (Holt, 2013). Enfin, l'aspect économique de la cybercriminalité doit être pris en compte, car elle représente des pertes financières considérables pour les individus, les entreprises et les gouvernements (Anderson, 2018).

En adoptant une approche multidimensionnelle, prenant en compte les aspects juridiques, techniques, sociaux et économiques de la cybercriminalité, il est possible de mieux comprendre cette problématique complexe et de développer des stratégies efficaces de prévention et de lutte contre ce fléau. Cela implique une collaboration étroite entre les acteurs gouvernementaux, les forces de l'ordre, les experts en technologie et les chercheurs afin de renforcer les législations, d'améliorer les mesures de sécurité et de sensibiliser le public aux risques de la cybercriminalité (Wall, 2018).

Les différentes formes de cybercriminalité englobent un large éventail d'activités illicites commises en ligne. Voici quelques exemples de ces formes de cybercriminalité, accompagnés de références pour approfondir votre compréhension:

- Piratage informatique: Il s'agit de l'accès non autorisé à un système informatique dans le but de voler des informations confidentielles, de perturber les opérations ou de causer des dommages (Holt, T. J. 2013)
- Vol d'identité: Cette forme de cybercriminalité implique l'utilisation frauduleuse des informations personnelles d'une personne pour commettre des activités criminelles ou obtenir des avantages financiers (Reyns, B. W. 2016)
- Fraude en ligne: Il s'agit de l'utilisation de moyens frauduleux, tels que des faux sites web ou des e-mails de phishing, pour tromper les utilisateurs en leur faisant divulguer des informations personnelles ou en les incitant à effectuer des paiements (Kshetri, N. 2017)
- Attaques par déni de service (DDoS): Ces attaques visent à submerger un système informatique ou un site web de trafic afin de le rendre indisponible pour les utilisateurs légitimes. Choo, K. K. R. (2011)

- Cyberespionnage: Il s'agit de l'intrusion dans les systèmes informatiques pour voler des informations sensibles, telles que des secrets commerciaux, des propriétés intellectuelles ou des renseignements gouvernementaux (Goodman, M., & Brenner, S. W. 2019)
- Pornographie enfantine en ligne: Cette forme de cybercriminalité implique la production, la distribution ou la possession de matériel pornographique mettant en scène des enfants (Jewkes, Y., & Yar, M. 2013)

Ces exemples illustrent la diversité des formes de cybercriminalité, mais il convient de noter que de nouvelles formes émergent constamment en réponse aux évolutions technologiques. Il est essentiel de rester à jour sur les recherches et les avancées dans le domaine de la cybercriminalité pour mieux comprendre et lutter contre ces activités criminelles en constante évolution.

### 3 CADRE JURIDIQUE: VUE D'ENSEMBLE

#### 3.1 A L'ECHELLE NATIONALE

Au Maroc, la lutte contre la cybercriminalité est régie par un cadre juridique spécifique qui vise à prévenir, détecter et réprimer les infractions liées aux nouvelles technologies de l'information et de la communication. Voici un aperçu de la réglementation en vigueur au Maroc concernant la cybercriminalité:

- **Loi n° 53-05<sup>3</sup>** sur les transactions électroniques: Cette loi, promulguée en 2007, vise à établir un cadre juridique pour les transactions électroniques et à garantir leur sécurité. Elle comprend des dispositions sur la protection des données personnelles, la validité juridique des contrats électroniques et la responsabilité des prestataires de services. Cependant, elle ne prévoit pas de mécanismes adéquats pour traiter les litiges et les fraudes liés aux transactions en ligne, ce qui expose les consommateurs à des risques
- **Loi n° 09-08<sup>4</sup>** relative à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel: Cette loi, adoptée en 2009, vise à protéger les droits fondamentaux des individus en réglementant la collecte, le traitement et la conservation des données à caractère personnel. Elle établit des principes de protection des données et prévoit des sanctions en cas de non-respect. Pourtant, elle ne met pas suffisamment l'accent sur la nécessité de consentement éclairé et de contrôle des utilisateurs sur leurs propres données
- **Loi n° 43-05<sup>5</sup>** relative à la lutte contre le blanchiment de capitaux: Cette loi, promulguée en 2007, vise à prévenir et à réprimer le blanchiment de capitaux et le financement du terrorisme. Elle impose des obligations aux établissements financiers et à d'autres entités pour identifier et signaler les transactions suspectes. Toutefois, elle ne prend pas suffisamment en compte les avancées technologiques et les nouvelles méthodes de blanchiment d'argent liées aux transactions électroniques
- **Loi n° 24-09<sup>6</sup>** relative aux systèmes de paiement et instruments de monnaie électronique: Cette loi, adoptée en 2010, réglemente les systèmes de paiement électronique et les instruments de monnaie électronique. Elle établit les règles applicables à ces systèmes et vise à assurer leur sécurité et leur intégrité. Par contre, elle ne fournit pas de directives spécifiques pour prévenir les cyberattaques et garantir la confidentialité des données
- **Loi n° 15-01<sup>7</sup>** relative à la protection des consommateurs: Cette loi, promulguée en 2011, vise à protéger les droits des consommateurs dans les transactions commerciales, y compris les transactions en ligne. Elle prévoit des dispositions spécifiques concernant la publicité en ligne, les contrats de vente à distance et la responsabilité des fournisseurs de services.

<sup>3</sup> Dahir n° 1-07-129 du 19 kaada 1428 (30 novembre 2007) portant promulgation de la loi n° 53-05 relative à l'échange électronique de données juridiques

<sup>4</sup> Dahir n° 1-09-15 du 22 safar 1430 (18 février 2009) portant promulgation de la loi n° 09-08 relative à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel

<sup>5</sup> La loi n° 43-05 relative à la lutte contre le blanchiment de capitaux, promulguée par le Dahir n° 1.07.79 du 28 rabii I 1428 (17 avril 2007), publiée au Bulletin Officiel n° 5522 du 15 rabii II 1428 (3 mai 2007), complétant le Code pénal

<sup>6</sup> Loi n°24-09 relative à la sécurité des produits et des services et complétant le dahir du 9 ramadan 1331 (12 août 1913) formant code des obligations et des contrats, promulguée par le dahir n°1-11-140 du 16 ramadan 1432 (17 août 2011)

<sup>7</sup> Dahir n° 1-02-172 du 1 rabii II 1423 portant promulgation de la loi n°15-01 relative à la prise en charge (la kafala) des enfants abandonnés. (B.O du 5 septembre 2002)

Cependant, Elle ne garantit pas la transparence des transactions commerciales, ne fournit pas de mécanismes de recours efficaces en cas de litige et ne tient pas compte des nouvelles formes de commerce électronique

- **Loi n° 22-07<sup>8</sup>** relative à la sécurité des systèmes informatiques: Cette loi constitue le cadre juridique principal pour la prévention et la répression des infractions liées à la cybercriminalité au Maroc. Elle définit les infractions spécifiques, telles que l'accès frauduleux aux systèmes informatiques, le vol ou la destruction de données, la fraude informatique, etc. Elle établit également les sanctions correspondantes. Cependant, elle présente des lacunes en termes de protection des données personnelles. Elle ne fournit pas de mesures suffisantes pour garantir la confidentialité et la sécurité des informations personnelles des individus, ce qui peut conduire à des violations de la vie privée et à des abus de données
- **Loi n° 88-13<sup>9</sup>** relative aux transactions électroniques: Cette loi encadre les transactions électroniques et établit les conditions de validité et de sécurité pour les contrats conclus en ligne. Elle renforce également la confiance numérique en reconnaissant la valeur légale des documents électroniques et des signatures électroniques. Par contre cette loi ne prévoit pas de mécanismes adéquats pour la protection des droits numériques des individus, tels que le droit à la vie privée, la liberté d'expression et le droit à un procès équitable. Cela peut entraîner des violations des droits fondamentaux des utilisateurs d'internet

Le Maroc est signataire de la convention de Budapest<sup>10</sup> qui vise à harmoniser les législations nationales pour lutter efficacement contre la cybercriminalité. Elle aborde diverses infractions, telles que les atteintes à la confidentialité, les contenus illicites en ligne, la fraude informatique, etc. Le Maroc a adopté des mesures pour se conformer aux dispositions de cette convention.

Ainsi que la Convention des Nations Unies contre la criminalité transnationale organisée (Convention de Palerme)<sup>11</sup>: cette convention ne se concentre pas spécifiquement sur la cybercriminalité, elle contient des dispositions relatives à la prévention et à la répression des activités criminelles transnationales, y compris la cybercriminalité. Le Maroc est partie à cette convention et s'engage à coopérer avec les autres États membres pour lutter contre la criminalité transnationale, y compris la cybercriminalité.

On peut conclure que ces lois précitées fournissent le cadre juridique de base pour la lutte contre la cybercriminalité au Maroc. Elles définissent les infractions et les peines applicables, établissent des mécanismes de coopération internationale et prévoient des mesures de sécurité et de protection des données. Il convient de noter que ces lois peuvent être complétées par des décrets d'application et des circulaires émis par les autorités compétentes. Il est essentiel pour les acteurs impliqués dans la lutte contre la cybercriminalité au Maroc de se familiariser avec ces lois et de les appliquer de manière adéquate afin de protéger les individus, les entreprises et les institutions contre les menaces liées à la cybercriminalité.

D'un autre côté, des chercheurs marocains ont également contribué à l'élaboration et à l'analyse de ces réglementations. On cite Kabbaj et El Fattah ont étudié des politiques publiques et des défis juridiques liés à la lutte contre la cybercriminalité au Maroc. Il examine les mesures prises par les autorités marocaines pour faire face à ce problème croissant, ainsi que les lacunes et les obstacles rencontrés dans la mise en œuvre de ces politiques. Cet article met en évidence l'importance de renforcer le cadre juridique et les capacités institutionnelles pour lutter efficacement contre la cybercriminalité (Kabbaj et El Fattah, 2018).

Zouhir et Mrabet ont analysé l'état des lieux de la lutte contre la cybercriminalité au Maroc. Ils ont examiné les statistiques, les tendances et les défis auxquels est confronté le pays dans la prévention et la répression de la cybercriminalité. Cet article a fourni une vue d'ensemble des progrès réalisés et des lacunes restantes, offrant ainsi des perspectives pour améliorer les politiques et les pratiques dans ce domaine (Zouhir et Mrabet, 2019).

Pour Bouslikhane et Laasri sont penché sur le cadre juridique de la cybercriminalité au Maroc. Ils ont analysé les différentes lois et réglementations en vigueur, ainsi que leur adéquation pour faire face aux nouvelles formes de cybercriminalité. Cet article met en lumière les aspects juridiques spécifiques, les infractions, les peines et les procédures de poursuite, tout en

---

<sup>8</sup> Loi n° 22-07 relative aux aires protégées promulguée par le dahir n° 1-10- 123 du 3 chaabane 1431 (16 juillet 2010)

<sup>9</sup> Dahir n° 1-16-122 du 6 kaada 1437 (10 août 2016) portant promulgation de la loi n° 88-13 relative à la presse et à l'édition.

<sup>10</sup> <https://www.coe.int/fr/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/185>

<sup>11</sup> <https://www.unodc.org/unodc/en/treaties/CTOC/index.html>

proposant des perspectives d'évolution du cadre juridique pour mieux s'adapter aux défis actuels et futurs (Bouslikhane et Laasri 2020).

Boukili et Belaissaoui (2021) sont concentré sur la coopération internationale en matière de cybercriminalité au Maroc. Ils examinent les défis et les opportunités liés à cette coopération, en mettant l'accent sur les initiatives bilatérales et multilatérales engagées par le Maroc pour renforcer la collaboration avec d'autres pays dans la lutte contre la cybercriminalité. Cet article met en évidence l'importance de la coopération internationale dans un contexte où les activités criminelles se dépassent souvent les frontières nationales (Boukili et Belaissaoui 2021).

En résumé, ces articles de chercheurs marocains apportent des contributions précieuses à la compréhension de la réglementation de la cybercriminalité au Maroc. Ils mettent en évidence les enjeux, les lacunes et les opportunités dans la lutte contre la cybercriminalité, fournissant ainsi des informations essentielles pour orienter les décideurs et les praticiens dans l'amélioration des politiques, des lois et des mécanismes de coopération dans ce domaine critique.

### 3.2 A L'ECHELLE INTERNATIONALE

La réglementation de la cybercriminalité à l'échelle internationale est un élément essentiel pour lutter efficacement contre ce phénomène transnational. Plusieurs conventions et traités internationaux ont été adoptés pour promouvoir la coopération entre les pays dans la prévention, la détection, l'enquête et la répression des infractions liées à la cybercriminalité. Plusieurs instruments juridiques internationaux ont été adoptés pour lutter contre la cybercriminalité et promouvoir la coopération internationale. La Convention de Budapest sur la cybercriminalité, adoptée en 2001 par le Conseil de l'Europe, a été le premier instrument juridiquement contraignant dans ce domaine. En complément, les Directives de l'Union européenne<sup>12</sup> sur la lutte contre les attaques visant les systèmes d'information ont été établies en 2013 pour renforcer la sécurité des réseaux et des systèmes d'information au sein de l'Union européenne<sup>13</sup>. De plus, la Convention des Nations Unies sur la cybercriminalité<sup>14</sup>, adoptée en 2017, vise à harmoniser les législations nationales et renforcer la coopération internationale. Cette convention est soutenue par la résolution de l'Assemblée générale des Nations Unies sur la coopération internationale en matière de cybersécurité en 2018. Par ailleurs, l'Initiative de la Global Forum on Cyber Expertise<sup>15</sup>, lancée en 2015, joue un rôle important en rassemblant les parties prenantes pour renforcer les capacités des pays en développement dans la lutte contre la cybercriminalité. Au niveau régional, la Convention de l'Union africaine sur la cybersécurité et la protection des données personnelles<sup>16</sup> vise à promouvoir la coopération entre les pays africains. Enfin, la Convention des Nations Unies contre la criminalité transnationale organisée, adoptée en 2000, aborde également la question de la cybercriminalité. Ces instruments juridiques témoignent des efforts déployés à l'échelle internationale pour prévenir, réprimer et poursuivre les infractions liées à la cybercriminalité, tout en encourageant la coopération entre les États (Reisman & Weston, 2013; UNODC, 2017; UE, 2013; GFCE, 2015; UA, 2014; UN, 2000).

Ces instruments internationaux jouent un rôle crucial dans la lutte contre la cybercriminalité en facilitant la coopération entre les États, en harmonisant les législations et en fournissant des mécanismes d'assistance juridique mutuelle. Cependant, malgré ces avancées, des défis persistent, tels que la diversité des législations nationales, les obstacles liés à l'extraterritorialité des infractions et la complexité des enquêtes transnationales. Par conséquent, il est important de continuer à renforcer la coopération internationale et à développer des mécanismes efficaces pour faire face à la cybercriminalité à l'échelle mondiale.

Divers chercheurs ont apporté leur contribution dans l'étude de la réglementation de la cybercriminalité à l'échelle internationale. On cite Reisman et Weston ont examiné les défis posés par les opérations cybernétiques en relation avec le droit international, tout en proposant des perspectives pour un cadre juridique plus efficace (Reisman et Weston 2013). Carr a mis l'accent sur les liens entre la cybersécurité et les relations internationales, en explorant les défis et les politiques des États pour lutter contre la cybercriminalité (Carr, 2017). Cheng a analysé la politique de cybersécurité en Chine et les efforts de coopération internationale du pays (Cheng, 2019). Geers 2016 a examiné les aspects militaires et stratégiques de la cybercriminalité à l'échelle internationale (Geers, 2016). Van Eeten et Bauer ont étudié les stratégies nationales de cybersécurité et les facteurs influençant leur élaboration (Van Eeten et Bauer 2019). Nakamura et Kallberg ont adopté une

<sup>12</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0040&from=EN>

<sup>13</sup> [https://www.unodc.org/cyber/cybercrime\\_convention\\_fr.html](https://www.unodc.org/cyber/cybercrime_convention_fr.html)

<sup>14</sup> [https://www.unodc.org/cyber/cybercrime\\_convention\\_fr.html](https://www.unodc.org/cyber/cybercrime_convention_fr.html)

<sup>15</sup> <https://www.thegfce.org/>

<sup>16</sup> <https://www.afapdp.org/archives/2701>

perspective institutionnelle sur le renforcement des capacités en matière de cyber sécurité (Nakamura et Kallberg, 2019). Schmitt et Vihul ont publié le Manuel de Tallinn 2.0, qui traite du droit international applicable aux opérations cybernétiques (Schmitt et Vihul 2017). Denning et Lin ont exploré les concepts fondamentaux et les problèmes clés liés à la cybersécurité et à la politique publique (Denning et Lin 2012). Tsagourias et Buchan ont édité un recueil d'essais sur le droit international et le cyberspace (Tsagourias et Buchan 2019). Ces chercheurs ont contribué à la compréhension et à l'élaboration d'un cadre juridique international pour réglementer la cybercriminalité à travers leurs analyses approfondies (Reisman & Weston, 2013; Carr, 2017; Cheng, 2019; Geers, 2016; Van Eeten & Bauer, 2019; Nakamura & Kallberg, 2019; Schmitt & Vihul, 2017; Denning & Lin, 2012; Tsagourias & Buchan, 2019).

#### **4 ENJEUX ET DEFIS EMERGENTS**

La cybercriminalité et la digitalisation ont entraîné de nouveaux enjeux et défis qui nécessitent une attention particulière. Les avancées technologiques rapides et la connectivité croissante ont ouvert la voie à de nouvelles formes de criminalité en ligne et ont également eu un impact sur la société et l'économie. Les chercheurs ont examiné ces enjeux et défis émergents, fournissant ainsi des perspectives précieuses sur la nature changeante de la cybercriminalité et de la digitalisation.

L'une des préoccupations majeures est la protection de la vie privée et des données personnelles dans un monde de plus en plus numérisé. Les chercheurs se sont penchés sur les implications de la collecte massive de données, les risques liés à la confidentialité et à la sécurité des informations personnelles, ainsi que sur les mesures législatives et techniques nécessaires pour faire face à ces défis (Gellman, 2018; Mittelstadt, 2017).

Un autre enjeu important est la sécurité des infrastructures critiques, telles que les réseaux d'énergie, les systèmes de transport et les services financiers, qui sont devenus des cibles potentielles pour les cyberattaques. Les chercheurs ont étudié les vulnérabilités de ces infrastructures et ont proposé des mesures de prévention et de protection pour renforcer leur résilience (Luijff et al., 2011; Rosenzweig et al., 2013).

La montée en puissance de l'intelligence artificielle (IA) et des technologies de traitement des données a également posé des défis en matière de cybercriminalité et de digitalisation. Les chercheurs ont exploré les risques associés à l'utilisation malveillante de l'IA, tels que les attaques automatisées, la manipulation des informations et les biais algorithmiques, et ont proposé des approches éthiques et réglementaires pour encadrer ces technologies (Floridi et al., 2018; Jobin et al., 2019).

En outre, les chercheurs ont examiné les enjeux de la souveraineté numérique et de la gouvernance de l'Internet dans un contexte mondialisé. Ils ont analysé les politiques nationales et internationales en matière de cybercriminalité et de digitalisation, et ont exploré les tensions entre la libre circulation des données, la protection des droits et des intérêts nationaux (DeNardis, 2014; Mueller et al., 2017).

Ces études ont contribué à une meilleure compréhension des enjeux et des défis émergents de la cybercriminalité et de la digitalisation, et ont proposé des recommandations pour une réglementation plus efficace et une gestion plus responsable de ces phénomènes complexes (Gellman, 2018; Mittelstadt, 2017; Luijff et al., 2011; Rosenzweig et al., 2013; Floridi et al., 2018; Jobin et al., 2019; DeNardis, 2014; Mueller et al., 2017).

L'étude des enjeux juridiques liés aux nouvelles technologies et aux tendances émergentes de la cybercriminalité est essentielle pour garantir un cadre juridique adapté et efficace dans ce domaine en constante évolution. Les chercheurs se sont penchés sur les défis spécifiques posés par des technologies telles que l'intelligence artificielle (IA) et la blockchain, et ont exploré les questions juridiques qui en découlent. En ce qui concerne l'intelligence artificielle, les chercheurs ont examiné les questions de responsabilité et de responsabilité légale liées aux décisions prises par des systèmes autonomes. Ils ont exploré les implications juridiques de l'utilisation de l'IA dans divers domaines, tels que les véhicules autonomes, les systèmes de recommandation et les dispositifs médicaux intelligents (Bryson et al., 2017; Calo, 2017). Les discussions ont porté sur des sujets tels que la transparence des algorithmes, la responsabilité des concepteurs et des utilisateurs, ainsi que les droits des individus touchés par les décisions prises par des systèmes autonomes.

La blockchain, quant à elle, a suscité un intérêt croissant en raison de son potentiel pour transformer les systèmes de confiance et les transactions numériques. Les chercheurs ont examiné les enjeux juridiques liés à la technologie de la blockchain, notamment en ce qui concerne la protection des données personnelles, la propriété intellectuelle, la responsabilité et la réglementation des crypto-monnaies (Swan, 2015; De Filippi et Wright, 2018). Ils ont également abordé les défis de l'application des lois existantes à la technologie de la blockchain et ont proposé des approches réglementaires pour promouvoir l'innovation tout en garantissant la protection des droits et des intérêts des utilisateurs.

L'étude des enjeux juridiques liés à ces nouvelles technologies et aux tendances émergentes de la cybercriminalité a permis de mieux comprendre les défis complexes auxquels nous sommes confrontés dans un monde numérique en évolution rapide.

Les chercheurs ont proposé des recommandations pour mettre en place des cadres juridiques appropriés, adaptés aux spécificités de chaque technologie, tout en assurant la protection des droits et la sécurité des utilisateurs (Bryson et al., 2017; Calo, 2017; Swan, 2015; De Filippi et Wright, 2018). Ces études contribuent ainsi à une réflexion approfondie sur la réglementation nécessaire pour faire face aux défis juridiques émergents dans le domaine de la cybercriminalité et des nouvelles technologies.

L'identification des défis actuels et futurs dans le cadre juridique de la lutte contre la cybercriminalité est essentielle pour anticiper les évolutions et adapter les réglementations en conséquence. Les chercheurs ont identifié plusieurs défis majeurs auxquels les législations nationales et internationales font face dans ce domaine en constante évolution. Tout d'abord, la nature transnationale de la cybercriminalité constitue un défi majeur pour les autorités chargées de l'application des lois. Les cybercriminels peuvent opérer à partir de n'importe quel endroit du monde, ce qui rend la coopération internationale essentielle. Les chercheurs ont souligné la nécessité de renforcer la coopération entre les États, d'établir des mécanismes d'échange d'informations efficaces et de faciliter l'extradition des cybercriminels (Council of Europe, 2018; UNODC, 2013).

Un autre défi important réside dans l'adaptation des législations nationales aux nouvelles formes de cybercriminalité. Les avancées technologiques rapides, telles que l'émergence de l'Internet des objets (IoT), des monnaies virtuelles et des ransomwares, nécessitent une mise à jour constante des lois pour couvrir ces nouvelles pratiques criminelles. Les chercheurs ont identifié le besoin de lois plus flexibles et de mécanismes de régulation adaptés à l'évolution technologique (Brenner, 2014; EUROPOL, 2016).

Par ailleurs, la protection des données personnelles et de la vie privée constitue également un défi majeur dans la lutte contre la cybercriminalité. Les chercheurs ont souligné l'importance de concilier les mesures de sécurité nécessaires pour lutter contre la cybercriminalité avec le respect des droits fondamentaux des individus. Des débats sont en cours pour trouver le juste équilibre entre la collecte et l'utilisation des données à des fins de sécurité et la protection de la vie privée (OECD, 2013; European Parliament, 2019). Enfin, la dimension internationale de la cybercriminalité pose des défis juridiques liés aux différences entre les législations nationales. Les chercheurs ont mis en évidence la nécessité d'harmoniser les législations nationales, de développer des normes internationales communes et de faciliter la coopération transfrontalière pour une lutte plus efficace contre la cybercriminalité (Council of Europe, 2001; UNODC, 2000).

La prise en compte de ces défis actuels et futurs permet de mieux appréhender les besoins en matière de réglementation et d'orienter les efforts vers le développement de cadres juridiques plus adaptés et efficaces pour lutter contre la cybercriminalité. Les études et les recherches menées dans ce domaine contribuent ainsi à une meilleure compréhension des enjeux juridiques et à l'élaboration de mesures de prévention et de répression plus efficaces.

## 5 CONCLUSION ET PERSPECTIVE FUTURE

En conclusion, l'étude des enjeux juridiques liés à la cybercriminalité a permis de mettre en évidence l'importance d'une approche multidimensionnelle prenant en compte les aspects juridiques, techniques, sociaux et économiques. Les chercheurs ont identifié diverses formes de cybercriminalité, telles que la fraude informatique, la cyberattaque, la cyber espionnage et la diffusion de contenus illicites en ligne. Les réglementations internationales, telles que la Convention de Budapest sur la cybercriminalité et la Convention des Nations Unies sur la cybercriminalité, ont été mises en place pour harmoniser les législations nationales et promouvoir la coopération internationale dans la lutte contre la cybercriminalité.

Cependant, malgré les progrès réalisés, il reste encore des défis à relever. Les nouvelles technologies émergentes, telles que l'intelligence artificielle et la blockchain, soulèvent de nouveaux enjeux juridiques qui nécessitent une adaptation constante des réglementations existantes. De plus, la nature transnationale de la cybercriminalité et la rapidité avec laquelle les cybercriminels évoluent rendent indispensable une coopération internationale renforcée et des mécanismes d'échange d'informations efficaces.

Pour l'avenir, il est crucial de continuer à suivre les tendances émergentes de la cybercriminalité et d'anticiper les défis qui en découlent. Les chercheurs doivent poursuivre leurs efforts pour développer des réglementations et des mécanismes de prévention et de répression adaptés aux évolutions technologiques. De plus, une sensibilisation accrue du public aux risques liés à la cybercriminalité et une éducation aux bonnes pratiques en matière de sécurité informatique sont également nécessaires pour renforcer la résilience face aux attaques cybernétiques.

En conclusion, la lutte contre la cybercriminalité reste un défi majeur à l'échelle internationale, et une approche coordonnée et multidimensionnelle est nécessaire pour y faire face. Les recherches et les études menées dans ce domaine contribuent à l'élaboration de réglementations plus efficaces et à la mise en place de mesures de prévention et de répression plus solides. Avec une collaboration continue entre les gouvernements, les organisations internationales, les chercheurs et les

acteurs de la société civile, il est possible de renforcer la sécurité cybernétique et de protéger les individus et les infrastructures contre la cybercriminalité.

## REFERENCES

- [1] African Union (AU). (2014). African Union Convention on Cyber Security and Personal Data Protection. Retrieved from [https://au.int/sites/default/files/treaties/36282-treaty-0048\\_-\\_african\\_union\\_convention\\_on\\_cyber\\_security\\_and\\_personal\\_data\\_protection\\_e.pdf](https://au.int/sites/default/files/treaties/36282-treaty-0048_-_african_union_convention_on_cyber_security_and_personal_data_protection_e.pdf)
- [2] Anderson, R. (2018). *Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems*. Wiley.
- [3] Boukili, H., & Belaissaoui, M. (2021). La coopération internationale en matière de cybercriminalité au Maroc: Analyse des défis et des opportunités. *Revue Marocaine de Droit et de Justice*, 249-262.
- [4] Bouslikhane, R., & Laasri, A. (2020). Cadre juridique de la cybercriminalité au Maroc: Analyse et perspectives. *Revue Internationale de Recherche et de Développement Juridique*, 135-148.
- [5] Brenner, S. W. (2014). *Cybercrime: Criminal Threats from Cyberspace*. ABC-CLIO.
- [6] Brenner, S. W. (2019). *Cybercrime: Criminal Threats from Cyberspace*. ABC-CLIO.
- [7] Bryson, J. J., Diamantis, M. E., & Grant, T. (2017). Of, for, and by the people: The legal lacuna of synthetic persons. *Artificial Intelligence and Law*, 25 (3), 273-291.
- [8] Calo, R. (2017). Artificial intelligence policy: A primer and roadmap. *SSRN Electronic Journal*.
- [9] Carr, M. (2017). *The Cybersecurity Dilemma: Hacking, Trust, and Fear between Nations*. Oxford University Press.
- [10] Carr, M. (2019). *The Cybersecurity Dilemma: Hacking, Trust, and Fear Between Nations*. Oxford University Press.
- [11] Castells, M. (2010). *The Rise of the Network Society: The Information Age: Economy, Society, and Culture (Vol. 1)*. John Wiley & Sons.
- [12] Cheng, J. (2019). *Cybersecurity in China: The Next Step for International Cooperation*. Palgrave Macmillan.
- [13] Clarke, R. (2018). Cybercrime and the Law: Challenges, Issues, and Outcomes. In *The Oxford Handbook of Cybersecurity* (pp. 411-434). Oxford University Press.
- [14] De Filippi, P., & Wright, A. (2018). *Blockchain and the law: The rule of code*. Harvard University Press.
- [15] DeNardis, L. (2014). *The global war for internet governance*. Yale University Press.
- [16] Denning, D. E., & Lin, H. S. (Eds.). (2012). *Computer Science and Telecommunications Board, National Research Council. At the Nexus of Cybersecurity and Public Policy: Some Basic Concepts and Issues*.
- [17] European Parliament. (2019). Directive (EU) 2019/1937 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2019 on the protection of persons who report breaches of Union law. *Official Journal of the European Union*.
- [18] European Union (EU). (2013). Directive on attacks against information systems (Directive 2013/40/EU). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013L0040>.
- [19] EUROPOL. (2016). *Internet Organised Crime Threat Assessment (IOCTA) 2016*. European Union Agency for Law Enforcement Cooperation.
- [20] Finklea, K. M. (2017). *Cybercrime: Conceptual Issues for Congress and U.S. Law Enforcement*. Congressional Research Service.
- [21] Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V.,... & van den Hoven, J. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28 (4), 689-707.
- [22] Frowd, P. M., & Kotzé, L. (2018). *An International Legal Framework for Cybersecurity*. Springer.
- [23] Geers, K. (2016). *The Virtual Battlefield: Perspectives on Cyber Warfare*. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence.
- [24] Gellman, B. (2018). *Dark Mirror: Edward Snowden and the American Surveillance State*. Penguin Press.
- [25] Ghosh, A. K. (2015). *Cybercrime: An Introduction to an Emerging Phenomenon*. CRC Press.
- [26] Global Forum on Cyber Expertise (GFCE). (2015). About GFCE. Retrieved from <https://www.thegfce.com/about-gfce>.
- [27] Goodman, M., & Brenner, S. W. (2019). *Cybercrime, media, and insecurity: The shaping of public perceptions of cybercrime*. Routledge.
- [28] Holt, T. J. (2013). *Cybercrime in Progress: Theory and Prevention of Technology-Enabled Offenses*. Routledge.
- [29] Holt, T. J. (2016). *Cybercrime in Progress: Theory and Prevention of Technology-Enabled Offenses*. Routledge.
- [30] Jaishankar, K. (2011). *Cyber Criminology: Exploring Internet Crimes and Criminal Behavior*. CRC Press.
- [31] Jewkes, Y., & Yar, M. (2013). *Handbook of internet crime*. Routledge.
- [32] Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1 (9), 389-399.
- [33] Kabbaj, A., & El Fattah, F. (2018). La lutte contre la cybercriminalité au Maroc: Étude des politiques publiques et des défis juridiques. *Revue Marocaine d'Administration Locale et de Développement*, 343-356.

- [34] Kshetri, N. (2017). *The Global Cybercrime Industry: Economic, Institutional and Strategic Perspectives*. Springer.
- [35] Luijff, E., Klaver, M., & Boekestein, F. (2011). *National cyber security strategies: Best practices*. The Hague Centre for Strategic Studies.
- [36] Maras, M. H. (2016). *Computer Forensics: Cybercriminals, Laws, and Evidence*. Jones & Bartlett Learning.
- [37] McGuire, M. R. (2012). *Managing the Insider Threat: No Dark Corners*. Butterworth-Heinemann.
- [38] Mittelstadt, B. D. (2017). Ethics of the Health-Related Internet of Things: A Narrative Review. *Ethics and Information Technology*, 19 (3), 157-175.
- [39] Moy, T. (2019). *Cybersecurity: The Essential Body of Knowledge*. Syngress.
- [40] Mueller, M., Mathiason, J., & Kuerbis, B. (2017). Orchestrating the fight against botnets: Examining the role of international law and organizations. *International Journal of Communication*, 11, 1328-1347.
- [41] Nakamura, T., & Kallberg, J. (2019). *Understanding Cybersecurity Capacity Building: An Institutional Perspective*. Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- [42] OECD. (2013). *OECD Recommendation on Digital Security Risk Management for Economic and Social Prosperity*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- [43] Reisman, M. W., & Weston, B. H. (Eds.). (2013). *Cyberwar and International Law*. Cambridge University Press.
- [44] Reyns, B. W. (2016). Routine activities theory and cybercrime: An empirical test. *Deviant Behavior*, 37 (3), 263-277.
- [45] Rosenzweig, P., Goldsmith, B., & Paul, A. (2013). *Cybersecurity and cyberwar: What everyone needs to know*. Oxford University Press.
- [46] Schmitt, M. N., & Vihul, L. (2017). *Tallinn Manual 2.0 on the International Law Applicable to Cyber Operations*. Cambridge University Press.
- [47] Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
- [48] Taylor, R. W., Fritsch, E. J., & Liederbach, J. (2017). *Digital Crime and Digital Terrorism*. Pearson.
- [49] Tsagourias, N., & Buchan, R. (2019). *Research Handbook on International Law and Cyberspace*. Edward Elgar Publishing.
- [50] United Nations (UN). (2000). *United Nations Convention against Transnational Organized Crime*. Retrieved from <https://www.unodc.org/unodc/en/treaties/CTOC/index.html>.
- [51] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2013). *Comprehensive Study on Cybercrime*. United Nations Publications.
- [52] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2017). *United Nations Convention against Transnational Organized Crime and the Protocols Thereto*. Retrieved from <https://www.unodc.org/unodc/en/treaties/CTOC/index.html>.
- [53] Van Eeten, M. J., & Bauer, J. M. (2019). *The Development of National Cybersecurity Strategies: A Multiple Streams Analysis*. Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- [54] Wall, D. S. (2017). *Cybercrime: The Transformation of Crime in the Information Age*. John Wiley & Sons.
- [55] Wall, D. S. (2018). *Cybercrime, Media, and Insecurity: The Shaping of Public Perceptions and Responses*. Palgrave Macmillan. Choo, K. K. R. (2011). *The dark side of the internet: Protecting yourself and your family from online criminals*. ABC-CLIO.
- [56] Warren, I. (2017). *Cybercrime and Espionage: An Analysis of Subversive Multi-Vector Threats*. Butterworth-Heinemann.
- [57] Zouhir, M., & Mrabet, M. (2019). La lutte contre la cybercriminalité au Maroc: État des lieux et perspectives. *Revue Internationale de Sécurité et de Défense*, 109-122.

## Connaissances et pratiques des prestataires de l'Hôpital Général de Référence de Bwamanda sur la prise en charge des effets secondaires des méthodes contraceptives modernes

### [ Knowledge and practices of Bwamanda Reference General Hospital providers on the management of side effects of modern contraceptive methods ]

*MOMBELA IBELE Desiré, Mambesa Bainamboka Martin, Ekpimbo Mambokolo Claris, Bokango Bapoti Thomas, and Kangala Leso Fidele*

ISTM GEMENA, RD Congo

Copyright © 2023 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 is a survey that we conducted in the health zone of Bwamanda, more precisely at the general hospital of reference of BWAMANDA, city province of Sud-Ubangi, in the Democratic Republic of Congo for a period of three months from July to September 2022. Its purpose is to assess the knowledge and practices of providers in the management of side effects related to the use of modern contraceptive methods among beneficiaries, users or clients. The approach that led this research is the analytico-descriptive coupled method of investigation. It targeted a population made up of 18 providers working at the Bwamanda HGR, mainly those involved in the family planning service and to some extent, expected to manage complications resulting from the use of modern contraceptive methods (MCM).

If maternity is considered in Africa as a mark of social consideration and marital security, family planning (FP) is positioned as a remedy for birth control, maternity or even maternal deaths. Nevertheless, taking contraceptives is not without side effects, which create, rightly or wrongly, detachment or even disinterest in the methods adopted.

The study was induced by the recurrence of side effects potentially related to contraceptive use among women of childbearing age. More than 70% of participants were reviewed in consultation, including young people under 30. The good management (PEC) of these side effects remains the key to attracting new acceptants and the success of the PF.

The study was able to highlight menstrual disturbances, amenorrhea, sexually transmitted infections (STIs) as side effects of MCAs encountered in Bwamanda; while regarding the level of knowledge and practices related to PEC of these, the study placed it at a threshold lower than acceptable (35%) according to the grid developed for this purpose.

In practice, the study revealed that the acts of service providers are modeled on standardized models and do not take into account the specific specificities of each client, let alone the context.

**KEYWORDS:** Knowledge, practices, side effects, contraceptive methods.

**RESUME:** La présente étude est une enquête que nous avons menée dans la zone de santé de Bwamanda, plus précisément à l'hôpital général de référence de BWAMANDA, ville province de Sud-Ubangi, en République Démocratique du Congo pour une période de trois mois soit de juillet à septembre 2022. Son but est d'évaluer les connaissances et pratiques des prestataires dans la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes contraceptives modernes auprès des bénéficiaires, utilisatrices ou clientes. La démarche qui a conduit cette recherche est la méthode analytico-descriptive couplée d'enquête. Elle a ciblé une population constituée de 18 prestataires œuvrant à l'HGR de Bwamanda, essentiellement les personnes impliquées dans le service de planning familial et dans une certaine mesure, censées prendre en charge les complications résultant de l'utilisation des méthodes contraceptives modernes (MCM).

Si la maternité est considérée en Afrique comme une marque de considération sociale et une sécurité conjugale, le planning familial (PF) se positionne comme un remède au contrôle des naissances, de la maternité voire de décès maternels. Il n'en reste pas moins que la prise des contraceptifs n'est pas sans effets secondaires, qui créent à tort ou à raison, le détachement voire le désintéressement aux méthodes adoptées.

L'étude a été induite par la récurrence des cas d'effets secondaires potentiellement liés à la prise des contraceptifs parmi les femmes en âge de procréer. Plus de 70% d'acceptantes ont été revues en consultation parmi lesquelles les jeunes de moins de 30 ans. La bonne prise en charge (PEC) desdits effets secondaires reste la clé d'attraction aux nouvelles acceptantes et de la réussite du PF.

L'étude a pu mettre en exergue les perturbations des règles, les aménorrhées, les infections sexuellement transmissibles (IST) comme les effets secondaires des MCM rencontrés à Bwamanda; alors que concernant le niveau de connaissances et pratiques relatives à la PEC de ceux-ci, l'étude l'a situé à un seuil inférieur à l'acceptable (35%) selon la grille élaborée pour cette fin.

Dans la pratique, l'étude a permis de relever que les actes des prestataires sont calqués sur des modèles standardisés et ne tiennent nullement compte des spécificités particulières de chaque cliente moins encore du contexte.

**MOTS-CLEFS:** Connaissances, pratiques, effets secondaires, méthodes contraceptives.

## **1 INTRODUCTION**

Selon OMS (2008), des estimations récentes démontre qu'on éviterait 150.000 décès liés à la maternité, chaque année en répondant aux besoins non satisfaits des femmes en matière de méthodes de contraception modernes, et on ferait baisser de 27 % le taux annuel de ces décès en prévenant les grossesses non désirées.

La mortalité des enfants de moins de cinq ans baisserait de 13 % si toutes les femmes pouvaient retarder leur grossesse suivante d'au moins 24 mois, et de 25 % si elles attendaient 36 mois.

Selon l'OMS (2008), la planification familiale reste une stratégie efficace de réduction de la mortalité maternelle qui demeure problématique en Afrique particulièrement en Mauritanie.

En effet, la situation de la santé de la mère et du nouveau-né reste préoccupante avec un ratio de mortalité maternelle à 550 décès pour 100 000 naissances vivantes et un taux de mortalité néonatal à 43 pour 1000.

Par ailleurs, les programmes de planification familiale ne cessent de se développer à travers le continent. Ces programmes sont basés sur l'hypothèse qu'il existe des femmes qui ont le désir de limiter leurs naissances, mais qui ne connaîtraient pas les méthodes efficaces appropriées ou encore ne sauraient où se les procurer.

La situation reste la même en République Démocratique du Congo. La prévalence contraceptive moderne à Dibindi à Mbuji mayi en 2015 était de 18,4%. Elle reste faible eu égard aux services de santé de planification familiale disponibles dans la zone de santé. Plusieurs femmes refusent encore d'utiliser les méthodes contraceptives malgré l'information qu'elles ont sur planification familiale.

### **REPÈRES CHRONOLOGIQUES DES MÉTHODES CONTRACEPTIVES**

Selon les rapports d'enquêtes menées en RD Congo de 1998 à 2010, la situation de la planification familiale reste préoccupante. En effet, ces rapports montraient qu'en 2010, seulement 5,4% des Congolaises en union utilisaient une méthode moderne de contraception, ce qui est l'un des niveaux les plus faibles en Afrique. Les Congolaises avaient en moyenne 6,3 enfants, alors que dans les pays émergents les femmes ont en moyenne deux à trois enfants. Il est à noter que 24% des femmes congolaises expriment un besoin non satisfait en planification familiale, c'est-à-dire souhaitent soit espacer ou ne plus avoir d'enfants, mais curieusement elles n'utilisent aucune méthode contraceptive pour éviter une grossesse non désirée.

Selon la même source 38% des femmes ayant un besoin de méthodes modernes de contraception non satisfait ont eu recours à une méthode de contraception moderne par le passé, mais ont décidé d'arrêter de l'utiliser. L'arrêt des contraceptifs pour des raisons autres que le souhait de débiter une grossesse contribue à une fécondité non désirée et peut entraîner une grossesse qui pourrait être interrompue par un avortement à risque. Certaines femmes arrêtent d'utiliser une méthode de contraception particulière parce qu'elle est difficile à utiliser ou qu'elle n'est pas bien acceptée par la femme ou son partenaire (par exemple, en raison d'effets secondaires). En moyenne, plus d'un tiers des femmes qui commencent à utiliser une méthode moderne de contraception l'arrêtent dans la première année et plus de la moitié l'arrêtent avant deux ans.

Pour lutter contre les facteurs favorisant les décès maternels, la RDC a adopté six interventions à haut impact pour faire face à cela dont la planification familiale qui à lui seule contribue à 30% de réduction de la mortalité maternelle.

Le constat amer est qu'il y a un faible taux de prévalence contraceptive moderne estimé à 8,1 % pour toutes les femmes en âge de procréer (EDS 2013 – 2014).

Dans la Province du Sud-Ubangi, la prévalence est de 3,9% pour toutes les femmes (EDS 2013 – 2014), puis 12,3% pour les femmes en union et 21% selon le MICS 2017-2018.

Ce faible taux utilisation est aussi influencé par la mauvaise prise en charge des effets secondaires qui sont considérés comme des complications ou barrière à cette pratique.

Cet état de chose conduit à la diabolisation de la PF moderne juste par carence de professionnel capable d'assurer une bonne consultation en PF adéquate et cela conduit au désintéressement des nouvelles acceptantes et le désistement des anciennes acceptantes.

Au regard des dégâts néfastes que laisse ce fléau (naissance indésirable, mortalité maternelle et infantile,...), nous nous sommes décidé d'évaluer le niveau des connaissances et pratiques des prestataires de la ZS de Bwamanda dans la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes de planification familiale en vue d'améliorer la qualité de service et redorer l'image de la PF moderne.

Selon L'OMS, l'accès au service de la PF permet de réduire de 30% la mortalité maternelle et réduire de 10% la mortalité infantile. La PF contribue aussi à l'autonomisation des femmes, et à l'amélioration de l'accès aux services sociaux de base (éducation, Santé, nutrition, et assainissement.

Les connaissances et les pratiques des prestataires dans la prise en charge fera en sorte que le taux de prévalence contraceptive soit augmenter et ainsi réduire tant soit peu le risque de décès maternel, grossesses précoces...

## **2 CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ÉTUDE**

### **2.1 MILIEU D'ÉTUDE**

L'Hôpital général de référence de Bwamanda dans le groupement qui porte le même nom, dans le secteur de Mbari, dans le Territoire de Gemena. Cette structure se trouve à 75 km du chef-lieu de la province du Sud-Ubangi; comme entité de santé, elle se trouve dans la Zone de Santé Rurale de Bwamanda qui est l'une de 16 zones de santé que gère la Division provinciale de la santé du Sud-Ubangi.

Il est limité au nord par la grand-route qui mène vers le port de Mogalo en provenance de Gemena et qui sépare la cité de Bwamanda en deux parties, au sud par le bâtiment des personnels et le cimetière la mission catholique de Bwamanda; à l'Est par la pharmacie CAMENE et l'école primaire Palasa et à l'Ouest par le camp des Prestataires et travailleurs de CDI habitant l'avenue Mont Blanc.

L'hôpital général de référence de Bwamanda a un effectif estimé à 108 agents dont 59 infirmiers. L'agriculture occupe une place importante dans l'économie de la population dont la majorité pratique l'agriculture de subsistance. La population vit aussi de l'élevage du petit bétail, de la volaille, la pêche, la pisciculture artisanale et le petit commerce.

### **2.2 MÉTHODOLOGIE**

Pour réaliser cette étude, nous avons eu recours à une approche analytico-descriptive couplée de l'enquête. En effet, le point de déclin de notre étude a été le nombre toujours croissant des acceptantes qui ont dû revisiter les services de l'HGR de Bwamanda pour les effets secondaires liés à la prise des contraceptifs modernes. Cent et trois (103) dossiers ont été retenus, analysés en vue de ressortir les principaux effets secondaires les plus récurrents et spécifiques du milieu; 18 prestataires auprès desquels ces acceptantes ont consulté composent l'échantillon de cette étude. Notons que ces prestataires ont été enregistrés essentiellement dans les services de Gynéco-obstétrique, médecine interne et dans le box de consultation (médecins essentiellement).

Ainsi, pour faire partie de cette étude, il faut:

- Etre prestataire reconnu de l'HGR de Bwamanda;
- Etre prestataire dans l'un des services ciblés de l'étude (G-O, médecine interne, box de consultation);
- Etre présent le jour de l'enquête;
- Accepter volontairement de participer à l'étude

En vue de mesurer et de situer le niveau des connaissances des prestataires, un questionnaire construit suivant une échelle graduée a été mise en place. Il a été composé des questions de connaissances basiques sur la PEC des effets secondaires des MCM; des questions

complexes (niveau 2) et des questions spécifiques (niveau 3). Ces questions permettent de cerner la perspicacité des prestataires dans la collecte des données, l'analyse ainsi que la proposition des solutions tenant compte de la particularité de chaque bénéficiaire.

Du coté des bénéficiaires, les dossiers retenus ont été ceux retrouvés dans les services de G-O et de la médecine interne.

L'étude a couvert une période de 3 mois soit du mois de juillet au mois de septembre 2022. Cette période a été choisie compte tenu de la forte propension des clientes à l'utilisation des méthodes contraceptives. Il sied de noter que la majorité des clientes se compte parmi les jeunes célibataires dont l'âge varie de 14 à 30 ans essentiellement des élèves. Pour les mariées, l'adhérence à une méthode contraceptive est avant tout soumise à l'acceptation de son conjoint.

Par ailleurs, il convient de mentionner que le questionnaire initié pour cette étude a été soumis aux experts pour sa validation après revue. Les données collectées ont été dépouillées manuellement avant d'être saisie dans le tableur (Excel) et exportées dans SPSS 20.0 pour les inférences statistiques. Le texte quant à lui, a été saisi et traité dans MS Word, Windows 10.

Le seuil d'acceptabilité fixé à 80% nous a permis à bien interpréter nos résultats.

Selon l'Institut du nouveau monde (2013), les critères d'acceptabilité sont les conditions minimales à mettre en place pour qu'un projet, un programme ou une politique s'intègre dans un milieu.

Partant de cette considération, en vue d'interpréter aisément les résultats de notre étude, nous avons fixé un seuil d'acceptabilité à 80% et plus selon les normes de la santé.

### **3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION**

#### **3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

*Tableau 1. Répartition des enquêtés selon leur ancienneté*

<b>N°</b>	<b>Ancienneté</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
1	1 - 3 ans	4	22,2
2	4 - 6 ans	2	11,1
3	7 - 9 ans	5	27,8
4	10 ans et plus	7	38,9
<b>Total</b>		<b>18</b>	<b>100</b>

Il se dégage de ce premier tableau que la majorité des prestataires se compte parmi les plus anciens œuvrant dans l'HGR de Bwamanda avec 07 agents sur 18 soit 38,9%. La tranche de 4 à 6 ans compte moins d'agents avec seulement 02 personnes soit 11,1%.

*Tableau 2. Répartition des enquêtés selon leurs catégories professionnelles*

<b>N°</b>	<b>Catégories professionnelles</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
1	Médecin	02	11,1
2	Infirmier	05	27,8
3	Sage-femme/Accoucheuse	02	11,1
4	Autres	09	50,0
<b>Total</b>		<b>18</b>	<b>100</b>

Il ressort de ce tableau que le plus grand nombre des prestataires des soins enquêtés se retrouve dans la catégorie des autres qui regroupe pratiquement les non professionnels de santé ou mieux les formés sur le tas. Alors que les sages-femmes et les médecins sont ex égaux avec 2 agents pour chacune de ces catégories (11,1%) et 27,8% d'infirmiers (tous les niveaux confondus).

**Tableau 3. Répartition des enquêtés selon leur genre**

N°	Genre des enquêtés	f	%
1	Masculin	07	38,9
2	Féminin	11	61,1
	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

Il découle clairement de ce tableau que le genre féminin vient en tête des enquêtés (61,1%) alors que le genre masculin est représenté dans cette étude avec 07 sujets soit 38,9%.

**Tableau 4. Répartition des enquêtés selon qu'ils ont été formés ou non en PF et la PEC des effets secondaires**

N°	Formation PF/PEC des effets secondaires	f	%
1	Oui	03	17,0
2	Non	15	83,0
	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

Ce tableau nous montre que sur les 18 agents enquêtés, seuls 3 ont déjà bénéficié d'une quelconque formation en matière de la planification familiale et de fait, de la prise en charge des effets qui y sont liés alors que la majorité (15 soit 83,0%) n'a jamais bénéficié de cette formation.

**Tableau 5. Répartition des enquêtés selon les connaissances des effets nocifs des méthodes utilisées pour la PF**

N°	Connaissances des Effets secondaires des Méthodes de PF	f	%
1	Oui	06	33,3
2	Non	12	66,7
	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

Il ressort de ce tableau qu'indépendamment des catégories professionnelles, seuls 06 prestataires des soins de l'HGR de Bwamanda (33,3%) ont répondu clairement et sans ambiguïté aux questions relatives aux connaissances ayant trait aux effets secondaires de la prise des MCM, tandis que 12 soit 66,7% n'ont pas assez des connaissances quant à ce.

**Tableau 6. Répartition des enquêtés selon l'existence du protocole de la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des MCM/PF**

N°	Existence du protocole de PEC des effets secondaires MCM/PF	f	%
1	Oui	03	16,7
2	Non	15	83,3
	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

La reconnaissance de l'existence du protocole de PEC des effets secondaires des MCM implique son recours à celui-ci en cas de besoin. Les résultats de ce tableau démontrent clairement que l'infime minorité de 03 prestataires soit 16,7% a connaissance de l'existence de ce protocole contre 83,3% (15) des prestataires qui ne reconnaissent pas son existence.

**Tableau 7. Répartition des enquêtés selon qu'ils ont des connaissances sur la prise en charge ou traitement des effets secondaires de PF**

N°	Connaissances sur la PEC des effets secondaires des MCM/PF	f	%
1	Oui	03	16,7
2	Non	15	83,3
	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

Comme pour le tableau précédent, ce tableau nous montre que seuls 03 prestataires (16,7%) ont des connaissances spécifiques sur la PEC des effets secondaires liés à l'utilisation des MCM/PF contre 15 soit 83,3% qui n'en ont pas.

**Tableau 8. Répartition des enquêtés selon la procédure à adopter pour la prise en charge des effets secondaires des MCM/PF**

N°	Procédure à adopter pour la PEC des effets secondaires des MCM/PF	f	%
1	Je l'oriente vers une personne formée	13	72,2
2	Je me débrouille	15	83,3
3	Je retire simplement la cliente de la méthode	06	33,3
4	J'analyse, je comprends en décide pour une PEC spécifique au cas par cas	03	16,7

Il se dégage de ce tableau que la PEC des effets secondaires liés à l'utilisation des MCM/PF est très minimale. Elle ne tient pas compte du contexte particulier du milieu (Bwamanda); elle est plutôt standardisée et calquée sur des modèles existants qui ne tiennent pas compte du contexte et des spécificités des malades.

**Tableau 9. Synthèse de niveau des connaissances des prestataires sur la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation de méthodes de la PF**

Eléments d'appréciation	n=18	%
Connaissance sur les différentes méthodes de PF	15	83,3
Connaissance des effets secondaires	15	83,3
Existence d'un protocole de prise en charge des effets secondaires	3	16,7
Prise en charge des effets secondaires des MCM/PF	3	16,7
Recours aux protocoles standards/Ordinogrammes	10	55,6
PEC spécifique, individualisée et contextualisée	02	11,1

Ce tableau nous démontre que sur les six éléments d'appréciation du niveau des connaissances des prestataires sur la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes de PF, 3 éléments seulement (Connaissance sur les différentes méthodes de PF, Connaissance des effets secondaires, existence du protocole de PEC des effets secondaires liés à l'utilisation des MCM/PF) sont connus à 83,3 et 55,6% par les prestataires contre 4 éléments (Existence d'un protocole de prise en charge des effets secondaires, Prise en charge des effets secondaires, PEC spécifique, individualisée et contextualisée) avec simplement 16,7 et 11,1%. On comprend donc que plus on quitte les notions basiques vers les notions complexes et les pratiques, la proportion diminue.

### 3.2 DISCUSSION

Cette étude apporte un brin d'éclairage sur la situation que vit la plupart des femmes dans la zone de santé rurale de Bwamanda, à travers la prise en charge des effets secondaires ou des complications liées à l'utilisation des MCM.

Dans le contexte de Bwamanda, notre étude a permis de relever les perturbations des règles, les infections sexuellement transmissibles, les aménorrhées, l'augmentation des règles, l'infécondité/infertilité comme complications récurrentes de la prise des méthodes contraceptives modernes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation: le climat, les occupations ménagères, les travaux des champs, la situation socio-économique, socio-culturelle et socio-sanitaire de la femme rurale. La femme rurale est entièrement dépendante de l'homme même quand il s'agit des questions relatives à sa propre santé.

Alors qu'il est recommandé la présence des personnes attirées dans la prise en charge des cas des complications liées aux méthodes contraceptives modernes, l'HGR de Bwamanda ne compte aucun gynécologue, seulement 02 sages-femmes de formation (cfr tableau N° 02). Pour l'ensemble de 18 prestataires ayant un travail direct avec les clientes en planification familiale, seuls 03 ont reçu une formation sur les méthodes contraceptives modernes, le mode d'emploi et la prise en charge des complications depuis 2017. Les réalités du contexte local ne sont pas analysées ni prises en compte dans l'élaboration des protocoles de PEC des cas. Les modèles sont calqués de l'extérieur d'où, une prise en charge très minimale, ce qui a comme conséquence la méfiance des clientes, une contre propagande voire l'abandon pure et simple de l'utilisation des méthodes contraceptives modernes.

#### **4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

La présente étude a été menée dans la province du Sud-Ubangi, spécialement à l'Hôpital Général de référence de Bwamanda qui se trouve dans la zone de santé qui porte le même nom.

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer le niveau des connaissances et pratiques des prestataires dans la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes de PF au sein de cet hôpital et de proposer les actions correctrices.

Dans l'ensemble, 18 prestataires œuvrant à l'HGR de Bwamanda ont été enquêtés et nous sommes arrivés aux résultats selon lesquels les prestataires qui travaillent à l'HGR de Bwamanda n'ont pas des connaissances suffisantes dans la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes de PF et les pratiques qu'ils adoptent ne favorisent pas une bonne prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes de PF.

##### **PERSPECTIVES**

###### **➤ Au comité directeur de l'HGR de Bwamanda**

- Organiser les séances de formation en cours d'emploi pour permettre aux prestataires d'actualiser leur connaissances dans le domaine de PF en général mais surtout sur la gestion des effets secondaires liés à l'utilisation des différentes méthodes;
- Doter la structure d'un protocole de la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes contraceptives pour faciliter une meilleure prise en charge de cliente;
- Organiser les séances de restitution des différentes formations reçues par quelques prestataires pour élargir le champ d'activité des prestataires dans le domaine de la PF;
- Organiser un service spécifique chargé de la PF avec des équipements et intrants adaptés au sein de la structure pour faciliter un bon partage des informations dans ce domaine avec les clients

###### **➤ Aux prestataires de soins**

- Prise de conscience dans la prise en charge des effets secondaires liés à l'utilisation des méthodes de PF pour favoriser l'émergence de cette pratique;
- Toujours respecter l'étape du counseling en PF pour permettre le dépistage des anomalies et orienter leur prise en charge avant l'utilisation d'une méthode contraceptive moderne

##### **REFERENCES**

- [1] Organisation des Nations Unies (2015), Rapport sur les objectifs du millénaire pour le développement, New York, USA.
- [2] Faye S., (2013), Déterminants socio-culturels de l'accès et l'utilisation des services de santé maternelle et néonatale dans la région du Gorgol, Nouakchott, Mauritanie.
- [3] Pison G, Hill K H, Cohen B, Foote K A, (1995), Population Dynamics of Senegal. Washington: National Academic Press.
- [4] OMS (Bureau régional de l'Afrique), O. p. (2013). Accélérer l'accès universel à la santé sexuelle et reproductive, programme d'action pour la région africaine. Brazzaville, République du Congo.
- [5] Organisation des Nations Unies. (2011). OMD: Rapport sur le statut des adolescents et des jeunes en Afrique subsaharienne possibilité et enjeux, UNFPA et PRB publication.
- [6] UNFPA, (2004). Etat de la population. Le consensus du Caire 10 ans après: la population, la santé en matière de reproduction et l'effort mondial pour éliminer la pauvreté.
- [7] Ariane, A. (2019), Problématique de la planification familiale sur le développement socio-économique de la population de Bukavu, RDC.
- [8] Cisse, A. (1993), Connaissances et comportement sexuel des jeunes de 15-29 ans sur les MST – SIDA à Bamako, Mali.
- [9] Loceni Banhor (2012); Niveau des connaissances, attitudes et pratiques de la contraception en milieu étudiant des universités publiques de la ville d'Ouagadougou (Burkina faso). Mémoire. Université Internationale d'Andalousie/Université Cheik Anta Diop de Dakar. Google scholar.
- [10] Omanyondo Ohambe M.C, Santé de la reproduction. Notes de cours destinées aux étudiants de deuxième licence, Section sciences infirmières, ISTM/GNA, 2020, p 66.
- [11] Tshimungu Kandolo F. (2021), Biostatistique. Notes des cours destinées aux étudiants de première licence, Section sciences infirmières, ISTM/GNA, 2021.

- [12] Tshimungu Kandolo F. (2021), Santé Publique, Santé Communautaire et Assainissement du milieu. Notes des cours destinées aux étudiants de première licence, Section sciences Santé communautaire, ISTM/GNA, 2021.
- [13] OMS, (2014), Programme d'Orientation sur la santé des Adolescents destiné aux prestataires de santé. Département de la santé et du développement de l'Enfant et de l'Adolescent. Google scholar.
- [14] Programme national de la santé de reproduction, Coordination du Sud-Ubangi (2020), Rapport annuel.
- [15] Enquête démographique et de santé, EDS, 2013-2014.

## Référés administratifs et promotion de l'Etat de droit en République Démocratique du Congo

### [ Administrative referrals and promotion of the rule of law in the Democratic Republic of Congo ]

*Malagano Kalongola Pierre*

Professeur des Universités et Premier Président de la Cour d'Appel du Haut-Katanga, RD Congo

Copyright © 2023 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:** Readers will remember that in 2006, the congolese constituent proclaimed the rule of law, one of the fundamental criteria of which remains the desire to eliminate any arbitrary act. Notwithstanding this proclamation, before 2016, it was difficult for individuals prejudiced by decisions Administrative even manifestly illegal to be quickly heard and rehabilitated in their freedoms and rights. With the entry into force of the organic law on the organization, functioning and competence of the courts of the Administrative order; the legislator is inspired by the desire to frame the role of the State in order to limit its power and fight against arbitrariness. Power must stop power, it is said. And this is why the congolese legislator wanted to give individuals themselves the effective procedural means to guarantee the protection of their rights and freedoms by organizing three main categories of summary proceeding: general summary proceedings, individual summary proceedings and special summary proceedings.

**KEYWORDS:** Right, freedom, legality, decision, Administration, arbitrary, individual, judge.

**RESUME:** Les lecteurs retiendront qu'en 2006, le constituant congolais proclamait l'Etat de Droit dont l'un des critères fondamentaux demeure la volonté d'éliminer tout acte arbitraire. Nonobstant cette proclamation, avant 2016, il était difficile aux individus préjudiciés par des décisions Administratives – même manifestement illégales – d'être rapidement entendus et réhabilités dans leurs libertés et droits. Avec l'entrée en vigueur de la loi organique portant organisation, fonctionnement et compétence des juridictions de l'ordre Administratif; le législateur s'inspire de la volonté d'encadrer le rôle de l'Etat afin de limiter sa puissance et de lutter contre l'arbitraire. Il faut que le pouvoir arrête le pouvoir, dit-on. Et ce pourquoi, le législateur congolais a voulu donner aux individus eux-mêmes les moyens procéduraux efficaces permettant de garantir la protection de leurs droits et libertés en organisant trois grandes catégories des référés: les référés généraux, les référés particuliers et les référés spéciaux.

**MOTS-CLEFS:** Droit, liberté, légalité, décision, Administration, arbitraire, individu, juge.

#### 1 INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo, RDC, en sigle, le référé administratif est une procédure très récente instituée par la loi organique n°16/027 du 15 avril 2016 portant organisation, compétence et fonctionnement des juridictions de l'ordre administratif. Son utilité et son intérêt se manifestent par le nombre assez important de requêtes notamment en référé-suspension formées devant les instances juridictionnelles compétentes.

Voulu simple et rapide, le référé administratif demeure cependant une procédure dont la conduite est délicate étant donné qu'elle est truffée de beaucoup de subtilités. Pourtant, la protection effective et efficace des droits et libertés des administrés n'est garantie que lorsque la procédure y relative est enclenchée et conduite dans le strict respect des conditions de fond et de forme prévues par la loi.

D'emblée, il convient de noter, néanmoins, qu'il avait fallu attendre quatre ans, après la promulgation de la loi organique précitée pour qu'une affaire soit enrôlée en référé administratif sous le n° RF 001 le 08 avril 2019 dont l'ordonnance a été prononcée le 15 avril 2019. Et

depuis lors, quelques affaires ont été jugées en procédure de référé par voie d'ordonnances. Au bout des premières années de l'entrée en vigueur du régime de référé administratif, il nous a paru opportun d'établir une corrélation entre les référés administratifs et la promotion de l'Etat de droit en RDC. Tel est l'objet de la présente réflexion dans laquelle sont exposés, en premier lieu, les caractères et critères de l'Etat de droit (I), en second lieu, le rôle des référés administratifs dans un Etat de droit (II) et en troisième lieu, la mise en œuvre du référé administratif devant les juridictions congolaises (III) avant de conclure.

## 2 CARACTÈRES ET CRITÈRES DE L'ÉTAT DE DROIT

Loin d'être un simple concept valise, l'Etat de droit est une réalité juridique et politique dont l'existence tient à la réunion d'un canon de critères objectifs et dont l'une des valeurs cardinales se trouve dans le respect des lois harmonieusement hiérarchisées.

### 2.1 HIÉRARCHIE DES RÈGLES JURIDIQUES ET ETAT DE DROIT

#### 2.1.1 ETAT DE DROIT ET RESPECT DE LA HIÉRARCHIE DES NORMES

Pris en étau entre la philosophie du droit, les sciences politiques et le droit, le concept « Etat de droit » devient difficile à cerner. Il s'ensuit que les définitions varient au gré des convictions des uns et des autres. Dans cette controverse, la primauté devrait être alors réservée à la théorie du droit; le concept « Etat de droit » étant, par essence, un concept juridique. Par une approche éclectique, l'on convient que le concept « Etat de droit » véhicule une réalité philosophique et politique qui suppose la prééminence, dans un Etat, du droit sur le pouvoir politique ainsi que le respect de chacun – gouvernants et gouvernés – de la loi. En effet, un Etat de droit est celui où chacun – l'individu comme la puissance publique – est soumis à un même droit.

Le droit qui préside à la vie d'un Etat de droit est fondé sur le principe du respect des normes au sommet desquelles se trouve la constitution étant donné que le droit positif est créé et secrété à plusieurs niveaux. Il s'agit, d'abord, du Parlement; en ce qui concerne les lois *stricto sensu*. Il y a aussi, l'Exécutif en ce qui concerne les mesures d'application et ce, tant au niveau national, provincial que local.

Il demeure ainsi que la hiérarchie de normes est un aspect fondamental de la notion de l'Etat de droit. C'est dans cette optique que Hans KELSEN définissait l'Etat de droit comme étant celui « dans lequel les normes juridiques sont hiérarchisées de telle sorte que sa puissance s'en trouve limitée. Chaque règle tire sa validité de sa conformité aux règles juridiques supérieures »<sup>1</sup>. Cette hiérarchisation, il échet de le souligner, revêt une forme pyramidale.

#### 2.1.2 HIÉRARCHIE DES NORMES ET PYRAMIDE DES INSTITUTIONS ADMINISTRATIVES

Dans un Etat de droit, le respect de la hiérarchie des normes implique celui des compétences des institutions administratives intervenant dans la production des règles de droit. Dans ces conditions, les compétences de différents organes de l'Etat doivent être définies avec rigueur et les normes qu'ils édictent ne seraient valables que pour autant qu'elles respectent l'ensemble des normes de droit supérieures.

Au sommet de la pyramide des règles du droit, figurent les engagements internationaux. Ces derniers sont suivis de la Constitution, des lois puis des règlements administratifs. A la base de la pyramide, se trouvent les décisions administratives et/ou les conventions entre personnes de droit privé. La supériorité de la constitution aux lois signifie que celles-ci doivent être conformes à celle-là si elles veulent produire tous leurs effets. Elle est notamment consacrée aux alinéas 1<sup>er</sup> de l'article 160 de la constitution du 18 février 2006 qui prévoit que les lois organiques, avant leur promulgation, doivent être soumises à la Cour constitutionnelle qui se prononce sur leur conformité à la constitution et 3 du même article qui dispose qu'aux fins d'examen de la constitutionnalité, les lois peuvent être déférées à la Cour constitutionnelle avant leur promulgation notamment par le Président de la République.

C'est aussi le cas de l'article 162, alinéa 2 qui édicte que toute personne peut saisir cette Cour pour inconstitutionnalité de tout acte législatif ou, ajoute l'alinéa 3, par la procédure de l'exception d'inconstitutionnalité invoquée dans une affaire qui la concerne devant une juridiction.

Cependant, en ce que l'article 216 de la même constitution prévoit que si la Cour constitutionnelle consultée notamment par le président de la République déclare qu'un traité ou un accord international comporte une clause contraire à la constitution, la ratification ou

<sup>1</sup> HANS KELSEN, Théorie pure du Droit, Trad. Charles Eisenmann, L.G.D.J., 1999, p. 194 ; Lire aussi Matadi Nenga Gamanda, Eléments de philosophie du Droit, Editions Droits et Idées Nouvelles, Kinshasa, 2013, p. 57.

l'approbation ne peut intervenir qu'après la révision de la constitution, une certaine doctrine appuyée par le Professeur VUNDWAWA<sup>2</sup> et que nous partageons estime que la constitution est supérieure aux traités et accords internationaux pour la simple raison que si ceux-ci comportent des dispositions anticonstitutionnelles, cette révision s'impose conformément à la procédure spéciale instituée aux articles 218 et 219 de la même constitution.

L'ordonnement hiérarchisé des règles du droit s'impose à l'ensemble des personnes. Son respect est requis à peine de sanction. L'Etat qui a compétence pour édicter le droit se trouve ainsi, lui-même, soumis aux règles juridiques. Sa fonction de régularisation est, par voie de conséquence, affirmée et légitimée. Les détenteurs du pouvoir public veillent, à tous les niveaux, sur le respect de la hiérarchie des normes juridiques pour le triomphe de l'Etat de droit dont les critères méritent d'être définis.

## **2.2 CRITÈRES DE L'ETAT DE DROIT**

### **2.2.1 PROCLAMATION DES LIBERTÉS PUBLIQUES ET CONTRÔLE DE CONSTITUTIONNALITÉ**

Loin d'être un concept creux ou un simple slogan, l'Etat de droit est une réalité juridique pleine de sens. L'effectivité de l'Etat de droit est manifeste et établie à travers six critères fondamentaux. Ces critères sont: la proclamation des libertés et droits fondamentaux, le contrôle de la constitutionnalité des actes juridiques, la séparation des pouvoirs, l'indépendance de l'autorité juridictionnelle, la volonté d'éliminer tout acte arbitraire et l'égalité devant la loi<sup>3</sup>.

Dans un Etat de droit, les droits fondamentaux de l'Homme ainsi que les libertés publiques sont consacrés et garantis par la Constitution. A l'instar des instruments juridiques internationaux, la Constitution contient une proclamation solennelle des droits et libertés fondamentaux des citoyens. Il en est ainsi de la Déclaration universelle de droits de l'Homme du 10 décembre 1948 et du Pacte international relatif aux droits civils et politiques du 23 mars 1976. En droit congolais, les droits fondamentaux et les libertés publiques sont formellement proclamés par la Constitution de la RDC du 18 février 2006 en son Titre II.

Cependant, la proclamation des droits risque d'être un vœu pieux si des violations peuvent leur être portées impunément, éventuellement par les pouvoirs publics. C'est en cela que le droit à la constitution; norme juridique suprême d'un Etat. L'institution d'une Cour constitutionnelle en République Démocratique du Congo à l'article 157 de la constitution est l'expression parfaite du respect de cette exigence. C'est la Loi organique n° 13/026 du 15 octobre 2013 qui régit l'organisation et le fonctionnement de cette Cour qui joue un rôle régulateur très important dans le respect de la séparation des pouvoirs propre à tout Etat de droit.

### **2.2.2 SÉPARATION DES POUVOIRS ET INDÉPENDANCE DU POUVOIR JUDICIAIRE**

La séparation des pouvoirs est un principe essentiel du fonctionnement d'un Etat soucieux du respect et de la protection des droits fondamentaux et des libertés publiques. Dans une démocratie représentative, la séparation des pouvoirs implique une répartition des trois principaux pans du pouvoir politique entre différents organes, peu importe que la séparation soit rigide ou souple.

D'après le Dictionnaire de politique La Toupie, l'expression « séparation rigide des pouvoirs » désigne l'organisation d'un Etat dans lequel les trois pouvoirs, législatif, exécutif et judiciaire sont spécialisés et organiquement séparés. Aucun d'entre eux ne peut empiéter sur les prérogatives des autres. Ils sont indépendants à la fois dans leur mode de désignation et dans leur fonctionnement avec une absence d'interférences réciproques.

Ainsi, le pouvoir exécutif ne peut intervenir dans l'élaboration des lois et le pouvoir législatif ne peut intervenir dans les fonctions relevant du gouvernement. Autrement dit, le parlement élu au suffrage universel exerce le pouvoir législatif et budgétaire et ne peut censurer le gouvernement, l'exécutif a un caractère monocéphale avec un chef d'Etat qui est Chef du gouvernement et qui ne peut dissoudre le parlement et la justice a pour mission de régler les différends qui apparaissent dans l'application des lois et les juges ne sont révocables par aucun des deux autres pouvoirs.

Cette séparation rigide est illustrée par le régime présidentiel en place aux Etats Unis d'Amérique mais il n'exclut pas une collaboration nécessaire entre institutions pour éviter les conflits et le blocage.

---

<sup>2</sup> Félix VUNDWAWA te PEMAKO et Jean-Marie Mboko Dj'Andima, Traité de droit administratif de la RDC, 2<sup>ème</sup> éd., Bruylant, Bruxelles 2020, P. 212.

<sup>3</sup> PACTET Pierre, Institutions politiques Droit constitutionnel, 21<sup>ème</sup> Edition, Armand Colin, 2002, Paris, p.125

C'est ainsi que pour Montesquieu (...) <sup>4</sup>, pour qu'on ne puisse abuser du pouvoir, il faut que, par la disposition des choses, le pouvoir arrête le pouvoir. D'où, l'expression « séparation souple des pouvoirs » qui désigne l'organisation d'un Etat dans lequel les différents pouvoirs, législatif, exécutif et judiciaire, collaborent et dialoguent afin de garantir un fonctionnement régulier des pouvoirs publics. Ici, les pouvoirs sont distincts mais disposent des moyens d'action réciproques en ce qu'une séparation trop stricte peut conduire à la paralysie des institutions. C'est ainsi que le Chef l'Etat peut dissoudre le parlement, le parlement peut mettre en jeu la responsabilité du gouvernement qu'il peut faire tomber par une motion de censure et les magistrats du parquet sont soumis à l'autorité hiérarchique du Ministre de la Justice.

Quelle qu'en soit la modalité, la séparation des pouvoirs repose sur le postulat selon lequel la concentration des pouvoirs entre un même organe ou une personne conduit à l'abus du pouvoir. En vue d'éviter ce travers, il faut que le pouvoir arrête le pouvoir. Telle est l'essence de la séparation souple des pouvoirs qui est le propre du régime parlementaire en vigueur en RDC mais qui s'applique aussi, mutatis mutandis, dans le régime présidentiel.

Dans un régime de séparation des pouvoirs, les trois pouvoirs de l'Etat (pouvoir exécutif, pouvoir législatif et pouvoir judiciaire) sont exercés par un organe distinct. Le pouvoir judiciaire porte notamment sur l'interprétation et l'application des règles du droit ainsi que la sanction de leur violation.

Etant donné que dans un Etat de droit, le respect des lois s'impose à tous, y compris à l'Etat qui est l'auteur de ces lois, la sanction de cette violation peut être prononcée même à l'encontre de ce dernier. Pour ce faire, il est impérieux que le pouvoir judiciaire bénéficie d'une réelle indépendance face au pouvoir exécutif et au pouvoir législatif. C'est pourquoi, l'indépendance du pouvoir judiciaire est érigée en un critère fondamental de l'Etat de droit. C'est à juste titre qu'elle est consacrée par l'article 149 de la Constitution en aval de l'article 12 de la même constitution qui institue un autre critère d'un tel Etat, à savoir: l'égalité de tous devant la loi.

### 2.2.3 EGALITÉ DEVANT LA LOI ET ÉLIMINATION DE L'ARBITRAIRE

L'égalité devant la loi est un principe cardinal de la démocratie. Elle implique un traitement équitable pour toutes les personnes se trouvant dans une situation similaire. A ce propos, l'article 12 de la Constitution de la RDC du 18 février 2006 dispose que « Tous les congolais sont égaux devant la loi et ont droit à une égale protection des lois ».

Il s'ensuit que l'arbitraire dans l'action des autorités publiques est une source d'insécurité juridique pour les administrés. Dans un Etat de droit, le critère de l'élimination de l'arbitraire constitue le gage et la garantie de la sécurité juridique des individus. Elle implique l'existence d'un système juridique qui offre à ses destinataires une stabilité nécessaire à la garantie des droits.

L'Etat de droit s'inspire de la volonté d'encadrer le rôle de l'Etat afin de limiter sa puissance et de lutter contre l'arbitraire. Cette limitation de la puissance de l'Etat – à travers les normes qu'il édicte – s'illustre notamment par la possibilité pour tout citoyen de recourir aux mécanismes juridiques mis en place en vue de la protection des droits subjectifs face aux éventuels excès de pouvoirs de l'Administration publique. Le référé administratif est l'un de ces mécanismes juridiques ayant pour rôle d'assurer la protection des droits et libertés garantis par l'Etat à ses citoyens.

## 3 RÔLE DES RÉFÉRÉS ADMINISTRATIFS DANS UN ETAT DE DROIT

Le référé administratif est un facteur essentiel de développement de la culture de légalité, en même temps qu'il constitue un mécanisme primordial de protection des droits des administrés contre les éventuels abus des détenteurs des pouvoirs publics qui sont de nature à freiner le développement de cette culture.

### 3.1 DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE DE LA LÉGALITÉ

#### 3.1.1 LIMITATION DU POUVOIR ADMINISTRATIF ET RENFORCEMENT DE LA LÉGALITÉ

Le principe de légalité auquel est soumise toute action des autorités administratives doit être pris dans un sens plus large que celui de la conformité à la loi *stricto sensu*. Ce principe constitue une limitation du pouvoir administratif. A ce sujet, les Professeurs Félix Vunduawe te Pemako et Jean-Marie Mboko Dj'Andima écrivent, dans leur ouvrage sus évoqué que « dans un Etat de droit, l'Administration doit respecter l'ensemble des sources formelles du droit et que le principe de la légalité oblige l'administration à se conformer aux lois et règlements en

<sup>4</sup> (...) Montesquieu, De l'esprit des lois, 1689-1755.

(...) Dictionnaire de politique La Toupie.

vigueur ainsi qu'aux principes généraux de droit public »<sup>5</sup>. Dans la même veine, ces deux auteurs poursuivent, en précisant que « la police administrative évolue dans le cadre d'un Etat de droit et non celui d'un Etat de police.

La police administrative s'exerce dans les conditions (procédure, forme, but, motifs) et circonstances prévues par la loi. L'exercice du pouvoir de police est contrôlé administrativement (recours administratifs) et surtout par le juge administratif (recours juridictionnels), tant en annulation que, consécutivement, en réparation, voire par le juge constitutionnel en ce qui concerne spécialement la constitutionnalité des règlements de police. Il importe de souligner que la mesure de police n'est légale que lorsqu'il y a eu, dans les circonstances de l'espèce, des motifs, des raisons d'agir, c'est-à-dire une menace réelle de désordre »<sup>6</sup>.

En somme, la procédure de référés administratifs renforce la culture de la légalité dans un Etat qui se veut de droit en ce que les particuliers disposent de plus de marge de manœuvre pour obtenir assez rapidement, du juge, la protection nécessaire et légale qu'ils sont en droit d'attendre des pouvoirs publics. De son côté, l'Administration devient, de ce fait, de plus en plus circonspecte dans ses décisions en s'assurant, *a priori*, de leur légalité. En cela, les référés administratifs suscitent le sentiment d'équilibrage des forces entre les particuliers et l'Administration dans l'intérêt de renforcer la culture de la légalité indispensable dans un Etat de Droit.

### 3.1.2 INTÉRÊT DE L'INSTITUTION DU RÉFÉRÉ EN DROIT CONGOLAIS DU CONTENTIEUX ADMINISTRATIF

Avant la promulgation, en R.D. du Congo, de la Loi organique n°16/027 du 15 avril 2016 portant organisation, compétence et fonctionnement des juridictions de l'ordre administratif, il était difficile aux individus préjudiciés par des décisions administratives – même manifestement illégales – d'être rapidement entendus et réhabilités dans leurs libertés et droits. La raison se trouve en ce que la procédure du contentieux administratif – telle qu'organisée alors, tant en ce qui concerne le recours administratif que le recours juridictionnel – n'offrait pas des moyens procéduraux efficaces pouvant permettre un arbitrage rapide pour départager l'Administration et les particuliers visés par les décisions prises par cette dernière. La balance penchait donc forcément du côté de l'Administration dans la mesure où, bénéficiant du privilège de l'exécution, les décisions administratives devaient produire leurs effets aussitôt qu'elles étaient prises. En conséquence, les décisions judiciaires rendues longtemps après l'exécution de ces mesures administratives devenaient sans objet et la protection des droits et libertés des citoyens n'était pas suffisamment renforcée.

## 3.2 RENFORCEMENT DE LA PROTECTION DES DROITS ET LIBERTÉS FONDAMENTAUX

### 3.2.1 DE LA CONSÉCRATION FORMELLE À LA PROTECTION EFFECTIVE DES DROITS ET LIBERTÉS

Perçue comme un bienfait suprême consistant, pour chaque individu ou peuple, à vivre hors de tout esclavage, servitude, oppression, sujétion ou domination intérieure ou étrangère<sup>7</sup>, la liberté est le maître-mot en démocratie. A la suite de la Déclaration des droits de l'Homme et du Citoyen de 1789 et de la Déclaration universelle des droits de l'Homme de 1948, de nombreux pays ont résolu de faire figurer dans leurs constitutions les libertés et droits fondamentaux reconnus à leurs citoyens.

Comme dans les autres Etats du monde, le Constituant congolais n'est pas en reste. Dès le préambule, l'adhésion et l'attachement de la RDC à la Déclaration universelle des droits de l'Homme ont été affirmés. Sont ainsi reconnues, notamment: la liberté d'aller et venir, la liberté de n'être pas arbitrairement enfermé et d'avoir un domicile inviolable, la liberté d'opinion, d'expression, de religion, etc. A ces libertés s'ajoute un certain nombre de garanties positives qui sont des droits fondamentaux telles que la propriété, les droits à l'instruction, à la grève, au travail et à la santé.

Cependant, une chose est de proclamer ces droits et libertés, une autre est d'en assurer l'effectivité et la protection; notamment et surtout face à la toute-puissance de l'Administration. A ce propos et de manière particulière, le législateur congolais a voulu donner aux individus eux-mêmes les moyens procéduraux efficaces permettant de garantir la protection de leurs droits et libertés. En effet, les articles 283 et 284 de la loi n°16/027 du 15 avril 2016 portant organisation, compétence et fonctionnement des juridictions de l'ordre administratif à travers lesquels se dégage le principe de la célérité qui caractérise la procédure en la matière sont très éloquentes quant à ce.

---

<sup>5</sup> Félix Vunduawe te Pemako et Jean-Marie Mboko Dj'Andima, op. cit., p. 96.

<sup>6</sup>Idem, p.p. 540-541

<sup>7</sup> CORNU Gérard, Vocabulaire juridique, PUF, 2016, p. 612.

### 3.2.2 LA CÉLÉRITÉ COMME CRITÈRE DU RÉFÉRÉ ADMINISTRATIF

L'article 283 de la loi n°16/027 du 15 avril 2016 portant organisation, compétence et fonctionnement des juridictions de l'ordre administratif institue le référé-liberté pour garantir la liberté aux particuliers. Il dispose: « lorsqu'une décision administrative porte gravement atteinte et de manière manifestement illégale à une liberté publique et/ou fondamentale, le juge des référés saisi par une demande en référé-liberté peut ordonner toute mesure nécessaire à la sauvegarde de la liberté. Le juge des référés se prononce dans les quarante-huit heures lorsqu'il statue sur une demande en référé-liberté ».

Quant à la protection des droits et des intérêts des particuliers, l'article 284 de la même loi organique dispose: « lorsqu'à la suite d'une décision administrative ou en l'absence de celle-ci, il y a lieu soit d'empêcher le maintien ou l'aggravation d'une situation dommageable en fait ou irrégulière en droit, soit de préserver les intérêts particuliers du demandeur ou l'intérêt général, le juge des référés, saisi en référé-conservatoire, peut, sans faire obstacle à l'exécution d'aucune décision administrative, ordonner toutes mesures utiles à la préservation de la situation des parties à l'avenir ». Il en résulte que le bon usage de ces procédures nouvelles est de nature à renforcer la protection des droits et libertés fondamentaux reconnus aux particuliers dans toute démocratie tel que démontré au travers de quelques décisions ci-dessous reprises par lesquelles la Cour d'Appel au Haut-Katanga faisant office de Cour Administrative d'Appel a mis le référé administratif en œuvre.

## 4 MISE EN ŒUVRE DU RÉFÉRÉ ADMINISTRATIF DEVANT LES JURIDICTIONS CONGOLAISES

### 4.1 CONDITIONS DE FOND ET DE FORME

#### 4.1.1 OBJET DU RÉFÉRÉ ADMINISTRATIF

De manière générale, le référé est entendu comme une « procédure contradictoire, écrite ou orale, permettant au juge des référés, statuant en cas d'urgence, d'ordonner la suspension de l'exécution d'une décision administrative qui est l'objet d'une requête en annulation ou en réformation quand sa légalité inspire un doute sérieux, d'ordonner toutes mesures nécessaires à la sauvegarde d'une liberté fondamentale à laquelle une personne morale de droit public aurait porté une atteinte grave manifestement illicite, d'ordonner sur simple requête, même en l'absence de décision administrative préalable, toutes autres mesures utiles sans faire obstacle à l'exécution d'aucune décision administrative »<sup>8</sup>.

Au fait, le référé tend à empêcher qu'un particulier soit lésé par les prérogatives exorbitantes de droit commun reconnues à l'administration, notamment le bénéfice de l'exécution qui permet d'exécuter une décision administrative aussitôt qu'elle est prise. La procédure y afférente comporte quelques particularités dont le rappel s'impose.

#### 4.1.2 PARTICULARITÉS DE LA PROCÉDURE EN RÉFÉRÉ ADMINISTRATIF

##### 4.1.2.1 RÈGLES DE COMPÉTENCE

Dans le déploiement de la procédure, le référé administratif se particularise par la spécificité du juge des référés, la procédure à suivre et la nature des décisions rendues. En principe, le juge des référés siège à juge unique et ce, en chambre du conseil. Ce juge des référés n'est personne d'autre que le Président de la juridiction concernée. Ce président peut, néanmoins, déléguer un autre magistrat pour siéger en référé.

Dans l'ordre des juridictions administratives congolaises, le Président du Tribunal administratif et le Premier Président de la Cour administrative d'Appel ou du Conseil d'Etat sont, par essence, des juges des référés. Aux termes de l'article 280 de la loi organique relative aux juridictions de l'ordre administratif, la compétence matérielle du juge des référés se détermine par celle du litige principal auquel se rapporte au fond la demande de la mesure en référé. La procédure à suivre est, quant à elle, prévue aux articles 285 et suivants de la même loi organique.

<sup>8</sup> CORNU Gérard, Vocabulaire Juridique, 12<sup>ème</sup> Edition, Presses Universitaires Françaises, Coll. Quadrige, Paris, 2017, p.874

### 4.1.2.2 RÈGLES DE PROCÉDURE

En matière de référé administratif, la procédure est contradictoire, écrite et orale. Cette procédure est voulue rapide et souple. L'audience se déroule sans les conclusions du Ministère public; à moins que le juge renvoie la question à une formation collégiale, sur pied de l'article 292 de la Loi organique précitée.

En cas d'urgence, notamment, les parties sont convoquées sans délai et par tous les moyens tels qu'une notification de date d'audience, une invitation, un communiqué, etc. Le juge se prononce dans les huit (8) jours de la saisine. Il statue par voie d'ordonnance rendue à huis clos (et non en audience publique) et en signe seul la minute. Cette ordonnance est notifiée, sans délai, aux parties. Elle prend effet à compter de la notification faite à la partie qui doit se conformer à cette ordonnance dont le caractère mérite d'être précisé.

### 4.1.3 CARACTÈRE DE L'ORDONNANCE DE RÉFÉRÉ

Il demeure que le juge des référés ne statue pas sur la demande principale. Il s'ensuit qu'il ne prend que des mesures provisoires. Au cas où il aurait agi autrement, il peut – à la demande de toute personne intéressée et au vu d'un élément nouveau – modifier, par ordonnance, certaines mesures qu'il a ordonnées.

Par ailleurs, les mesures prises par le juge des référés sont dictées par l'urgence. Ainsi, lorsqu'il apparaît, à la lumière de la requête, que la demande est dépourvue de caractère d'urgence, ne relève manifestement pas de la compétence de la juridiction administrative ou qu'elle est irrecevable, le juge des référés peut, prévoit l'article 177 de la même loi organique, rejeter la demande sans même communiquer la requête au défendeur ni procéder à la convocation des parties, quelle que soit la sorte de référés concernée.

## 4.2 SORTES DE RÉFÉRÉS EN DROIT CONGOLAIS

### 4.2.1 LES RÉFÉRÉS GÉNÉRAUX

#### 4.2.1.1 LE RÉFÉRÉ-SUSPENSION

En droit congolais du contentieux administratif, la loi organise trois grandes catégories des référés: les référés généraux, les référés particuliers et les référés spéciaux (articles 282 à 320 de la même loi organique). La catégorie des référés généraux comprend: le référé-suspension, le référé-liberté et le référé conservatoire. Le référé-suspension est la procédure par laquelle le juge, saisi d'une requête en annulation ou en reformation d'une décision administrative, ordonne la suspension de l'exécution de cette dernière ou de certains de ses effets (article 282 de cette loi organique).

Le juge des référés fait droit à une requête en référé-suspension lorsque l'urgence le justifie et qu'il est fait état d'un moyen propre à créer un doute sérieux quant à la légalité de la décision administrative entreprise. Il en a été ainsi de l'ordonnance n° RF 004 rendue sur requête de Monsieur MUYAMBO KYASSA du 28 juillet 2019 dans l'affaire l'ayant opposé contre la Ville de Lubumbashi. En substance, ce dernier saisit la Cour sous RA 484 en annulation de l'Arrêté urbain n°096/BUR/MAIRE-VILLE/L'SHI/2017 du 30 décembre 2017 portant désaffectation d'un terrain du domaine public dans la Commune de Lubumbashi alors que ce fonds lui avait été cédé, par transaction, depuis le 24 novembre 2016 par Monsieur KASONGO KITWA Lambert – concessionnaire dudit terrain – en vertu d'un contrat de location. Considérant que l'arrêté en cause avait été pris illégalement et que par ailleurs, Dame MWILAMBWE NGOIE, épouse de ce dernier avec laquelle le requérant était opposé s'y appuyait pour accélérer les travaux de construction sur ce terrain et qu'il y avait urgence, le juge des référés ordonna, à titre conservatoire, la suspension de l'exécution de l'arrêté urbain déferé.

#### 4.2.1.2 LE RÉFÉRÉ-LIBERTÉ

Le référé-liberté consacré à l'article 283 de ladite loi organique est la procédure d'urgence par laquelle le juge ordonne toute mesure nécessaire à la sauvegarde d'une liberté lorsqu'une décision administrative d'une personne morale de droit public ou d'un organisme chargé de la gestion d'un service public porte une atteinte grave et manifestement illégale aux droits d'un administré. C'est le cas de l'ordonnance numéro n° RF 008 rendue le 30 janvier 2020 rendue par la Cour d'appel du Haut-Katanga sur requête du 14 janvier 2020 dans affaire ayant opposé Monsieur SHWEKA WA KANIKI contre la RDC et le Conseil Provincial de l'Ordre des Médecins.

*In specie*, le requérant, Médecin neurochirurgien aux Polycliniques DIAMANT et AFIA DON BOSCO de Lubumbashi, saisit la Cour en annulation de la décision du Président du Conseil provincial de l'ordre des médecins contenue dans sa Lettre N°COPROM/KAT/25/Sec/2019 du 05 septembre 2019 portant interdiction d'exercer l'art de guérir). La décision était fondée sur ce que le concerné n'est pas inscrit au tableau de l'Ordre provincial des Médecins alors qu'il est régulièrement inscrit au tableau de l'Ordre national des Médecins sous le numéro CNOM 31.547 du 26 juillet 2019.

Considérant que le requérant fut déjà inscrit au tableau de l'Ordre national des médecins après que, suivant la Lettre n° COPROM/KAT/017/Sec 2019 du 22 avril 2019, le Conseil provincial de l'ordre des médecins du Haut-Katanga ait émis un avis de non inscription à son tableau, le juge des référés de la Cour de céans avait jugé qu'il y avait urgence de suspendre la décision attaquée apparemment illégale et avait provisoirement rétabli le requérant dans ses droits en attendant l'examen du fond de la requête sous RA 510 déferée.

#### **4.2.1.3 LE RÉFÉRÉ CONSERVATOIRE**

Le référé conservatoire institué à l'article 284 de la loi organique susvisée est un dispositif juridique qui permet au juge d'ordonner toutes mesures utiles destinées à sauvegarder les droits des parties. Dans cette procédure, le juge intervient sur simple requête. Cette requête est particulièrement recevable même en l'absence de décision administrative préalable.

### **4.3 LES RÉFÉRÉS PARTICULIERS ET LES RÉFÉRÉS SPÉCIAUX**

#### **4.3.1 LES RÉFÉRÉS PARTICULIERS**

Dans la catégorie des référés particuliers prévus aux articles 297 à 307 de la loi organique y afférente, l'on trouve: le référé-constat, le référé-instruction et le référé-provision.

Le référé-constat prévu à l'article 297 est la procédure par laquelle le juge des référés – statuant par simple requête, sans le ministère d'avocat et même en l'absence d'une décision administrative préalable – désigne, par ordonnance, un expert pour constater, sans délai, les faits qui seraient susceptibles de donner lieu à un litige devant la juridiction administrative.

A la différence du référé-constat, le référé-instruction ayant l'article 298 pour base légale est la procédure par laquelle le juge des référés ordonne, sur simple requête et même en l'absence de décision administrative préalable, toutes mesures utiles d'expertise ou d'instruction.

Le référé-provision institué à l'article 299 est la procédure par laquelle le juge des référés ordonne, même en l'absence d'une demande au fond, une provision au créancier qui l'a saisi, lorsque l'existence de l'obligation n'est pas sérieusement contestable. Il peut, même d'office, spécialement subordonner le versement de la provision à la constitution d'une garantie.

#### **4.3.2 LES RÉFÉRÉS SPÉCIAUX**

##### **4.3.2.1 LE RÉFÉRÉ PRÉCONTRACTUEL DES MARCHÉS PUBLICS**

Les référés spéciaux dont mention aux articles 308 à 320 de la loi organique sus visée sont: le référé précontractuel des marchés publics régis par la loi n° 10/010 du 27 avril 2010, le référé fiscal, le référé douanier et le référé sur déferé. Dans une procédure de référé précontractuel des marchés publics, le juge de référés est saisi, en cas de manquement aux règles de transparence, de publicité et de mise en concurrence auxquelles est soumise la passation, par les pouvoirs adjudicateurs, des contrats administratifs ayant pour objet l'exécution des travaux, la livraison des fournitures ou la prestation de services avec une contrepartie économique constituée par un prix ou un droit d'exploitation, la délégation d'un service public ou la sélection d'un actionnaire opérateur d'une société d'économie mixte.

Le deuxième type de référé spécial se trouve être le référé douanier.

##### **4.3.2.2 LE RÉFÉRÉ DOUANIER**

En vue de mettre en mouvement un référé douanier qui a pour base légale l'article 313 de la loi organique sur les juridictions de l'ordre administratif, le juge doit être saisi dans les dix (10) jours ouvrables suivant la décision de rejet par, l'Administration douanière, de la contestation des droits et taxes à l'importation ou à l'exportation. Il peut suspendre le paiement.

La requête n'est cependant recevable que si le demandeur a consigné, en garantie au profit de la douane, auprès d'une banque et sur un compte séquestre produisant intérêt au taux légal, une somme représentant au moins cinquante pour cents (50%) des droits contestés. A l'instar du référé douanier, le référé fiscal ou parafiscal exige également la consignation d'une garantie.

##### **4.3.2.3 LE RÉFÉRÉ FISCAL**

Au moyen du référé fiscal ayant pour base légale l'article 316 de la loi organique précitée, le juge vérifie si les garanties offertes par le requérant – en matière de recouvrement des droits, impôts, taxes et autres redevances répondent ou pas aux prescriptions de la législation

fiscale, selon le cas. C'est dans cette optique que la Cour d'Appel du Haut-Katanga avait dû se prononcer par voie d'ordonnances dans les trois cas ci-dessous exposés.

#### 4.3.2.3.1 L'ORDONNANCE N° RF 001 DU 15 AVRIL 2019

Il s'agissait d'une affaire ayant opposé la société CHEMAF SARL à la Province du Haut-Katanga et à la Direction Provinciale de gestion des péages du Haut-Katanga. En effet, il ressort de cette ordonnance rendue sur requête du 08 avril 2019, que la société CHEMAF SARL avait saisi la Cour sous RA 488 en annulation de notes de taxation du poste de péage qu'elle considérait comme illégalement érigé à l'entrée et à la sortie de ses installations. Vu l'urgence et le doute sérieux sur la légalité de ces notes de perception, le juge des référés avait, à titre conservatoire, décidé de la suspension de tout paiement de la taxe y afférente ainsi que toute émission de toute note de taxation à l'égard de la requérante au poste de péage ci-dessus spécifié à travers l'ordonnance référencée.

#### 4.3.2.3.2 L'ORDONNANCE N° RF 003 DU 15 AOÛT 2019

Un autre cas mérite d'être évoqué. Il s'agit du litige né de l'Arrêté urbain n°046/BUR-MAIRE/VILLE/L'SHI/2019 du 10 juillet 2019, par lequel le Maire de la Ville de Lubumbashi avait décidé de la fermeture, sur toute l'étendue de sa juridiction, de toutes les agences de voyage de transport-interurbain de la requérante, Société MULKAP SARL, motif pris que celle-ci ne s'acquittait pas de la taxe de stationnement au parking public appartenant à cette Ville. Estimant d'abord que la taxe en question était illégale car abrogée et en outre que pour l'unique taxe due, celle relative au parking privé due à la Commune, elle était bien en règle, la société MULKAP SARL, par requête du 18 juillet 2019, saisit la Cour d'Appel du Haut-Katanga qui se prononça par l'ordonnance en exergue. Considérant l'urgence et le doute sérieux sur la légalité de cette taxe, le juge de référé avait décidé de sursoir aux démarches de recouvrement entreprises par la Ville ayant conduit le Maire à ordonner la fermeture de toutes les agences de la requérante.

#### 4.3.2.3.3 L'ORDONNANCE N° RF 009 DU 12 FÉVRIER 2020

Dans cette affaire, la même société CHEMAF SARL contestait, comme illégale, la taxe sur l'autorisation de transport ou transfert des minerais et saisit la Cour d'Appel du Haut-Katanga qui se prononça, sur requête de cette société du 20 mars 2020, par l'ordonnance RF 009 du 12 février 2020. En attendant l'examen de l'affaire quant au fond et vue l'urgence et le doute sérieux sur la légalité de cette taxe fixée par la Province du Haut-Katanga, le juge des référés avait ordonné, à titre conservatoire, la suspension de toute procédure de recouvrement et de paiement de toute note de perception émise à l'encontre de la requérante, bénéficiaire de l'ordonnance référencée.

#### 4.3.2.4 LE RÉFÉRÉ SUR DÉFÉRÉ

Le référé sur déféré consacré à l'article 319 de la loi organique y relative permet au juge, à la demande d'une autorité de tutelle, de suspendre une délibération d'un acte soumis à un contrôle *a priori* qui n'a pas fait l'objet de transmission préalable.

A l'instar des référés constat, instruction et provision ainsi que des référés précontractuels des marchés publics et douanier sus évoqués, la Cour d'Appel du Haut-Katanga n'a pas encore connu d'une affaire relative au référé sur déféré. C'est la raison d'être de l'absence, dans la présente réflexion, des cas pratiques pour illustrer ces différents types de référés.

## 5 CONCLUSION

A la faveur de la promulgation de la loi n°16/027 du 15 avril 2016 portant organisation, compétence et fonctionnement des juridictions de l'ordre administratif, l'arsenal juridique congolais s'est enrichi de l'institution du référé administratif qui se décline en trois grandes catégories, à savoir: les référés généraux, particuliers, et spéciaux. Comme dans plusieurs Etats modernes, les référés doivent être salués avec ferveur par les justiciables et les professionnels de droit puisqu'ils se présentent comme étant des mécanismes souples et rapides de sauvegarde des libertés et droits fondamentaux en tant qu'ils permettent au juge d'arbitrer, en temps utile, les différends entre les particuliers et l'Administration publique.

Le double but de cet exposé a été de sensibiliser les juristes et les justiciables à s'intéresser à cette procédure nouvelle qui renferme de nombreuses subtilités de manière à protéger, au mieux, les droits et libertés de ces derniers aux prises avec l'Administration et d'y recourir en cas de besoin, d'une part et d'autre part, de faire connaître quelques décisions rendues par notre juridiction et jugées en la matière de manière à démontrer que le droit du référé administratif est bien vivant. En mettant en perspective les référés administratifs et la notion d'Etat de droit, nous avons pu démontrer que ceux-là renforcent la culture de la légalité ainsi que la protection des droits et libertés fondamentaux voulus par un tel Etat.

En définitive, le juge doit constamment se rappeler ce que la doctrine nous enseigne à propos du Droit administratif en général, nous citons: « le Droit Administratif n'est pas un droit comme les autres: si ces mots avaient un sens, on dirait volontiers qu'il n'est pas un droit juridique, mais un droit politique »<sup>9</sup>. Dans ces conditions, en matière administrative et spécialement en matière de référés administratifs, le rôle du juge est d'exercer constamment un arbitrage permanent entre les nécessités de l'action administrative et celles de sa limitation, l'équité et les impératifs de sécurité juridique, la protection des citoyens contre les pouvoirs et la garantie à l'Administration de ses moyens d'action nécessaires pour la réalisation de l'intérêt général. En somme, « le juge administratif est un juge de l'équilibre, de conciliation et d'opportunité<sup>10</sup> ».

## REFERENCES

- [1] Felix VUNDUAWE te PEMAKO et Jean-Marie MBOKO Dj'Andima, *Traité de droit administratif de la RDC*, 2<sup>ème</sup> Edition, Bruylant, Bruxelles 2020.
- [2] Claude ILUNGA WATUIL, Recueil des arrêts, ordonnances et avis consultatifs rendus par la Conseil d'Etat, Edition Blessing, Kinshasa, mai 2021.
- [3] CORNU Gérard, *Vocabulaire juridique*, 12<sup>ème</sup> Edition, PUF, Coll. Quadrige Paris 2017.
- [4] HANS Kelsen, *Théorie pure du droit*, Trad. Charles Eisenmann, LGDJ 1999.
- [5] MATADI NENGA, GAMANDA, *Eléments de philosophie du droit*, Editions Droits et Idées Nouvelles, Kinshasa 2013.
- [6] PACTET Pierre, *Institutions politiques et Droit constitutionnel*, 21<sup>ème</sup> Edition, Armand Colin, Paris 2002.
- [7] WEIL P. et PUYAUD D., *Le droit administratif*, 24<sup>ème</sup> Edition, PUF, Que sais-je ?, Paris 2013.

---

<sup>9</sup> WEIL P&PUYAUD D., *Le droit administratif*, 24<sup>e</sup> éd., PUF, Que sais-je, Paris, 2013, p. 2.

<sup>10</sup> Claude ILUNGA WATUIL, Recueil des arrêts, ordonnances et avis consultatifs rendus par le Conseil d'Etat, éd. Blessing, Kinshasa, mai 2021, pp. iii et iv.

## The Use of H5P to Widen English Lexicon: A Study on Moroccan ESP Students

*Fouad Boulaid*

Higher School of Technology, Khenifra, Sultan Moulay Slimane University, Beni Mellal, Morocco

Copyright © 2023 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:** H5P is an artificial intelligence software that comprises learning content such as presentations, quizzes, interactive videos, and games. This study scrutinizes the role of using H5P in the enhancement of the ESP English Vocabulary of Moroccan Higher Education Students. Based on a convenient sampling and a triangulation model of analysis, one hundred and seventy-five students from the High School of Technology in Khenifra were tested and observed while fifteen teachers were interviewed. The aim of this quasi-experimental study is to analyze the importance of incorporating H5P as an innovative AI synchronously and asynchronously to enrich EST students' ESP vocabulary, which supports language skills mainly writing and speaking. The participants attended different ESP activities using the H5P platform, and the project lasted ten weeks. The data collected were supported by the SPSS software and analyzed to identify the effects of H5P on the participants' impetus and ESP improvement. The outcome also displays that working with H5P during a short period had a relatively significant impact on students' learning sustainability which can empower their language knowledge. Analyses of the questionnaires' responses prior to and after the exposure to H5P reveal the latter significantly contributes to students' ESP vocabulary enhancement. Indeed, the research seeks an alternate teaching approach that would assist students in widening their English vocabulary through novel AI platforms. Teachers may indeed generate novel pedagogies from this paper's outcome. The ultimate results imply that H5P contributes to enriching EFL students' lexicon.

**KEYWORDS:** H5P, Online Quizzes & Games, English Lexicon, ESP.

### 1 INTRODUCTION

H5P (HTML5 Package) is an open-source content authoring and publishing platform for creating and sharing interactive as well as engaging web-based content. It provides a user-friendly interface and a wide range of content creators, allowing users to easily develop engaging and interactive learning experiences, presentations, quizzes, games, interactive videos, and more.

H5P is built using web technologies like HTML5, CSS, and JavaScript, and is designed to be easily integrated into learning management systems (LMS), content management systems (CMS), and other web applications. It provides a wide range of interactive content types, including multiple-choice questions, fill-in-the-blanks, drag-and-drop exercises, interactive videos, and more.

One of the key advantages of H5P is its seamless integration with popular content management systems (CMS) such as WordPress, Moodle, and Drupal. This integration allows users to effortlessly embed and manage H5P content within their existing websites or learning management systems, expanding the possibilities for creating interactive and engaging online courses, tutorials, and educational resources.

Further, H5P is so significant and adaptable platform that it radically transforms the way interactive content is created and shared on the web for both learners and instructors. H5P allows educators to design engaging and interactive learning activities that allure students' retention and sustainability. Thanks to its friendly use of interface and extensive range of customizable content types, H5P allows teachers to effortlessly integrate interactive elements into websites, learning management systems, and various digital platforms. From interactive videos and presentations to quizzes, games, and simulations, H5P opens up a world of possibilities, transforming passive consumption into active participation.

In short, H5P empowers schools and students to create and share interactive content, enhancing the way information is presented and consumed on the web. Its accessibility, versatility, and collaborative nature make it an invaluable tool for educators, trainers, and anyone seeking to deliver impactful and engaging online experiences.

### 1.1 RESEARCH GAP

The transition of Moroccan students from school to college does not necessarily widen their English lexicon, especially English for Specific Purposes (ESP). Indeed, having the ability to communicate in English is a requirement for ESP students, and a specific lexicon becomes a significant language sub-skill to understand, speak, and write in English in addition to the use of English functions appropriately. The mastery of vocabulary is so crucial that students will be able to understand, speak, and write correct English, which facilitates smooth communication. By enriching students' ESP vocabulary, they can decipher specific content and produce texts in the fields. While there is a growing body of research on the use of technology-assisted language learning (TALL) tools for English language instruction, there is a lack of research specifically examining the use of H5P interactive content to enhance English vocabulary acquisition among ESP students.

### 1.2 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

Moroccan ESP students are encountering difficulties in authentic speaking and coherent writing in the target language (English). They presume that vocabulary acquisition is challenging. The latter is due to some factors such as students' lack of motivation in learning vocabulary, limited vocabulary background and context understanding, monotonic teaching methodologies adopted by English instructors, little focus on teaching vocabulary, and absence of pertinent instructional strategies. The study has the potential to contribute to the field of ESP teaching and learning by exploring the potential of H5P to enhance English vocabulary acquisition and promote effective language instruction.

This investigation is hopefully beneficial to overcome the vocabulary difficulties faced by Moroccan university students. The result of this study would be useful as a reference for EFL policymakers and faculty members in Morocco to adapt and adopt the incorporation of H5P and other online game apps into their teaching practice to enhance students' English vocabulary mastery. The finding will also be applicable to English educational researchers who are interested in the use of online platforms to investigate more App usage in language teaching.

### 1.3 RELATED LITERATURE

Games have an important place in language learning today with the advancement of technology. Boulaid & Moubtassime refer to classroom gamification as "an activity with rules, a goal, and an element of fun". They enable learners to actively participate in activities and to strengthen their affective reactions such as interest, motivation, and willingness to participate. Furthermore, games often focus on the communicative and functional aspects of language (Gomleksiz, 2005; Yurtseven, 2016). They have positive effects on active participation, allow individuality and competition in learning, and provide opportunities to use language skills in diverse situations (Kartal, 2014). They can be incorporated into classroom activities to provide a funny yet challenging atmosphere and are especially useful to alleviate students' overwhelmed assignments and teachers' monotonous pedagogy.

Thus, game-based learning is an alternative method that promotes an effective language learning environment as compared to traditional methods. Online gamification lessens students' introversion. It allures risk-taking, praises students for their efforts in active participation, contributes to students' self-confidence, invites students to take initiative and diagnose their background knowledge, encourages students to ask questions, helps students to develop their awareness, and corrects their mistakes (Serbu, 2017).

H5P, for example, can be played through different web browsers and mobile devices through its web interface. In September 2013, H5P launched a mobile application for homework. In March 2019, H5P reached one billion cumulative participating players and in the month of May, the company was reported to have 50 million monthly active unique users (Dellos, 2015). Another benefit of H5P is its ability to support various types of interactive content, including interactive videos, presentations, quizzes, games, and more. This flexibility has been noted in several studies as a significant advantage of using H5P for educational purposes. For example, a study by Kharbach and Berrada (2021) found that H5P was particularly useful for creating interactive quizzes, as it allowed for a more engaging and interactive learning experience for students.

The researchers supported the initial idea for H5P, which was to create media where the teacher and the students in a classroom could interact through a quiz in the form of a game where students compete. The aim of the game was to give the answers to the questions on the board, reflected from the teacher's computer, as fast and correctly as possible on their own

digital devices. A chart between questions gave all students' performance and the scoreboard showed the nicknames and scores of the top five students.

Besides, an advantage of H5P is its accessibility features, which have been noted in several studies. For example, a study by Pechenkina et al. (2021) found that H5P was particularly effective in providing accessible content for students with disabilities, such as visual impairments, as it allowed for the creation of content with alternative text and audio descriptions. In addition, H5P has been shown to be an effective tool for improving student engagement and motivation. A study by Gomes et al. (2021) found that students who used H5P-based interactive content had higher levels of engagement and motivation compared to those who used traditional course materials.

However, some studies have noted potential limitations of using H5P, particularly in terms of its learning effectiveness. For example, a study by Caruso et al. (2020) found that while H5P was effective in enhancing student engagement, it did not necessarily lead to better learning outcomes compared to traditional course materials. Overall, the literature on H5P suggests that it is a useful and versatile tool for creating interactive and multimedia-rich content for educational purposes. While there may be some limitations in terms of its learning effectiveness, the benefits of H5P in terms of accessibility, engagement, and motivation make it a valuable resource for educators and content creators.

In short, H5P provides educators and content creators with a cost-effective solution to develop interactive and engaging learning materials. Future research could further explore the specific pedagogical approaches and best practices for maximizing the potential of H5P in different learning contexts

### 1.4 PREVIOUS STUDIES

H5P has gained significant attention in the educational and e-learning domains due to its versatility and ease of use. Several studies have explored the impact and effectiveness of H5P in various learning contexts. There are few studies that have examined the various aspects of H5P's use in education, such as creating open educational resources (OER), enhancing digital learning, improving engagement and learning outcomes in online classrooms, and assessing the effectiveness of H5P interactive learning activities. These references can provide valuable insights into the application and impact of H5P in educational settings.

To begin with, a study argues that H5P provides a suitable solution for creating such resources due to its versatility and user-friendly interface. Their study put much more emphasis on the importance of accessibility in OER development. It discusses how H5P incorporates accessibility features, such as support for screen readers and keyboard navigation, to ensure that learners with disabilities can engage with the content effectively. They suggest that by using H5P, content creators can easily include interactive elements like quizzes, interactive videos, and interactive presentations, making the learning experience more engaging and inclusive. The study also discusses how educators and instructional designers can customize and adapt H5P content types to suit specific learning objectives and target different learner preferences. Briefly, the study brings to light the benefits of the incorporation of H5P into school activities, for it provides insights into how H5P can be leveraged to create engaging and inclusive educational resources that meet the evolving needs of learners.

In a study by Johnson and Kutzler (2018), H5P was implemented in a university course to enhance student engagement and learning outcomes. The researchers found that H5P modules, such as interactive videos and quizzes, increased student interaction and improved knowledge retention. Students reported higher levels of engagement and satisfaction with the course materials, attributing it to the interactive nature of H5P.

Next, Fischer et al believe that H5P, with its wide range of content types and interactive features, can significantly contribute to enhancing digital learning environments. Their investigation reveals how H5P can be integrated into various learning management systems (LMS) and content management systems (CMS) to create interactive OER. It explores the potential of H5P in promoting active learning, learner engagement, and knowledge construction by allowing learners to actively interact with the content. Further, the study shows how educators and instructional designers can leverage H5P to create interactive quizzes, multimedia presentations, interactive videos, and other interactive activities that enhance learner participation and understanding. The outcome implies that H5P can empower educators to create engaging and effective digital learning resources that align with contemporary pedagogical approaches. It provides practical examples and insights into the application of H5P in various educational contexts, showcasing its potential to promote active learning, engagement, and knowledge construction in digital learning environments.

Similarly, a study conducted by Silva and Baptista (2019) examined the integration of H5P in an online language learning environment. The researchers observed that H5P activities, such as drag-and-drop exercises and fill-in-the-blank questions, promoted active participation and fostered a sense of autonomy among learners. The interactive nature of H5P was found to enhance language acquisition and improve overall learning outcomes.

Furthermore, H5P has also been studied in the context of accessibility and inclusivity. In a research project by Chen and Chiang (2020), H5P content was evaluated for its accessibility features and compliance with web accessibility guidelines. The study highlighted the importance of designing H5P modules that are accessible to individuals with disabilities, ensuring equal access to interactive learning materials.

Later, another study assumes that interactive and engaging activities are crucial for fostering learner motivation, attention, and knowledge retention. The study explores how the H5P framework can be leveraged to create interactive content that promotes learner engagement in an online classroom. The authors discuss various H5P content types, such as interactive videos, quizzes, and interactive presentations, and their potential to enhance learning experiences. They describe how H5P activities were designed and implemented to provide learners with interactive and self-paced learning opportunities. The study also discusses how learner engagement and learning outcomes were assessed through qualitative and quantitative measures. It reveals positive outcomes in terms of learner engagement and learning effectiveness. It highlights how H5P activities, such as interactive videos and quizzes, facilitated active learning and encouraged learners to interact with the content. The authors also found that learners appreciated the interactive nature of the H5P activities and felt more engaged in the online course. The study provides empirical evidence supporting the positive impact of interactive H5P activities on learner engagement and learning outcomes, offering valuable insights for educators and instructional designers seeking to optimize online learning experiences.

Another aspect of H5P that has been investigated is its impact on learner motivation. A study by Wang, Chen, and Xu (2021) explored the use of H5P in a flipped classroom setting. The researchers found that H5P activities, such as interactive presentations and gamified quizzes, enhanced learner motivation and engagement. The interactive and gamified elements of H5P were identified as key factors in stimulating learner interest and promoting active learning.

Again, a recent study claims that H5P, with its interactive content types and customization options, has the potential to improve the quality of online learning experiences. The study examines the influence of H5P activities on knowledge acquisition and retention. It recommends implementing H5P activities in online learning contexts, which implies the potential of H5P interactive learning activities in improving engagement, participation, and learning outcomes in online learning environments. The study displays positive outcomes in terms of learner engagement and learning effectiveness. It indicates that H5P interactive learning activities positively impact learner motivation, participation, and satisfaction. Hence, the study provides empirical evidence supporting the effectiveness of H5P activities and offers insights into their impact on learner motivation and knowledge acquisition.

In summary, the literature review reveals that H5P is a versatile and effective tool for creating interactive content in various educational settings. The studies discussed emphasize the positive impact of H5P on learner engagement, knowledge retention, language acquisition, accessibility, and motivation. However, no prior study has dealt with H5P in relation to the enhancement of the ESP lexicon.

## 1.5 STUDY OBJECTIVE

This study investigates the effectiveness of H5P-based interactive content in widening the English lexicon for specific purposes among Moroccan ESP students. Accordingly, the researcher believes that the integration of H5P in ESP classroom activities contributes to enriching learners' English vocabulary storage.

The study attempts to find answers to the following research questions:

- Q1. To what extent does the use of H5P interactive content improve English language learning outcomes among non-native English-speaking learners?
- Q2. How can the incorporation of H5P be important for students' vocabulary?
- Q3. What are the challenges of using H5P to widen students' English lexicon?
- Q4. Are students and/or teachers satisfied with the incorporation of H5P interactions in the learning process?

## 1.6 METHOD

An overview of H5P is introduced before delving into the body of the research project. The review was collected from many kinds of resources such as articles from trustworthy academic journals and e-books. The chosen literature was then analyzed and evaluated critically to find the information needed. Three benefits of H5P on the improvement of students' vocabulary are examined. First, this paper suggests benefits from H5P's contribution to motivating students to remain focused and grasp English expressions. Second, the study explains the advantage of H5P regarding the students' vocabulary in context and how

students can use the same word in different linguistic and cultural situations. Third, this project focuses on discussing the importance of H5P in developing students' learning materials and how they can take initiative for their own learning.

The researcher thus uses a pre-test / post-test quasi-experimental design (Fraenkel & Wallen, 2003) to deduce the causal impact of H5P intervention on the learners' vocabulary. A pre-test questionnaire was administered to assess the participants' English for Specific Purposes lexicon before the H5P interaction. An assessment tool was developed for this sake. After the first week, the participants were exposed to H5P interactive activities using a specific English jargon including games and quizzes based on specific content. By the end of the experiment, a post-test questionnaire was administered to the same participants to assess their ESP lexicon. Later the pre-test and post-test scores were compared using SPSS to determine the effectiveness of the H5P interaction in empowering the ESP lexicon. Also, t-tests and ANOVA analysis were resorted to in different research questions and hypotheses.

Furthermore, semi-instructed interviews were conducted with teachers to gather qualitative data on their satisfaction with the incorporation of the H5P interactive activities. This data can complement the quantitative data and provide insights into the learners' experiences and attitudes. While the independent variable stands for H5P game-based learning activities, the dependent variables include EFL students' knowledge and satisfaction with ESP. Both the control and experimental group attended the English course. The former followed the traditional methods while the latter was supported with game-based learning activities.

### 1.6.1 PARTICIPANTS

This case study comprises sixth-semester Moroccan students enrolled in Aquaculture and Environment Department, Higher School of Technology in Khenifra, Morocco. during the academic year of 2022-2023. There were two groups of students yet attending the same module by the same instructor. The students did not have any previous exposure to H5P or any alike platform. The two classes were assigned to experimental and control groups formed through a simple random sampling method, in which participants had the same probability of being placed in the specified groups (Fraenkel & Wallen, 2003).

**Table 1. Distribution of Participants in the Study by Gender and Voc. Mastery**

Gender	EG	CG	Total
Female	20 (30.6%)	17 (24.2%)	37 (53.8%)
Male	18 (21.0%)	14 (24.2%)	32 (46.2%)
<b>Level of Vocabulary Mastery</b>			
Beginner	17 (46.0%)	14 (53.0%)	31 (50.0%)
Intermediate	19 (50.0%)	16 (43.0%)	35 (47.0%)
Advanced	2 (4.0%)	1 (4.0%)	3 (3.0%)
<b>Total</b>	<b>38 (51.6%)</b>	<b>31 (48.4%)</b>	<b>69 (100.0%)</b>

Note: EG= Experimental Group, CG= Control Group

As seen in Table 1, there were 69 participants, 31 in the control group and 38 in the experimental group. Although the distribution of these participants by gender was close to each other, female participants (53.8%) were slightly more than male participants (46.2%). The students were studying ESP Module. Almost all participants report that their Vocabulary Mastery is at a beginner and intermediate level.

### 1.6.2 SETTING

This case study is designed to scrutinize the effects of H5P as a game-based learning activity on students' knowledge and satisfaction with English skills and subskills. It is conducted in the ESP English course, one of the compulsory courses offered to the Aquaculture and Environment Department at the Higher School of Technology in Khenifra. The aim of this course is to enable students to enhance their English speaking and writing skills, which cover listening, vocabulary, and grammar subskills. At the end of this course, students are expected to acquire such skills and widen their English vocabulary in such a way they could communicate smoothly. H5P gamification is incorporated into the ESP Course to provide a setting where participants take an active role in the learning process and interact with each other. For each session, participants are expected to answer at least 20 questions divided into 30 seconds each. The questions are presented in the form of quizzes and jumbles, including pictures, videos, and audio. The emphasis of the games was put more on English vocabulary in context. The winners of each

H5P quiz and game are announced at the end of the session and the three top winners' names are displayed on the podium, and they are referred to as "H5Per of the Week".

### 1.6.3 DATA ANALYSIS AND PROCESS

The study is conducted in the classes of the sixth-semester ESP Module during the academic year of 2018-2019. Students participate in the study on an intended basis. Pre-tests questionnaires are administered to the students to collect the relevant data for the study prior to their exposure to H5P in the first week of the course. Traditional methods (e.g., narration, question-answer, and demonstration) are employed in the control group. In the experimental group, H5P activities are incorporated starting in the second session.

*Table 2. Data Collection Process*

Gender	CG	EG
At the Beginning of the Course	Pre-Test (Questionnaires) (1st Week)	Pre-Test (Questionnaires) (1st Week)
During the Course	Traditional Teaching Methods	Game-based activities
At the Beginning of the Course	Post-Test (Questionnaires) (1st Week)	Post-Test (Questionnaires) (1st Week)

## 2 DISCUSSION

IBM SPSS Statistics 23.0 program is used for statistical analysis of quantitative data. Different statistical tests are used depending on the type of data. Accordingly, an independent samples t-test (i.e., a parametric test) and Mann Whitney-U test (i.e., a non-parametric test) were run for the paired comparison of different groups. A paired t-test (i.e., a parametric test) and a Wilcoxon Signed Rank test (i.e., a non-parametric test) were run for paired comparisons within the same group. The difference between the groups according to the relevant variables was tested at the significance level of  $p < .05$ .

The researcher investigates if there is a change in the factors of English vocabulary knowledge of ESP sixth-semester students of English before and after exposure to an authentic Open AI platform, H5P. The purpose is also to deduce whether there is a change in the knowledge of some skills mainly listening and subskills such as grammar, vocabulary, and pronunciation before and after working with H5P interactivities. Participants' rates of H5P interactions based on the differences in gender and age are also examined. The gain scores for the pre-test and post-test were used to analyze the third research question (Dimitrov & Rumrill, 2003).

A comparison of the informants' answers in the two questionnaires prior to the exposure to the H5P application and after experiencing the funny live activities reported a significantly greater frequency of participation orientation in the posttest. They also reported significantly greater confidence in their knowledge and skills related to vocabulary background.

Interestingly, most of the questionnaire's items are rated positively by the participants. The latter believe that H5P has made their learning enjoyable, easy to use, and interactive, helping them to understand their ESP better. Undoubtedly, all the four constructed factors that determine learning engagement as described in the literature occur in H5P that lead to student engagement. That is to say, H5P motivates them to take up challenges, is able to control them, absorb the activity, alluring their intrinsic interest and they value the session as a useful activity for learning.

The findings also imply that students accept formative assessment through H5P as a fun learning activity. Students are likely to spend more time on the course if it is enjoyable, engaging, and fun. It is worth noting that students respond positively to learning activities that allow them to interact with their teachers and receive immediate feedback. This can be incorporated into H5P during a teaching session in the classroom.

2.1 DESCRIPTION OF DEMOGRAPHIC ATTRIBUTES

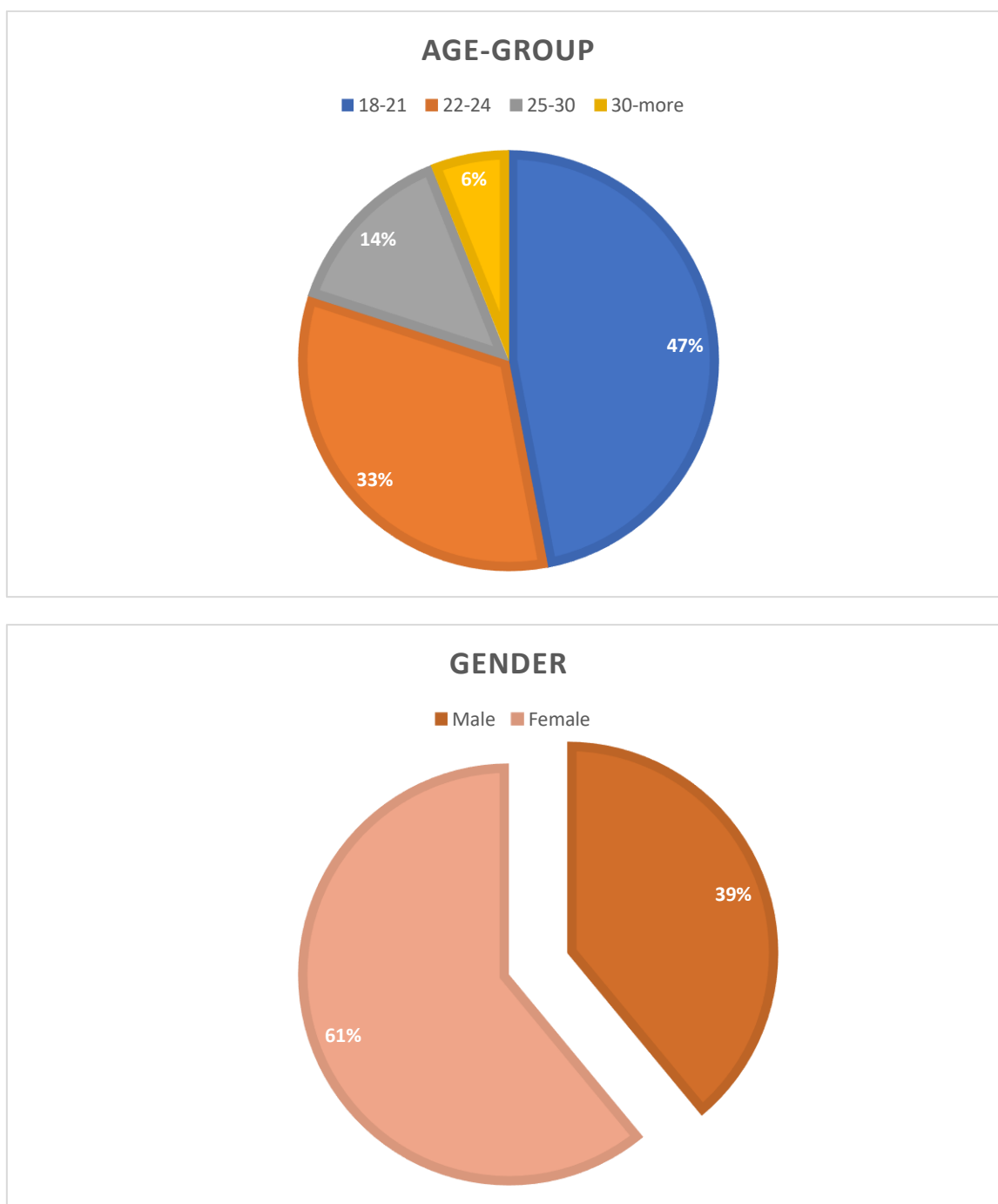


Fig. 1. Description of Demographic Attributes

Figure 1 depicts the demographic constructs for this study. The majority of participants age is from 18 to 21 years old (56% young learners). For gender, 54% of the informants reported female and 46% reported male. For the subject matter, all of the informants are students of ESP (100%). For Mobile Device ownership, a great number of participants report owning at least a smart cell phone (93%) and a personal computer (89%), while more than a half report obtaining a tablet (61%) and a very small number of informants have a smartwatch (13%).

2.2 DESCRIPTION OF DEPENDENT VARIABLES: AWARENESS OF OPEN AI

Figures 2 and 3 (see below) reveal that participants were not aware of the educational role of many Open AI applications such as H5P, Kahoot, Quizlet, PlayPosit, and EdPuzzle, while they are used to working with Facebook and YouTube. This data shows that the rate of participants' awareness changes after their exposure to the H5P experiment (learning with H5P activities).

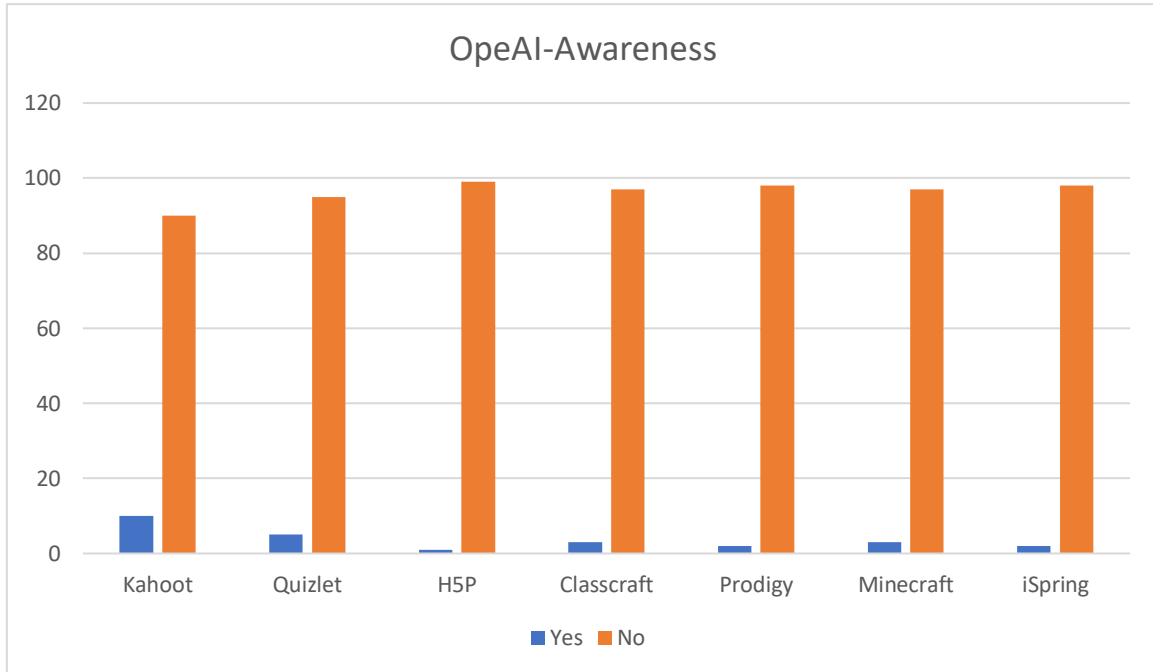


Fig. 2. Students' familiarity with Open AI (before)

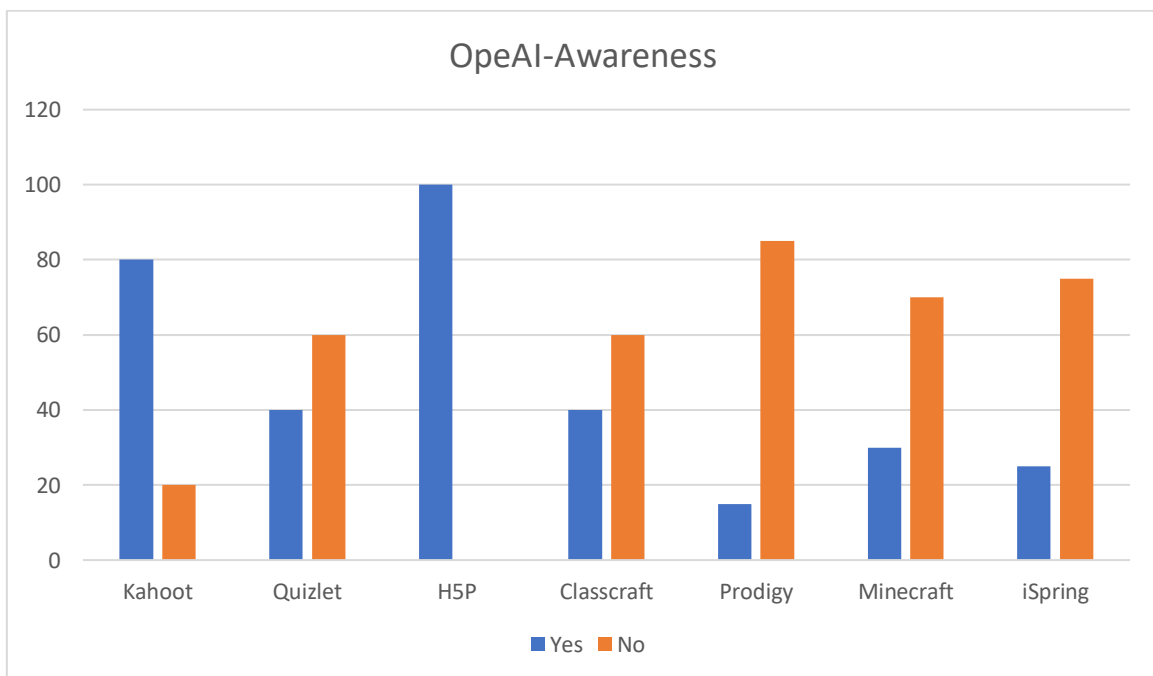


Fig. 3. Students' familiarity with Open AI (after)

2.3 RESPONSE ABOUT SATISFACTION WITH H5P

A paired t-test was used to compare the participants’ pre-survey and post-survey responses to see whether there is any positive significance of the incorporation of H5P. An in-depth comparative analysis of the frequent user and infrequent users of H5P during the 7th week is also conducted through an independent t-test to identify whether the frequency of accessing H5P produced different results. A t-test is usually used in the analysis of data collected from research involving the pre-and-post project (Johnson, 2014). In addition, a chi-square test was conducted to examine whether there was a correlation between the frequency of H5P logging in and reported changes in learners’ participation attitudes.

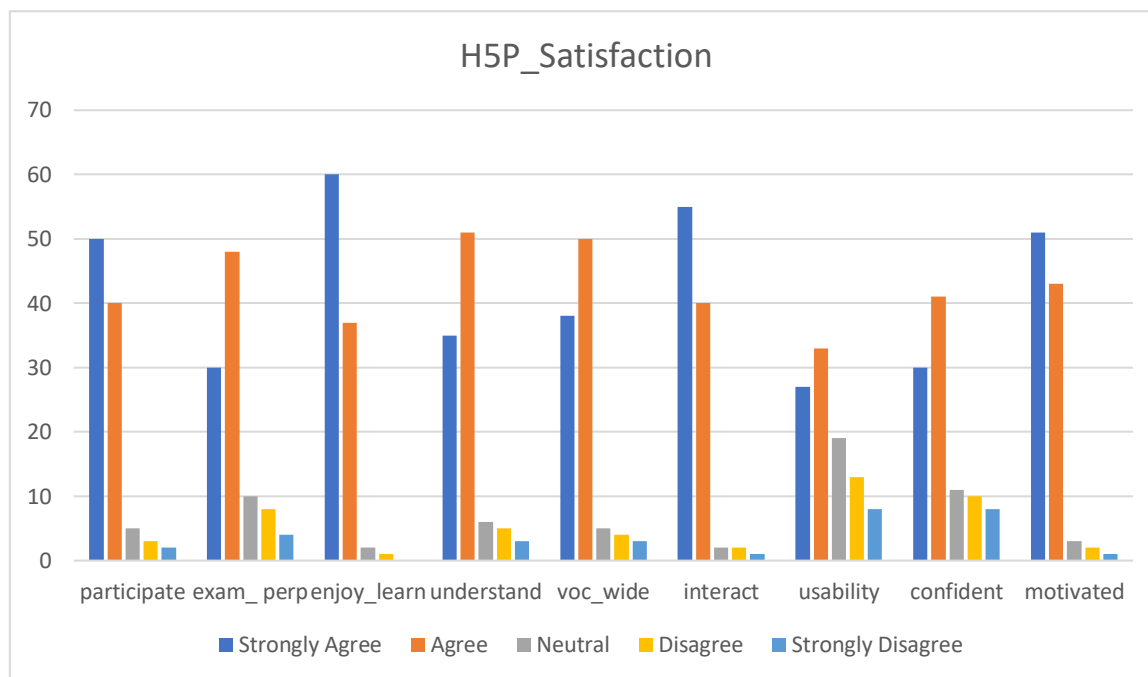


Fig. 4. Students’ overall satisfaction with H5P in ESP enhancement

As to learning preferences, more than half of the respondents report preferring both online and face-to-face instruction, while a third of participants report preferring to be instructed through H5P and similar technologies, and a tiny portion report choosing face-to-face instruction only. Other elements related to the participants’ vocabulary, positive attitudes, and aptitudes were reported towards H5P gamification, positive attitudes toward the compatibility of H5P Apps with their learning needs’ diagnosis and outcomes’ evaluation, and positive perceptions of the subjects’ expectations of H5P Apps use for ESP and English vocabulary in the post-survey than in the pre-survey.

Interestingly, Figure 4 implies that the H5P contest has a positive impact on the classroom environment and the English for Specific Purposes (ESP) learning outcomes, for most participants confirm that the H5P contest provides an inspiring classroom milieu (92%). Very few participants (3% and 4%, respectively) did not disagree but were indecisive. This indicates that the contest creates an engaging and motivating atmosphere for the students, potentially making learning more enjoyable and effective.

Secondly, when it comes to the effects of playing H5P on ESP, the results are overwhelmingly positive, as participants report being highly motivated (96%), taking initiative (89%), and gaining more vocabulary. Furthermore, participants indicate that playing H5P enhances their vocabulary acquisition from class activities (92%). This suggests that the H5P contest effectively facilitates vocabulary learning, possibly through interactive exercises and engaging content. from class activities (92%).

Additionally, a majority of participants (76%) claim that playing H5P helps them prepare well for exams and quizzes. This implies that the contest may contribute to better test performance by reinforcing students’ understanding of the material and providing opportunities for practice and review, and prepare well for exams and quizzes (76%), and enhancing basic skills of English (90%). Only 2 % of the students were disagreeing with the positive impact of playing H5P on acquiring extra vocabulary. This implies that the interactive and gamified nature of H5P activities likely stimulates students’ interest and encourages them to actively participate in the learning process.

Moreover, participants report that playing H5P enhances their basic skills of English (90%). This indicates that the contest likely supports the development of fundamental language skills such as reading, writing, listening, and speaking. Lastly, while the majority of students agree on the positive impact of playing H5P on acquiring extra vocabulary, a small percentage (2%) disagrees. This dissenting opinion suggests that H5P may not be equally effective for all students when it comes to expanding their vocabulary beyond the core curriculum.

Overall, the data indicate that the H5P contest has a positive influence on the classroom environment, student motivation, initiative, vocabulary acquisition, exam preparation, and basic English skills. These findings suggest that integrating H5P activities into ESP instruction can be a valuable and effective educational approach.

#### 2.4 RESPONSE ABOUT VOCABULARY KNOWLEDGE VIA H5P

A paired t-test was used to infer the significant variation in the scores of each participant indicating the pre-and-post proficiency (Tavakoli, 2013). The survey's outcomes reveal that participants did not have basic competencies of vocabulary in context and ESP proficiency through the use of H5P before their exposure to H5P activities (see figure 5), while they become not only aware but competent at the use and interaction through such applications after the participation in the project abilities that did not transfer into high skill levels in the use of other technologies. Further, we can note the overall satisfaction of participants with playing/answering the H5P quizzes and jumbles either in classic mode (individually) or in team mode (by group of five max) sequential and competitive games as well as with their loud interactive learning while using H5P.

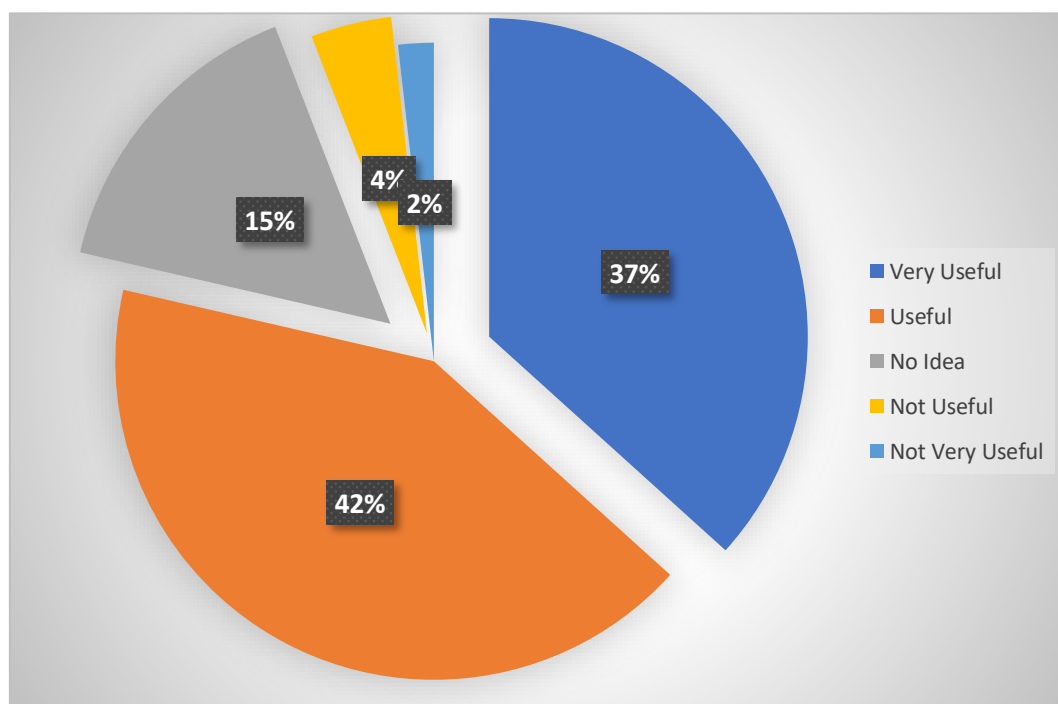


Fig. 5. Percentage of students' Open AI knowledge after experience

Additionally, 25 out of the 38 participants (67%) reported improving their participation. The chi-square test between self-reported frequency of H5P and ESP was significant indicating that the frequency of accessing H5P is correlated with the change in mastering English vocabulary. A closer examination of the data showed that the majority of the frequent users (91%) reported promoting their lexis and thus developing their ESP skills after experiencing H5P interaction. This finding confirms that H5P was reported to have a positive effect on the participants' understanding of new vocabulary especially among the students who frequented H5P.

To spot whether there is a statistically significant difference between the pre-test and post-test means of H5P level of students' knowledge, a two-tailed paired samples t-test is run in SPSS. Such a test provides a mean score of 7.97 with a standard deviation of 14.47. The results of the paired samples t-test yielded a score of 5.37 at a p-value of 0.001 indicating a highly statistically significant difference between the pre-test and post-test means of mastery experience. Therefore, the null hypothesis is rejected.

Independent samples t-test results on pre-test scores of students in the groups for skills and subskills knowledge in English scale are presented in Tables 3 and 4.

**Table 3. Comparison between Experiment and Control Groups in English Skills**

Gender	Groups	N	Mean	Min.	Max.	SD	t	P
Reading	Experiment	38	2.66	1.0	4.3	0.76	-0.30	0.76
	Control	31	2.72	1.0	4.0	0.81		
Writing	Experiment	38	2.18	1.0	3.3	0.61	-0.69	0.49
	Control	31	2.30	1.0	3.6	0.70		
Listening	Experiment	38	2.55	1.1	4.6	0.84	0.13	0.89
	Control	31	2.52	1.0	4.6	0.84		
Speaking	Experiment	38	2.23	1.0	4.2	0.87	0.13	0.89
	Control	31	2.26	1.2	4.0	0.78		

Table 3 displays that the means of speaking sub-factor of students in the experimental group and in the control group was 2.76 and 2.30 respectively. This difference is statistically significant ( $p < .05$ ). Table 4 reveals that the paired t-test results for pre-post test scores of the self-efficacy beliefs scale for English in the experimental group.

**Table 4. Distribution of English Skills and Subskills of Experiment Groups**

Gender	Groups	N	Mean	Min.	Max.	SD	t	P
Reading	Pre-Test	31	2.66	1.0	4.3	0.76	-1.34	0.19
	Post-Test	31	2.96	1.3	4.5	0.76		
Writing	Pre-Test	31	2.18	1.0	3.3	0.61	-1.39	0.17
	Post-Test	31	2.49	1.0	4.5	0.81		
Listening	Pre-Test	31	2.55	1.1	4.6	0.84	-2.28	0.29*
	Post-Test	31	2.99	2.1	4.0	0.55		
Speaking	Pre-Test	31	2.23	1.0	4.2	0.87	-2.60	0.14*
	Post-Test	31	2.74	2.0	4.0	0.59		

Note. \* $p < .05$ .

As seen in Table 4, a statistically significant difference was found between the mean scores of the listening ( $t = -2.28, p < .05$ ) and speaking ( $t = -2.60, p < .05$ ) sub-factors in the paired t-test results for the pre-test and post-test scores averages of the skill knowledge in ESP in the experimental group. In other words, the scores of the students in the experimental group increased in favor of the post-test between the pre-test and post-test measures of the mean of the listening and speaking factors.

## 2.5 INTERPRETATION OF THE RESULTS

The researcher investigates if there is a change in the factors of satisfaction and competence of students before and after exposure to authentic H5P software. The purpose is also to infer whether there is a change in the scales of students' ESP lexicon before and after interacting with H5P activities. Participants' rates of H5P interactions based on the differences in gender and age are also examined. The gain scores for the pretest and posttest were used to analyze the third research question (Dimitrov & Rumrill, 2003).

A comparison of the informants' answers in the two questionnaires before the exposure to H5P and after experiencing H5P Software reported a significantly greater frequency of participation orientation in the post-test. They also reported significantly greater confidence in their knowledge and skills related to participation readiness.

A paired t-test was used to compare the participants' pre-survey and post-survey responses to see whether there is any positive significance of the incorporation of H5P. In-depth comparative analysis of the frequent user and infrequent user of H5P during the 4 weeks was also conducted through an independent t-test to identify whether frequency of accessing H5P produced different results. A t-test is usually used in analysis of data collected from research involving the pre-and-post project (Johnson, 1978). In addition, a chi-square test was conducted to examine whether there was a correlation between the frequency of H5P logging in and reported changes of learners' participation attitudes.

Data are analyzed to determine means, standard deviations, and significance among the three sequences. These statistics aid in the description of students' and teachers' awareness of H5P tools, frequency of H5P use, satisfaction with H5P interactivity, and their level of proficiency in integrating into the educational setting. Descriptive statistics confirm that there exists a positive impact of H5P software throughout the experiment. This paper provides detailed tables, graphs, and explanations of the data collected throughout the surveys before and after the experiment to deduce insights for ESP students and teachers about H5P's stimuli to widen ESP vocabulary and thus English proficiency.

The regression results confirmed that the four factors combined — Demography, Awareness, Satisfaction, and Competence — explained the significant variance (44.1%) in SDL (adjusted R2). Examining the path analysis results, device ownership ( $\beta = 1.313$ ,  $t = .779$ ), Internet usage ( $\beta = .295$ ,  $t = 4.441$ ), awareness ( $\beta = .412$ ,  $t = 5.890$ ), students' attitudes ( $\beta = .295$ ,  $t = 4.441$ ), teachers' integration ( $\beta = .412$ ,  $t = 5.890$ ), students' competence ( $\beta = .295$ ,  $t = 4.441$ ), and teachers' competence ( $\beta = .023$ ,  $t = .414$ ) in H5P had significant effects on students' ESP lexicon. Therefore, the results of this study combined research hypotheses 1, 2, and 3. R2 for the overall model was 44.7% with an adjusted R2 of 44.1%, a large size effect.

This study analytically deals with the importance of integrating H5P Software in ESP curricula so as to contribute to widening students' lexicon. In so doing, it has clearly stated its aims, provided a comprehensive theoretical background for operationalizing them, adopted validated conceptual frameworks, and, most importantly, made use of a solid mixed-method triangulation design. The path analysis results of students' questionnaires, teachers' interviews, and post-test questionnaire data show that Moroccan ESP students in Khenifra have indeed developed their English vocabulary thanks to H5P interactions. Apart from demographic items, all factors have positive significance towards the role of H5P in the enrichment of students' ESP lexicon. A high rate of responses during the experiment confirms the important role of the integration of H5P in the improvement of students' understanding, yet few informants express their concern with the use of H5P activities. Besides, very few teachers reported having used H5P activities in their ESP teaching process. This reflects how the Moroccan Ministry of Higher Education ignores the educational role of software such as H5P in the reinforcement of students' learning proficiency. In short, the outcome of the current research paper reveals that students of the High School of Technology in Khenifra are strongly satisfied with the H5P interacting games and quizzes, and their English vocabulary became wide.

Figure 6 reveals that a third of the population under study favors H5P interacting activities over other learning style preferences. The Figure also reveals that only 12% of the respondents have a preference for traditional lecturing. Interestingly, more than half of the population (53%) preferred H5P software and traditional lecturing. Students of this preference believe in the importance of combining online software and face-to-face lecturing, while very few respondents did not report any learning style preferences for either H5P or Lecturing. Overall, the data displays that H5P interaction is the most preferred learning style among the surveyed students, with 31% favoring it. However, a significant number of students (53%) expressed a preference for both online and face-to-face learning, indicating a recognition of the advantages offered by each approach.

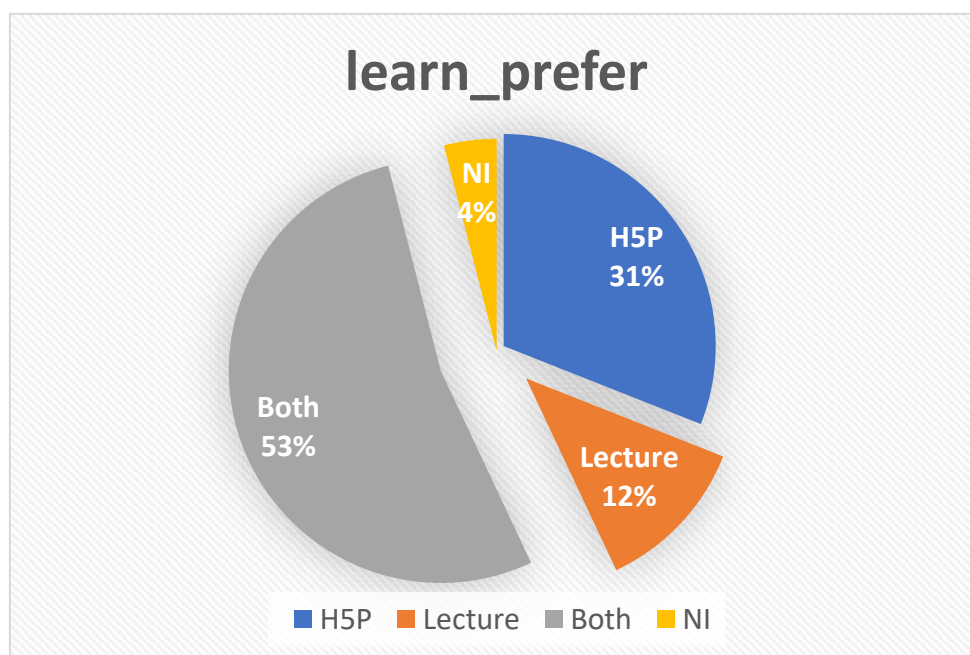


Fig. 6. Learning style preferences

### 3 IMPLICATIONS AND RECOMMENDATIONS

The incorporation of H5P as an Open AI platform can widen the English for Specific Purposes Lexicon for Moroccan ESP students and hence pave the way for innovative Higher Education Pedagogies. Indeed, this project's result is consistent with the literature on interactive online platforms and their role as a means of students' excitement and engagement in learning (Griffiths, 2002; Anyanwu, 2014; Janssen, 2015). This practical activity is so significant that it confirms a higher presence and engagement, and more retention and sustainability among ESP students inside and outside the classroom. This can also contribute to instructors' formative assessment in the sense that they retain regular feedback and evaluate the understanding of learners in an inspired strategy. More interestingly, H5P guarantees free access, and members can use their own mobile devices to log into the platform. These positive points push teachers of specific English, who wish to shed light on specific jargon, to incorporate this kind of Open AI interactive sites into the curricula of English for specific objectives. Indeed, these new technologies lead to the creation of ground-breaking teaching approaches (Brown, 2016). Briefly, H5P is a free Open AI platform used to create and share interactive content such as quizzes, presentations, and games. This study, then, implies numerous implications and recommendations.

#### 3.1 IMPLICATIONS OF THE STUDY

A number of significant implications can be inferred through the findings of this original paper with the hope of endorsing novel pedagogies and assuring the quality of teaching English vocabulary at Moroccan institutions. Thus, upgrading actions should be considered the sooner the possible in order to cope with the innovative waves worldwide. Above and beyond, the outcomes imply that institutions where English vocabulary is a must are still lagging behind in the incorporation of new technologies such as H5P in the teaching process though the participants in this study report their satisfaction with learning through H5P activities. The results also propose a pedagogical potential H5P and other Open AI technologies may play in the enhancement of students' English vocabulary.

To put it differently, the data suggest that incorporating H5P activities into English for Specific Purposes (ESP) instruction can have a positive impact on students. Teachers can consider integrating H5P activities into their lesson plans to create an inspiring classroom milieu and enhance student motivation, initiative, vocabulary acquisition, exam preparation, and basic English skills. The data shows that playing H5P activities can contribute to vocabulary acquisition from class activities. Teachers should continue to emphasize vocabulary development through H5P and other interactive techniques to enhance students' language proficiency. Additionally, they can explore ways to address the concerns raised by the small percentage of students who disagreed with the impact of H5P on acquiring extra vocabulary.

Besides, the findings highlight the importance of gamification and interactivity in language learning. H5P activities, with their interactive and game-like features, can engage students and make the learning process more enjoyable. Educators can explore other gamified approaches to promote active participation and motivate students in their ESP classes

##### 3.1.1 IMPLICATIONS FOR STUDENTS

The data suggests that playing H5P activities can help students prepare well for exams and quizzes. Educators can leverage H5P to provide opportunities for practice, review, and reinforcement of content covered in class. By integrating H5P activities into their teaching strategies, teachers can better support students' exam readiness and overall academic performance.

Students who are involved in interactive online activities such as H5P are more likely to hone their learning commitment and enthusiasm in the sense that they enjoy interactive and engaging ways of learning. This indeed contributes to increasing their participation and experiencing a more positive class. Further, H5P content is so accessible that even students with disabilities can integrate fully into classroom activities. H5P comprises elements that allow the generation of content that is reachable to learners with visual, auditory, and other disabilities.

Students can customize H5P activities that meet their interests. This can help to improve learning outcomes by providing activities that are tailored to the student's learning style and pace. In short, H5P is easy to use and does not necessitate any prior programming skills. Teachers and students can swiftly generate interactive content, which makes it a fitting instrument for different classroom activities.

Indeed, the dissenting opinions expressed by a small percentage of students regarding the impact of H5P on acquiring extra vocabulary highlight the importance of recognizing individual differences in learning styles and preferences. Teachers should be mindful of adapting their instructional approaches to meet the diverse needs of students, ensuring that alternative methods are available for vocabulary expansion if H5P alone does not cater to every student's requirement.

### 3.1.2 IMPLICATIONS FOR FACULTY MEMBERS

The findings of this study have important implications for teachers and students who intend to use new technologies like H5P in their teaching/learning English vocabulary in context. They should know that Open AI such as H5P plays a crucial role in education, communication, motivation, goal setting, and so forth. In that, Faculty members are supposed to develop positive attitudes and perceptions of the perceived usefulness and ease of use of Open AI technologies like H5P among their students.

One pertinent implication is that teachers can use H5P for formative assessment. The most widely agreed definition is that formative assessment seeks to determine how students are progressing toward a certain learning goal. The overarching goal is to monitor student learning to provide ongoing feedback. That feedback, in its turn, can be used by teachers to improve their teaching and by students to improve their learning, depending on their individual needs, strengths, and weaknesses.

Faculty should regularly assess the effectiveness of H5P activities in achieving desired learning outcomes. They can collect feedback from students, monitor performance, and make adjustments based on the data collected. By evaluating the impact of H5P on student engagement, motivation, and learning outcomes, teachers can refine their instructional approaches and enhance the overall effectiveness of using H5P in ESP instruction

They can also consider incorporating H5P activities into their instruction to create an inspiring classroom milieu. The interactive and gamified nature of H5P can help engage students and create a more motivating learning environment. Teachers can explore different types of H5P activities, such as quizzes, interactive presentations, or interactive videos, to cater to different learning styles and promote active participation.

The findings highlight the positive impact of H5P on vocabulary acquisition. Teachers can use H5P activities to facilitate vocabulary learning by designing interactive exercises, word games, or flashcards. It is essential for teachers to consistently integrate vocabulary-building opportunities throughout their ESP lessons using H5P, reinforcing key terms and concepts relevant to the subject matter.

Moreover, H5P activities can facilitate time management, which permits teachers to use pre-made H5P activities, as well as customize their own activities that can be recycled later. This allows teachers to accomplish more classroom tasks, while students can complete activities independently, freeing up class time for other activities. In brief, the incorporation of H5P in classroom activities can have many positive implications for both teachers and students, including enhanced engagement, personalized learning, accessibility, increased collaboration, and time-saving.

Briefly, Faculty members may benefit from the implications of this data by incorporating H5P activities to create an inspiring classroom environment, foster student motivation, enhance vocabulary development, support exam preparation, cater to individual differences, and continuously evaluate and refine their instructional approaches.

### 3.1.3 IMPLICATIONS FOR POLICYMAKERS

For quality assurance in higher education, stakeholders and policymakers are invited to enhance the transition from a lecture-based format to a problem-solving approach requiring self-directed, small-group work (see also Trevitt and Sachse-Åkerlind, 1994).

Policymakers may infer a number of relevant recommendations from the outcomes of the current research paper. In that, they are required to establish comprehensive professional development methods focusing on the arrangement of effective teaching training. Such professional strategies should concentrate on ongoing training targeting the necessary skills that could help teachers to make successful integration of H5P as an Open AI educational purpose.

This is a wake-up call for Policymakers to invest in the necessary technology infrastructure, including hardware and software, and to support the use of Open AI software such as H5P in learning curricula. This includes ensuring that schools have access to high-speed internet, computers, and mobile devices. Within the same framework, teachers are supposed to find and attend continuous training and professional development workshops to become competent in the use of such software. This includes, yet not limited to, training on how to generate, implement, and evaluate interactive H5P quizzes and games.

Policymakers can consider promoting the integration of technology, such as H5P, in educational policies and initiatives. This can include providing resources and training for teachers to effectively incorporate technology into their instruction and ensuring access to necessary technological infrastructure in schools. Policymakers can allocate resources and develop programs that focus on providing professional development opportunities for teachers to enhance their skills in utilizing technology tools like H5P. This can include training sessions, workshops, or online courses that equip teachers with the necessary knowledge and strategies to effectively integrate H5P activities into their instructional practices.

However, Policymakers need to ensure that the use of H5P in classrooms is shielded with privacy and data protection protocols. This includes providing guidelines for gathering and saving students' data and ensuring that H5P activities are protected and conform to appropriate data protection procedures.

Overall, the implications of this data suggest that integrating H5P activities into ESP instruction can lead to an inspiring classroom environment, increased student motivation, and enhanced language learning outcomes. Educators should explore the potential of H5P and similar interactive tools to create engaging and effective learning experiences for their students.

### 3.2 RECOMMENDATIONS FOR FUTURE STUDIES

Subsequent to the literature review, previous relevant studies, data collection, and analysis, and the outcomes' implications, recommendations for future research become ostensible. Indeed, several recommendations are inferred through the findings of this research. For example, future studies are recommended to investigate the role of other Open AI technologies in the enhancement of the other English sub-skills such as Grammar, Idioms, and Transcription. This has to be done with a different sample from a different population to grasp different (or similar) results.

Another recommendation for future researchers is to duplicate the study with students from other departments in other institutions to attain more ideas about the benefit of incorporating Open AI Applications in the learning process. Indeed, through this study, it has become apparent that further interviews and observations may be necessary to obtain data on the actual uses of the applications.

Besides, Future studies can explore the effectiveness of H5P activities on university student learning outcomes compared to traditional classroom lecturing. This can involve conducting controlled experiments or comparing student performance data from classrooms that use H5P and those that do not

Future researchers are also expected to scrutinize the power of H5P activities on student retention and sustainability. This can involve qualitative research methods such as focus groups, interviews, or surveys to gather student perspectives.

Future studies can investigate the process of creating H5P activities and compare them to other Open AI software, including the skills required, the time required, and the effectiveness of different approaches. This can involve conducting surveys or interviews with educators who have customized H5P activities.

## 4 LIMITATIONS OF THE STUDY

The outcomes of this research paper may have limited generalization beyond the specific context in which it was conducted. The study only collected responses from students at one Moroccan Higher Education institution within a small-scale department; other Departments of languages such as Arabic and French, where vocabulary in context is mandatory, might be taken into account. Therefore, the findings may not be representative of students and teachers in different contexts or educational institutions. The small sample size of the questionnaire further restricts the generalizability of the results. The researcher attempts to produce an added value within the norms of scientific investigation; however, the research outcome is not free of some shortcomings and limitations. Caution should be exercised when interpreting the qualitative phase of the questionnaire. This study is based only on the responses from students of one Moroccan Higher Education institution at a small-scale department. Thus, generalizability is limited to students and teachers in similar contexts. Additionally, while the study demonstrates that satisfaction is a significant predictor of the incorporation of H5P as an Open AI Application, it is important to consider that students' attitudes may change in the future as they become exposed to and utilize other Open AI technologies.

## 5 CONCLUSION

Currently, the way students learn and connect with others has known a dramatic transformation. What students acquire and how they are instructed is no longer through hard copies and handouts delivered from their teachers. Learning activities are now more accessible and instantaneous. H5P, for example, has become pervasive, and teachers of English are invited to find ways to cope with recent Open AI technologies such as H5P to hone their students' vocabulary. It is thus useful to examine how EFL students are currently broadening their English vocabulary thanks to new Open AI Apps like H5P, and how their teachers could incorporate those Apps efficiently and effectively. The current research study addresses H5P as a tool to which students and instructors have access and how they can use their devices to empower their learning effectively and efficiently. Indeed, H5P is a promising formative assessment tool that is feasible, practical, and makes learning fun and enjoyable (Ismail, et al., 2017). To attain such objectives, scholars have proposed that there is an urgent call for alternate approaches (Goodwin

& Kryratzis, 2012), and these approaches should be based on more “authentic” and “real” communication instead of “limited” (traditional) and “unnatural” interactions (Cook, 1997). The most effective way of having such authentic and real experiences could be easily found in a setting that allows students to interact in a more smooth and funny way. Hence, H5P as a new Open AI App may help EFL teachers to generate opportunities for their students to acquire English vocabulary more successfully. In the present study, a realistic learning setting is erected thanks to the incorporation of H5P-based games. The latter is supported by H5P quizzes and jumbles comprising general English vocabulary, vocabulary in context, and vocabulary per theme offered at the Higher School of Technology in Khenifra, Sciences, Sultan Moulay Slimane University Khenifra in Morocco. According to the findings of this paper, there are significant differences between respondents’ interaction through H5P based on awareness, satisfaction, and knowledge. It is possible to conclude that knowledge and satisfaction might be strong factors in the potential incorporation of H5P as an Open AI App in classroom activities. Furthermore, H5P usage, as a media of teaching provides students with ample instructional materials to learn English vocabulary easily and deeply. Using H5P as a means of teaching English activities is useful to enrich students’ vocabulary, and it is proposed that English educators should use H5P in their teaching practice in order to strengthen English vocabulary among Moroccan university students. Therefore, “there is a need to prepare and support teachers to meet the pedagogical and technological development requirements of their target audience most effectively and efficiently” (Dabbagh & Fake, 2017, p. 393).

## REFERENCES

- [1] Boulaid, F., & Moubtassime, M. (2019). Investigating the Role of Kahoot in the Enhancement of English Vocabulary among Moroccan University Students: English Department as a Case Study. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 3 (27), 797-808. Récupéré sur <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [2] Brown, H. D. (2007). *Teaching by principles: An interactive approach to language pedagogy* (éd. 3). New York: Pearson Education.
- [3] Fischer, F., Bartelheimer, N., & Biehler, R. (2019). Enhancing Digital Learning with Open Educational Resources and Interactive Content: The Case of H5P. 2. Fischer, F., Bartelheimer, N., & Biehler, R. (2019). *Enhancing Digital Learning with Open Educational Resources and Interactive Content: The Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education* (pp. 17-32). CSEDU 2020. Consulté le 2023.
- [4] Hoel, T., & Westrheim, K. (2018). Creating Interactive and Accessible OER with H5P. *Open Education Global Conference Proceedings 2018*, (pp. 50-62). The Netherlands: Delft. Consulté le 2023.
- [5] Megawati, F., & Anugerahwati, M. (2012). Comic strips: A study on the teaching of vocabulary narrative texts to Moroccan EFL students. *TEFLIN Journal*, 2 (23), 183-205. Consulté le 2019.
- [6] Saad, E. A., & Musleh, D. S. (2021). Analyzing and Assessing the Use of H5P Interactive Learning Activities to Improve Online Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2 (16), 26-42. Consulté le 2023.
- [7] Sharples, M. (1999). *How we write: Vocabulary as creative design*. London: Psychology Press.
- [8] Slattery, D., & Kadylak, T. (2020). Using the H5P Framework to Improve Engagement and Learning in an Online Classroom. *TechTrends*, 6, 767-773. Consulté le 2023.
- [9] Sumarsih, M., & Sanjaya, D. (2013). TPS as an effective technique to enhance the students’ achievement on vocabulary descriptive text. *English Language Teaching*, 6 (12), 106-113. doi: <https://doi.org/10.5539/elt.v6n12p106>.

## Development of a new medical image compression method for optimal storage space

*Livane NGUEJIO ZEBAZE<sup>1</sup>, Ernest KIATA<sup>2</sup>, Laurent BITJOKA<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Physique Appliquée (PAP), Cameroon

<sup>2</sup>Laboratory of Information and Communication Technologies, Protestant University of Central Africa, Yaounde, Cameroon

<sup>3</sup>Université de Ngaoundéré, Laboratoire Energie, Signal, Imagerie et Automatique (LESIA), Cameroon

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

**ABSTRACT:** Image compression is a process of reducing the number of bits needed to represent an image. The goal is to optimize storage spaces, facilitate their transmission through the network and thus promote telemedicine. Over the years, several compression algorithms have distinguished themselves by their ability to reduce the size of the image while maintaining an acceptable visual appearance. These include the JPEG standard, the JPEG2000 standard and many others. The principle of these algorithms is essentially based on the reduction wavelet coefficients according to the singularity of the image. In this article, a new approach is proposed. The goal of this approach is to zero the wavelet coefficients regardless of the singularity of the image. To achieve this goal, our algorithm segments into three fundamental parts. The first part consists in breaking down the image into sub-bands through the QWT formalism. Subsequently, in order to obtain orthogonal matrices, we break down the matrices of the recently obtained sub-bands into singular values. The objective of these matrices is to exploit the redundancy present in the image while putting most wavelet coefficients to zero without, however significantly degrading the visual aspect of the image. To close the algorithm, we apply a thresholding function to the previously obtained wavelet coefficients. The method was evaluated by computer performance criteria such as *MSE*, *PSNR*, *CR* and *IF* and by human visual system performance criteria such as *SSIM*. These criteria are used to judge the quality of the reconstructed image and the compression ratio.

**KEYWORDS:** Discrete wavelet transform, Medical image, Quaternionic wavelet transform, Image compression, Orthogonal basis, Multiresolution analysis.

### 1 INTRODUCTION

Medical imaging is a technique that brings together the means of acquiring and reproducing images of the human body. Thanks to these images, a more detailed investigation of the human system is now possible. It allows better targeting of treatments, more refined diagnoses, more effective monitoring and more reliable neurological tests. However, the amount of data generated in this sector amounts to several terabytes/year, thus saturating the transmission and storage systems [1]. One of the solutions to this problem is image compression. The main goal of image compression is to reduce the amount of data needed to describe the image while maintaining an acceptable visual appearance of the reconstructed image. The most famous compression techniques that have given the best results are those based on the discrete cosine transform (DCT), the discrete wavelet transform (DWT) and the quaternionic wavelet transform (QWT). A committee of experts is formulating a compression technique for images commonly known as JPEG. Based on DCT, this technique is ISO standardised. Its principle was developed by Guitter [2]. In this same particular context of medical imaging compression, contrary to the principle of the JPEG standard, other authors such as Lucas, Chen and Wu, after decomposing the image with DCT, performed either scalar or vector quantization and/or applied a thresholding function to compress the images [3, 4, 5]. Woods and al proposed sub-band coding to compress images [6]. In the 2000s, a new standard was developed by ISO called JPEG2000, the principle of which was developed by Ordóñez and al [7]. In the same logic, for the achievement of better results, Ruchika and several other authors

to compress images, in addition to the methods developed by Lucas, Chen and Wu, they coupled their results with an arithmetic coder [8, 9, 10, 11, 12]. Hui and Besar performed a comparative study between the JPEG standard and the JPEG2000 standard applied to chest images. They concluded that JPEG2000 provides better results in terms of reconstructed image quality and compression ratio [13]. Perumal and Rajasekaran developed a compression method combining DWT and neural networks [14]. Miaou and al used JPEG-LS to compress medical images. This is a compression method combining adaptive coding with a Huffman-like encoder [15]. Valette and al propose a new subdivision algorithm that allows simplification of any triangular mesh using DWT [16]. Benamrane and al propose a technique for still image compression using neural networks [17]. For image compression. Anandan and Sabeenian used the fast curvelet transform coupled with an arithmetic encoder [18]. Juliet and al compress images using the Ripplet transform [19]. Although the techniques listed above provide good results, they do not take into account the geometric structure of the image. To address this problem of geometric structure, Chan and al propose a new image processing scheme based on the QWT [20]. Ledoux and Joseph used QWT to compress images [21]. Madhu and Shankar performed a comparative study between CWT, DWT and QWT. They concluded that, for a better compression ratio and image quality, QWT gives a better result [22]. Admittedly, transform compression methods have been ranked among the best performing techniques for a long time. In fact, wavelets have contributed a lot to the field of digital image processing since the 1980s, so that various orthonormal wavelet bases can be constructed using multiresolution analysis. These bases are differentiated according to their ability to cancel the largest number of wavelet coefficients while respecting the visual aspect of the original image. The problem lies in the singularity of the image. If the image has a large singularity, then the number of non-zero wavelet coefficients required to reconstruct it will be large. In this paper, we propose a completely new compression scheme based on QWT and SVD. The purpose of this algorithm is to reduce the amount of bits needed for the reconstruction of an image regardless of the singularity. To achieve this objective, the algorithm is divided into three essential parts. The first part consists in breaking down the image into sub-bands by the formalism of the quaternions. Then we break down the previously obtained sub-bands into singular values. This is in order to obtain orthogonal matrices so that most wavelet coefficients can be applied independently of the singularity of the image. To close the algorithm we apply a thresholding function and Huffman coding to all wavelet coefficients obtained in the previous step.

## 2 IMAGE DECOMPOSITION USING THE QUATERNION FORMALISM

### 2.1 ALGEBRA OF QUATERNIONS

A quaternion is a number belonging to the body  $\mathbb{H}$  (body of quaternions) developed by Hamilton in 1843 and written in the form  $q = a + ib + jc + kd$  where  $i, j$  and  $k$  are abstract numbers that satisfy the following properties:

$$\begin{cases} ij = -ji = k \\ jk = -kj = i \\ ki = -ik = j \\ ijk = -1 \end{cases} \quad (1)$$

with  $i^2 = j^2 = k^2 = -1$

$\mathbb{H}$  is a non-commutative field of dimension 4  $\{1, i, j, k\}$ , This means that for any  $p, q \in \mathbb{H}$   $pq \neq qp$ . It should be noted that,  $a, b, c$  and  $d \in \mathbb{R}$ . The polar form of a quaternion can be defined by:  $q = |q|e^{i\varphi + j\theta + k\psi}$

$$\text{With } |q|^2 = a^2 + b^2 + c^2 + d^2 \text{ et } (\varphi, \theta, \psi) \in [-\pi; \pi] \times \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right] \times \left[-\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4}\right]$$

### 2.2 QUATERNIONIC WAVELET TRANSFORM

This section deals with the decomposition of 2D images through Chan's perfect reconstruction quaternion theory and quaternionic wavelets (QWT) [22]. Unlike DWT, QWT is practically translation invariant [23]. The coefficients resulting from this decomposition are expressed in terms of amplitude and phase. The implementation of the QWT is done by considering a scalar function  $\phi$  and a parent wavelet  $\psi$  which are separable. The analytical 2D wavelet is written:

$$\begin{cases} \phi(x) = \phi(x_1)\phi(x_2) + iH\phi(x_1)\phi(x_2) + j\phi(x_1)H\phi(x_2) + kH\phi(x_1)H\phi(x_2) \\ \psi^1(x) = \phi(x_1)\psi(x_2) + iH\phi(x_1)\psi(x_2) + j\phi(x_1)H\psi(x_2) + kH\phi(x_1)H\psi(x_2) \\ \psi^2(x) = \psi(x_1)\phi(x_2) + iH\psi(x_1)\phi(x_2) + j\psi(x_1)H\phi(x_2) + kH\psi(x_1)H\phi(x_2) \\ \psi^3(x) = \psi(x_1)\psi(x_2) + iH\psi(x_1)\psi(x_2) + j\psi(x_1)H\psi(x_2) + kH\psi(x_1)H\psi(x_2) \end{cases} \quad (2)$$

where  $H$  is the Hilbert transform:

We notice that this new decomposition is similar to the complex dual-tree, as we use the same functions as the 2D dual-tree. In the end, the QWT is a finer analysis of the complex dual-tree. These functions above provide a multi-scale quaternionic analysis of the image in three separate global directions: horizontal, vertical and diagonal.

The analytical coefficients resulting from the decomposition of the image by this formalism are obtained as follows:

$$\begin{cases} \omega_{LL,j}[k] = \langle s(x), 2^{-j}\phi(2^{-j}x-k) \rangle = A_{LL,j}e^{i\phi_{LL,j}+j\theta_{LL,j}+k\psi_{LL,j}} \\ \omega_{LH,j}[k] = \langle s(x), 2^{-j}\psi^1(2^{-j}x-k) \rangle = A_{LH,j}e^{i\phi_{LH,j}+j\theta_{LH,j}+k\psi_{LH,j}} \\ \omega_{HL,j}[k] = \langle s(x), 2^{-j}\psi^2(2^{-j}x-k) \rangle = A_{HL,j}e^{i\phi_{HL,j}+j\theta_{HL,j}+k\psi_{HL,j}} \\ \omega_{HH,j}[k] = \langle s(x), 2^{-j}\psi^3(2^{-j}x-k) \rangle = A_{HH,j}e^{i\phi_{HH,j}+j\theta_{HH,j}+k\psi_{HH,j}} \end{cases} \quad (3)$$

Unlike the bi-orthogonal wavelet transform, the coefficients from the QWT are quaternionic.

The figure below, implemented by Soulard in [24], illustrates perfectly well the calculation algorithm and the link with the complex wavelet transform. This link is found with the quaternionic Fourier transform which is expressed as two complex Fourier transforms through a symplectic decomposition.

The practical implementation of this decomposition is carried out by four separable 2D filter banks, one for each cartesian component of the quaternionic coefficients.

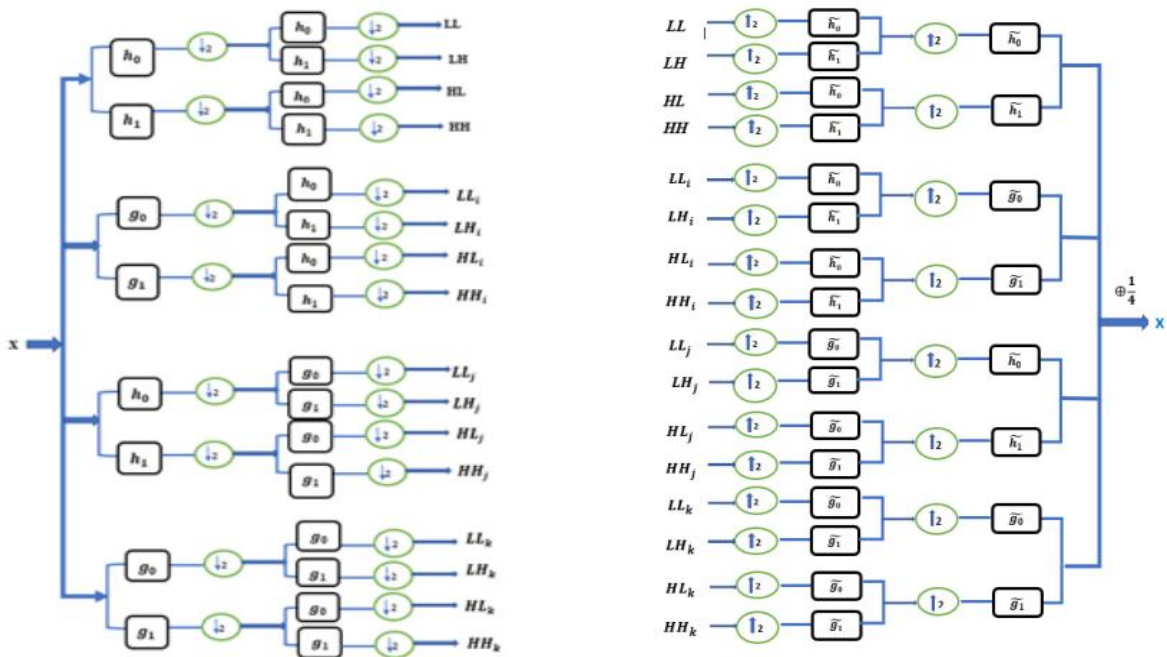


Fig. 1. 2D Decomposition and Reconstruction Structure of Quaternion Filter Banks [24].

### 3 NEW COMPRESSION ALGORITHM

The algorithm proposed in this article follows the following steps:

**Step 1:** Loading the image;

**Step 2:** Image decomposition with QWT at resolution level  $j$  with we obtain  $(3j + 1)$  elements whose matrices will be noted

$$\omega_{LL,j}, \omega_{LH,j}, \omega_{HL,j} \text{ and } \omega_{HH,j};$$

**Step 3:** We eliminate the coefficients  $\omega_{LL,j}, \omega_{LH,j}, \omega_{HL,j}$  and  $\omega_{HH,j}$  of the  $j^{th}$  of the decompositions;

**Step 4:** This step consists in reconstructing the coefficients of the sub-bands,  $\omega_{LH,j}, \omega_{HL,j}$  and  $\omega_{HH,j}$ . We obtain a new matrix

$$\text{consisting of the coefficients } \omega_{LH,j}^1, \omega_{HL,j}^1 \text{ and } \omega_{HH,j}^1;$$

**Step 5:** This stage is subdivided into several sub-stages;

— From step 4, matrices are extracted  $\omega_{LH,j}^1, \omega_{HL,j}^1$  and  $\omega_{HH,j}^1$  orthogonal matrices  $LH_{j,p}, HL_{j,p}$  and  $HH_{j,p}$ , for each even number  $p$ : The matrices  $LH_{j,p}, HL_{j,p}$  and  $HH_{j,p}$  are quaternionic values;

- Using this sub-section, we construct the orthogonal matrices  $A_{LH(j,p)}, B_{HL(j,p)}$  and  $C_{HH(j,p)}$  by making the following considerations: We choose the column vector  $N_n = (n_1, n_2, \dots, n_n)$  from  $LH_{j,p}$  which has the highest standard of  $L^1$  in relation to the other columns;
- We consider a vector  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  such as  $x_1 = a(a \in \mathbb{R}^*)$  and  $x_i = 0$  for  $i = 2, \dots, n$ ;

$$\bullet \text{ We let } M = XN_{N,1} \Rightarrow M = \begin{pmatrix} an_1 & an_2 & \dots & an_n \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix} \tag{4}$$

- According to the principle in singular value decomposition,  $M$  can be written as  $M = U\Sigma V^*$ . Therefore, we consider  $A_{LH(j,p)} = V^*$ . Following the same logic, we determine the matrices  $B_{HL(j,p)}$  and  $C_{HH(j,p)}$  associated with the sub-bands  $HL_{j,p}$  and  $HH_{j,p}$ ;

— The new wavelet coefficients are obtained by performing the following operations:

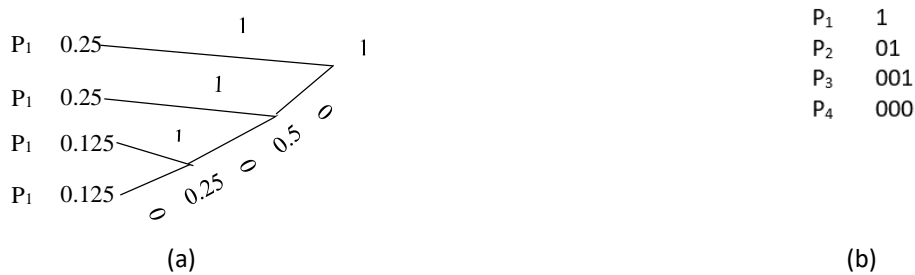
$$\begin{cases} \omega_{LH,j}^{(11)} = A_{LH(j,p)} \omega_{LH,j}^1 \\ \omega_{HL,j}^{(12)} = B_{HL(j,p)} \omega_{HL,j}^1 \\ \omega_{HH,j}^{(11)} = C_{HH(j,p)} \omega_{HH,j}^1 \end{cases} \tag{5}$$

**Step 6:** This step involves applying a thresholding function to all new coefficients obtained in the previous step. The choice of thresholding is the soft thresholding. Unlike the hard thresholding, which always sets all coefficients below a threshold value to zero, the soft thresholding, on the other hand, for coefficients above the threshold value, attenuates the latter according to the process described by the following function:

$$\eta_s = \begin{cases} x - \lambda & \text{si } x > \lambda \\ 0 & \text{si } |x| \leq \lambda \\ x + \lambda & \text{si } x < -\lambda \end{cases} \tag{6}$$

**Step 7:** Huffman coding is used at this step. The principle of this code is to associate the most frequent pixels of the image with the least bits possible and conversely, we associate the least frequent pixels with the most bits possible. The code associated with each pixel comes from a dictionary previously defined according to the logic below:

- All pixels in the image are listed in order of decreasing probability of appearance;
- Each pixel is then associated with a sheet of a tree being built;
- We then connect the cards by creating a node to which we associate the sum of the probabilities of the two corresponding symbols;
- Considering  $p_1 > p_2 > p_3 > p_4$  where  $p_1, p_2, p_3$  and  $p_4$  are pixels from an image such that their probability of appearance is worth respectively  $P(p_1)=0.25, P(p_2)=0.25, P(p_3)=0.125$  and  $P(p_4)=0.125$  the tree is then constructed as follows:

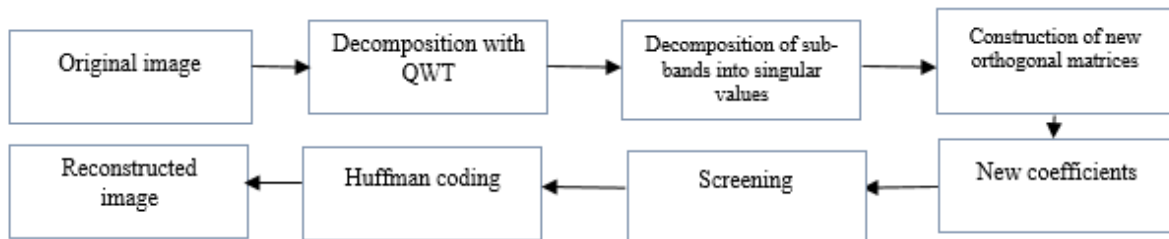


**Fig. 2. a: Illustration of the Huffman method. b: Example dictionary for Huffman coding.**

Once the tree structure is built, a symbol 0 or 1 is associated with each branch of the tree structure. Then a dictionary is established:

**Step 8:** In this step a reconstruction of the image is made from the new wavelet coefficients.

The block diagram summarising all these steps is as follows:



**Fig. 3. block diagram corresponding to our algorithm.**

Below is the diagram of the algorithm that we have proposed now called algorithm 1, followed by the diagram of algorithm 2. Algorithm 2 is an algorithm, which follows steps from Algorithm 1. However, unlike the latter, the image is broken down by the formalism of the transformed into a discrete wavelet (DWT). To conclude this subsection, we will present the functional diagram of the B. LEDOUX algorithm. B. LEDOUX algorithm (Algorithm 3) is one of the algorithms that has shown one of the best results in medical image compression in the last three years [21]. Moreover, this algorithm has given even better results than the JPEG2000 algorithm, which has been known for its efficiency in image processing for over 20 years [7].

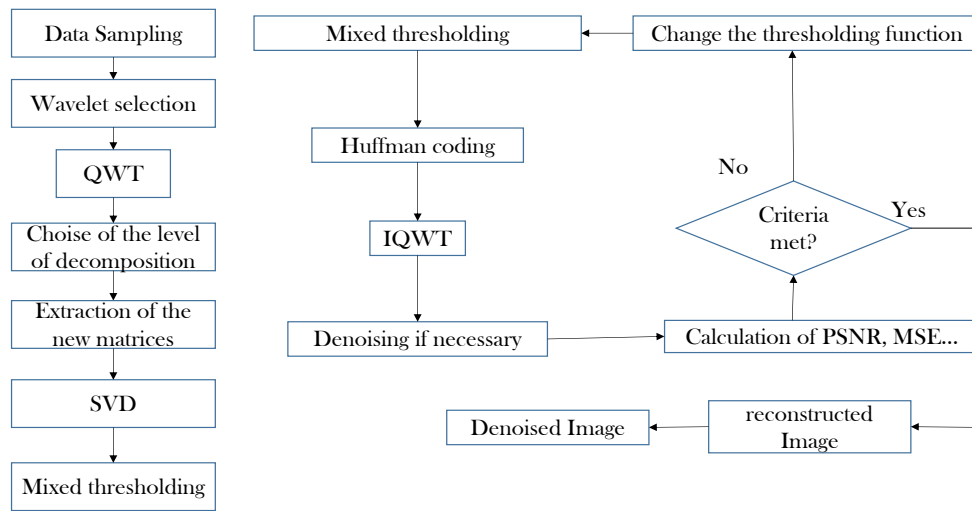


Fig. 4. Flowchart of algorithm 1.

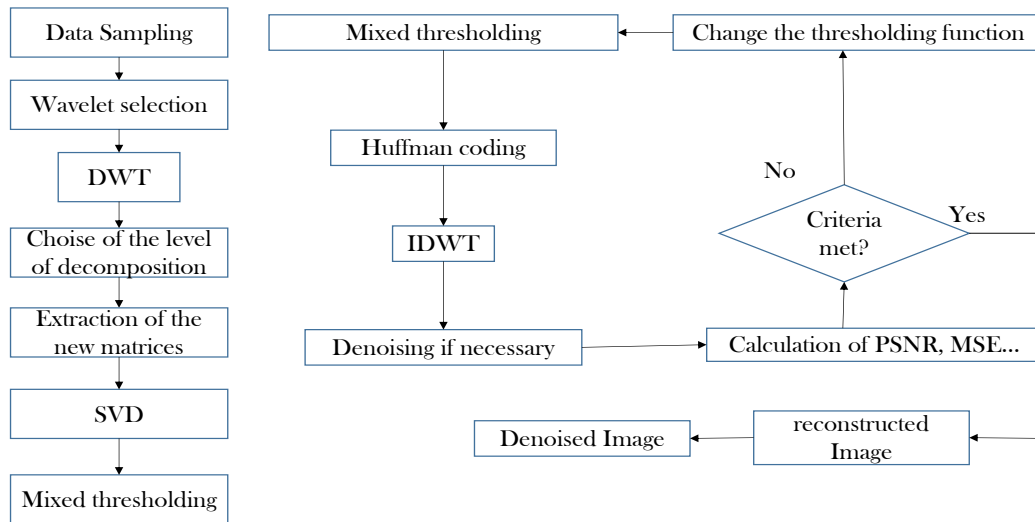


Fig. 5. Flowchart of algorithm 2

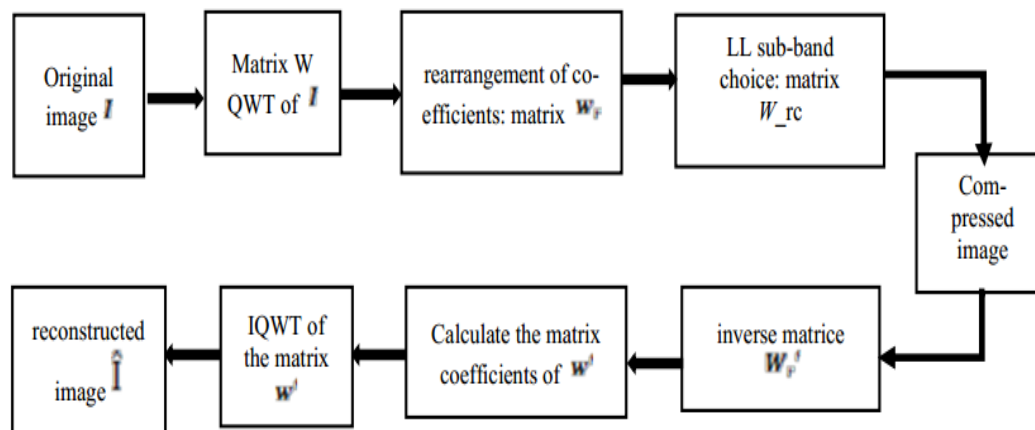


Fig. 6. Bloc diagram of algorithm 3 [21]

#### 4 EVALUATION OF PERFORMANCE CRITERIA

The evaluation of the quality of the reconstructed image at the end of the chain is based on several parameters, some of which are listed below:

- Mean Square Error ( $MSE$ ): it measures the information lost between the original image and the reconstructed image at the end of the chain. In addition, it measures the distortion between the original image and the reconstructed image after decompression. A large value of this distortion means that the image is of poor quality. This criterion is calculated as the average of the squares of the differences between the pixels of the reconstructed image and the pixels corresponding to the original image.

$$MSE^2 = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i, j) - \hat{I}(i, j))^2 \quad (6)$$

with:  $I(i, j)$  represents the original image,  $\hat{I}(i, j)$ : represents the reconstructed image.  $M$  and  $N$  are the number of rows and columns.

- Pic signal to noise ratio ( $PNSR$ ): is a factor indicating the quality of the reconstructed image in relation to the original image. A low PSNR value means that the image is of poor quality. The PSNR is calculated as follows:

$$PSNR = \log_{10} \left( \frac{\text{image\_dynamics}}{MSE} \right)^2 \quad (7)$$

- Compression ratio ( $CR$ ): It defines the gain in volume relative to the initial volume of data. It is obtained by performing the following operation:

$$CR = \left( 1 - \frac{\hat{I}(i, j)}{I(i, j)} \right) \times 100 \quad (8)$$

- Fidelity ( $IF$ ): is a parameter that evaluates the difference between the image obtained after reconstruction and the original image. A value close to 1 proves that the reconstructed image is almost identical to the original image. It is calculated as follows:

$$IF = 1 - \left( \frac{\sum_i \sum_j (I^2(i, j) - \hat{I}^2(i, j))}{\sum_i \sum_j I^2(i, j)} \right) \quad (9)$$

- Structural Similarity Index ( $SSIM$ ): This is a parameter that measures the quality of the reconstructed image. Unlike PSNR, which measures the pixel-to-pixel difference, SSIM measures the structural similarity between the original image and the reconstructed image. This parameter is obtained by the product of the luminance  $l(x, y)$ , the chrominance  $c(x, y)$  and the similarity  $s(x, y)$  therefore the relation is:

$$SSIM(x, y) = l(x, y) \cdot c(x, y) \cdot s(x, y) = \frac{\left( 2\mu_x \mu_y + c_1 \right) \left( 2\sigma_x \sigma_y + c_2 \right) \left( \text{cov}_{xy} + c_3 \right)}{\left( \mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1 \right) \left( \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2 \right) \left( \sigma_x \sigma_y + c_3 \right)} \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_x : \text{the average of } x \\ \mu_y : \text{the average of } y \\ \sigma_x^2 : \text{the variance of } x \\ \sigma_y^2 : \text{the variance of } y \\ Cov_{xy} : \text{the covariance of } x \text{ and } y \end{array} \right. \quad \text{with} \quad \left\{ \begin{array}{l} c_1 = (k_1 L)^2 \\ c_2 = (k_2 L)^2 \\ c_3 = \frac{c_2}{2} \\ k_1 = 0,01 \\ k_2 = 0,03 \end{array} \right.$$

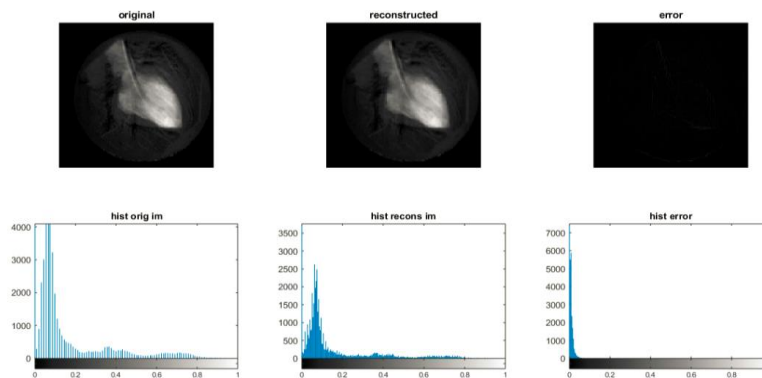
Where  $L$  is the dynamic of the image and is 255 for grayscale images

## 5 RESULTS AND DISCUSSION

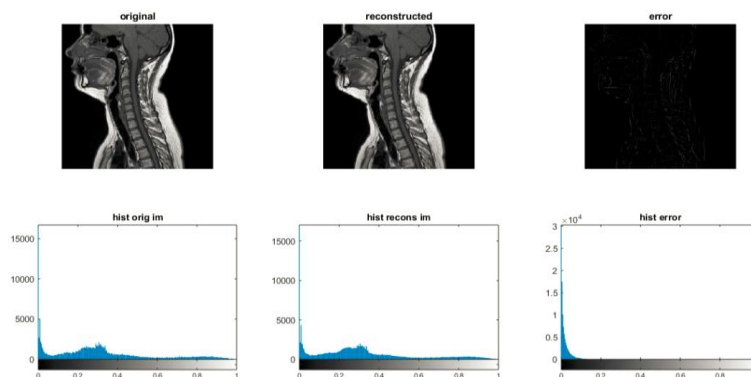
### 5.1 RESULTS

Our algorithm was applied to medical images. The quality of the reconstructed images after compression/decompression was evaluated by computational criteria such as the  $MSE$ , the  $PNSR$ , the  $IF$  and the  $SSIM$ . The results obtained are as follows:

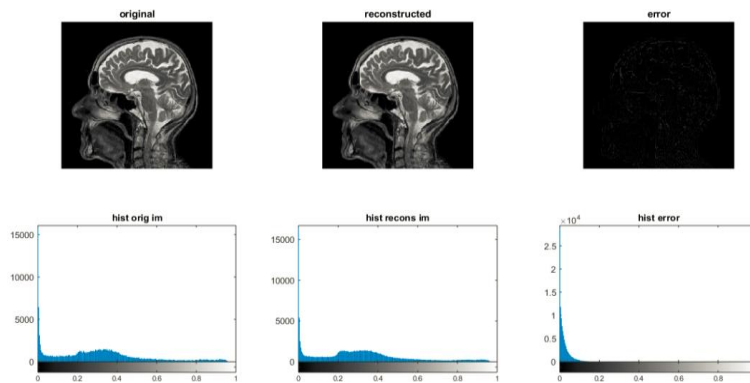
a) Heart



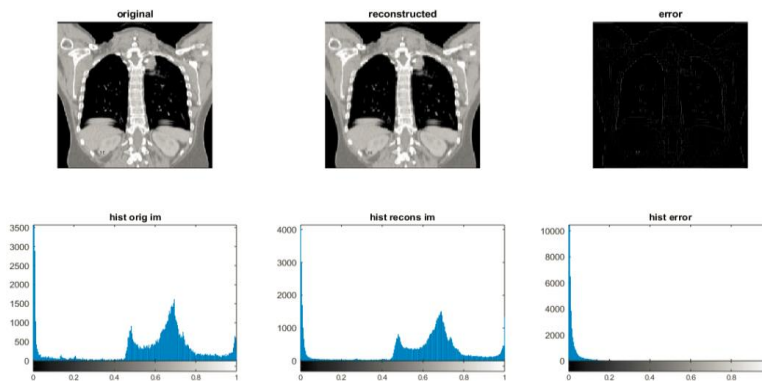
b) Cervical medical branch block



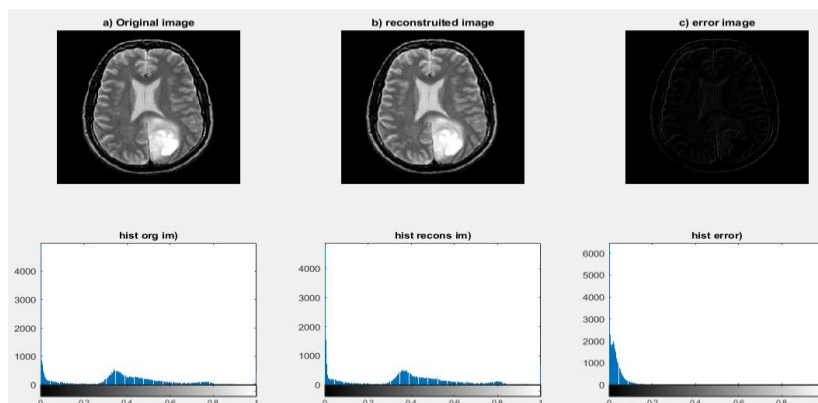
c) IRM



d) Respiratory CT Artifacts



e) Back plan of the brain



The evaluation of the quality of the images obtained after compression by computer criteria and the compression ratio are recorded in the following table:

Table 1. Algorithm evaluation parameters

N°	Image	Original image	PSNR	IF	CR(%)	MSE	SSIM
1	Back plan of the brain	184	38.095	0.96	85,700	9.852	0,87
2	Cervical IRM	397	37.031	0.88	91,127	12.588	0,93
3	Encephale IRM	202	35.415	0.81	94,401	18.685	0,90
4	echographic	129	34.851	0.79	95,794	21.280	0,64
5	Axial IRM	119	33.983	0.80	97,806	25.944	0,70
6	IRM brain	414	30.002	0.701	98,204	30.015	0,89
7	heart	34	32.556	0.783	97,409	3.011	0,91
8	mammographic	167	34.685	0.85	94,776	23.689	0,88
9	Encephalic IRM	90	30.989	0.632	99,036	30.540	0,86
10	Head injury	286	35.825	0.812	96,339	17.005	0,68

## 5.2 DISCUSSION

Table 1 above presents the results obtained by applying our algorithm to medical images. We can see that the fidelity between the original image and the compressed image varies between 0.632 and 0.96. This shows an almost insignificant difference between the original image and the compressed image. As far as the compression ratio is concerned, our algorithm obtains a ratio varying from 85 to 99. This constitutes a rather remarkable gain in space. Knowing that the MSE is a parameter for evaluating the quality of the image, our algorithm obtains an MSE varying between 9.85 and 30.540, proof of the performance of our algorithm. An evaluation of the quality of the reconstructed images after compression cannot be effective if the PSNR is not calculated. Through its high value, this parameter certifies the good quality of the image obtained after compression. The PSNR obtained by applying our algorithm to medical images shows that there is good conservation of the image energy, as its value varies between 30 and 38. Based on human visual perception, SSIM measures the structural similarity between the original image and the compressed image. This is a value between 0 and 1. A value of the structural similarity index between 0.6 and 1 demonstrates the effectiveness of the algorithm. Our algorithm records an SSIM oscillating between 0.64 and 0.93.

## 6 COMPARATIVE STUDY, ANOVA ANALYSIS AND INTERPRETATION

### 6.1 COMPARATIVE STUDY

In this subsection we will compare the skills of algorithms 1, 2 and 3. The idea is to evaluate their performance in terms of image quality obtained after compression. These performances were evaluated by computer parameters such as MSE and PSNR. For this, we have chosen some medical images with grayscale. The algorithms were performed in the same environment (MATLAB) at resolution  $j=2$  and we set the compression ratio to 60%.

The results of the comparison are listed in the table below;

Table 2. Compression results for both algorithms

N°	Images	Algorithm 3			Algorithm 2			Algorithm 1		
		CR	MSE	PSNR	CR	MSE	PSNR	CR	MSE	PSNR
1	brain	60	25,35	34,09	60	4.202	41.89	60	3.175	43.11
2	IRM-1	60	40,39	32,07	60	3.573	42.60	60	2.588	44.001
3	Encephale IRM	60	29,45	33,44	60	4.808	41.31	60	3.685	42.46
4	echographic	60	24.76	34,19	60	8.791	38.69	60	7.280	39.50
5	Axial IRM	60	37,19	32,43	60	7.320	39.48	60	6.944	39.71
6	IRM brain	60	20,39	35,03	60	7.220	39.54	60	4.415	41.68

With regard to this table, we come to the conclusion that the algorithm likely to be adopted in the medical field is algorithm 1. Because, for a compression ratio equal to 60%, it records the most important PSNR values compared to the other two

algorithms. As for the MSE, parameter measuring the degradation of the image after compression, algorithm 1 gets once more better result. These results presented in the table above thus reflect the capability of algorithm 1 provided a quality image after compression.

**6.2 ANALYSIS OF ANOVA RESULTS**

ANOVA (analysis of variance) is a statistical test to give the difference between the results while considering the differences of each algorithm. It also allows us to say whether the observed difference between the algorithms is significant or not. In other words, it will tell whether the results obtained by our algorithm are real and not due to chance. It is essential to specify that ANOVA is a statistical model used to compare the means of several algorithms  $n > 2$ . ANOVA is often associated with a so-called Fisher test. To perform the Fisher test it is necessary to check the following conditions:

- Independent observations (random selection of data considered);
- normally distributed data;
- no extreme data;
- variances of roughly equal groups;
- The number per group is about equal.

After validation of these conditions, two hypotheses are formulated:

- Hypothesis 1 generally noted  $H_0$ : this hypothesis suggests that the parameters of each algorithm are independent.
- Hypothesis 2 noted  $H_1$ : it however expresses the idea that the parameters are related.

The principle of the Fisher test is based on the comparison of the same variable between several algorithms. This study is based on the calculation of several variations:

- total variation: this is the variation observed within a group in relation to the group average:

$$SS_{total} = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \tag{11}$$

- intergroup variation: measures the variations of two averages between the different groups:

$$SS_{inter} = \sum_{j=1}^c (\bar{y}_j - \bar{y})^2 \tag{12}$$

- Intra-group variation: measures the magnitude of variation within a group:

$$SS_{intra} = \sum_{j=1}^c \sum_i^n (y_{i,j} - \bar{y})^2 \tag{13}$$

ANOVA measures the difference between  $SS_{inter}$  and  $SS_{intra}$ . The idea behind ANOVA is whether the gap is observed within a group or whether the gap is observed between groups. For this we calculate the parameter related to the following Fisher test:

$$F = \frac{\frac{SS_{inter}}{(c-1)}}{\frac{SS_{intra}}{(n-c)}} \text{ with } \begin{cases} n: \text{is the number of cases and} \\ c: \text{the number of category} \end{cases} \tag{14}$$

The value of F calculated in (14) will be compared to the theoretical F from Fisher Snedecor’s table.

- If  $F_{cal} < F_{th}$  then  $p - value < \alpha$ . The p-value, also called the probability value, is a statistical measure between 0 and 1. It is used for a hypothesis test. In addition, it is used to give an indication thus determining the quality of the observed results. The level of significance is generally defined as 5% (or 0.05). If it generates a p-value less than or equal to the significance level, the result is considered statistically significant (and rejects the null hypothesis). This is usually written as follows:  $p < 0.05$ . In this case  $H_0$  is rejected.
- ANOVA results

**Table 3. ANOVA table for the calculation of F**

Designation	Degree of freedom	Variance (Sum Sq)	Means of Sq (Mean Sq)	F value (F value)	P value Pr(>F)
Images	2	236.20	118.10	50.16	$2,27 \times 10^{-7}$
Residus	15	35.31	2.35	-	-

Note here that the overall probability associated with this test is  $2,27 \times 10^{-7}$ . This value is much less than 0,05 which means that there is a significant difference between the PSNR values from each algorithm. In other words, our data are significantly different.

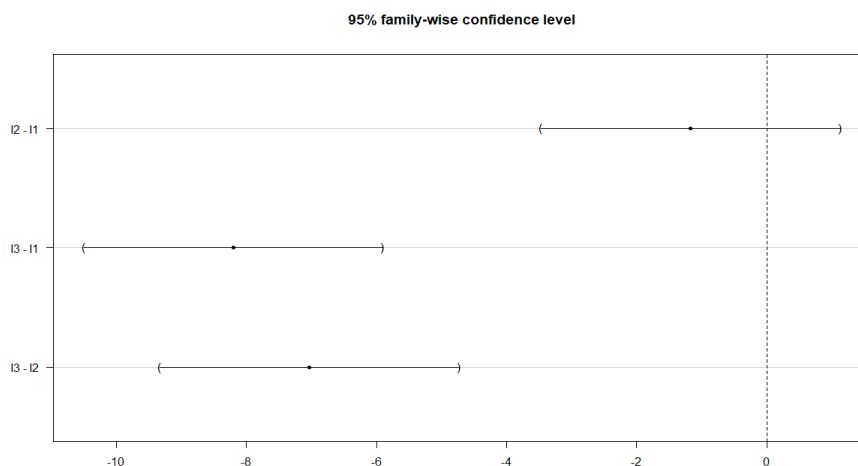
Below we have the two-to-two comparison of each PSNR value obtained through the different algorithms used. This comparison will reveal the difference between the algorithms and the level of significance of this difference.

**Table 4. Highlighting the significance between the differences of the algorithms considered**

Differences	Estimation	Error	T value	$P_r( < t )$
Algo2 – Algo1	-1.1683	0.8859	-1.319	0.407
Algo2 – Algo3	-8.2017	0.8859	-9.258	<0.001
Algo3 – Algo1	-7.0333	0.8859	-7.939	<0.001

Note that the probability associated with the differences algo2-Algo3 and algo3-Algo1 is 0.001. This probability is well below 0.05 so the difference between these algorithms is very significant. On the other hand, the difference between algo2 and algo1 is very small because the probability associated with this difference is 0.407 which is much higher than 0.05.

Below is graphically representation of the differences between each algorithm.



**Fig. 7. Difference in mean levels between algorithms.**

As mentioned above, the biggest difference is observed between algorithm 1 and algorithm 3.

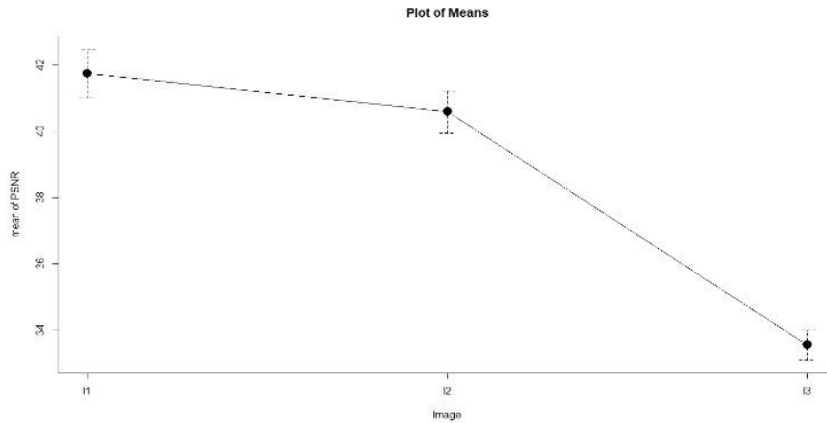


Fig. 8. Difference between algorithm averages.

The figure above shows the difference between the averages of the different algorithms used and once again algorithm 1 gets better result

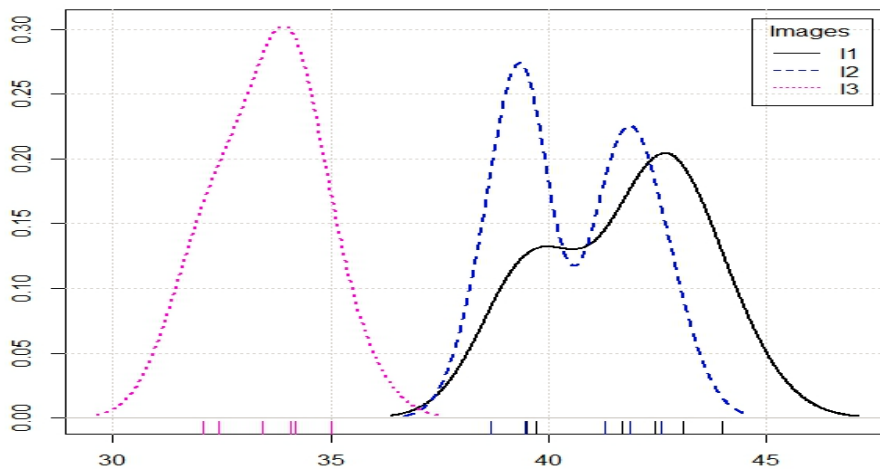


Fig. 9. Representation of the density of each algorithm according to the PSNR.

## 7 CONCLUSION

In this paper, a new algorithm for compression/decompression of grey-scale medical images was developed. To do so, an image decomposition was performed using the QWT formalism. Subsequently, we eliminated the coefficients of the sub-bands  $\omega_{LH,j}, \omega_{HL,j}$  and  $\omega_{HH,j}$  from  $j^{th}$  level of decomposition. After reconstruction of these sub-bands, we construct the orthogonal matrices  $A_{LH(j,p)}, B_{HL(j,p)}$  and  $C_{HH(j,p)}$  such that a matrix product with the sub-bands  $\omega_{LH,j}^1, \omega_{HL,j}^1$  and  $\omega_{HH,j}^1$  produces the matrices  $\omega_{LH,j}^{(11)}, \omega_{HL,j}^{(12)}$  and  $\omega_{HH,j}^{(13)}$ , most of whose coefficients are set to zero regardless of the singularity of the image. This algorithm not only provides a very good compression ratio, but also a very good quality of the image after reconstruction. Furthermore, our algorithm allows better preservation of the geometric structure of the image and to produce reconstructed images almost identical to the original image.

## REFERENCES

- [1] A.W. Wong, R. K. Taira, and H. K. Huang, Implementation of a digital archive system for a radiology department, in Proc. SPIE Conf. on Medical Imaging VI: PACS Design and Evaluation 1645, pp. 182-190, 1992.
- [2] H. Guitter, *La Compression des images numériques*, Edition Hermes, Paris, 1995.
- [3] C. Lucas, L. Urbano, R. Duvauferrier, B. Gibaud, D Cuvilliers ; J. M. Scarabin et A. Ramée, Evaluation surjective de la compression des images médicales, *Rev Im Med* (1992)4 : 53-59
- [4] Y.Y Chen, Medical image compression using DCT-based subband decomposition and modified SPIHT data organization, *international journal of medical informatics* 76 (2007) 717–725
- [5] Y. G. Wu et S. C. Tai, Medical Image Compression by Discrete Cosine Transform Spectral Similarity Strategy, VOL. 5, NO. 3, SEPTEMBER 2001
- [6] Woods et J.W. O'neil, Subband Coding, in *IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol 34, n° 5, 1986.
- [7] J.R. Ordóñez, G. Gazuguel, J. Puentes, B. Solaiman et C. Roux, Indexation d'images médicales basée sur les informations spectrale et spatiale extraites de JPEG-2000, *Actes de CORESA'03, Lyon, 2003*.
- [8] Ruchika, M. Singh, A. R. Singh, Compression of Medical Images Using Wavelet Transforms, ISSN: 2231-2307, Volume-2, Issue-2, May 2012
- [9] N.Sathiyathan, A.Nagaraj, R. Karthick, medical image compression using view compensated wavelet transform, Volume 9, No. 9, September 2018
- [10] I.A Sawaneh, An Effective Method for e-Medical Data Compression Using Wavelet Analysis, Vol. 6, No. 3, 2018, pp. 25-32. doi: 10.11648/j.ijmi.20180603.12
- [11] K Gopi et T. R. Shri, Medical Image Compression Using Wavelets, Volume 2, Issue 4 (May. – Jun. 2013), PP 01-06
- [12] S. Boopathiraja et P. Kalavathi, A near lossless three-dimensional medical image compression technique using 3D-discrete wavelet transform, *Vol. 35, No. 3, 2021*
- [13] O.T Hui et R. Besar, medical image compression using jpeg-2000 and jpeg: a comparison study, Vol. 2, Nos. 3 & 4 (2002) 313-328
- [14] B.Perumal et M. P. Rajasekaran, A Hybrid Discrete Wavelet Transform with Neural Network Back Propagation Approach for Efficient medical Image Compression, 978-1-4673-6725-7/16/\$31.00 © 2016 IEEE
- [15] S. G. Miaou et S. C. Chen, A Lossless Compression Method for Medical Image Sequences Using JPEG-LS and Interframe Coding, VOL. 13, NO. 5, SEPTEMBER 2009
- [16] S. Valette, F. Thibon, Y. S. Kim, H. Y. Jung, I. Magnin et R. Prost, Décomposition en ondelettes de maillages triangulaires 3D irrégulièrement subdivisés. Application à la compression, GRETSI, 1999, Vannes, France. fihal-02272283ff, 2019
- [17] N. Benamrane, Z. B. Daho et J. Shen, compression des images médicales fixes par réseau de neurones, EL-Mnaouer 31000 Oran, Algérie, 2016
- [18] P. Anandan et R. S. Sabeenian, Medical Image Compression Using Wrapping Based Fast Discrete Curvelet Transform and Arithmetic Coding, Copyright © 2016 by authors and Scientific Research Publishing Inc.
- [19] S. Juliet, E. B Rajsingh et K. Ezra, A novel medical image compression using Ripplet transform, *J Real-Time Image Proc* (2016) 11:401–412, DOI 10.1007/s11554-013-0367-9, 2009
- [20] W. L. Chan, H. H. Choi, and R. G. Baraniuk. Coherent multiscale image processing using dual-tree quaternion wavelets. *IEEE Trans. Image Process.*, 17(7) :1069–1082, Jul. 2008.
- [21] B. Ledoux, E. Eloundou, A. J Oyobe, H. N Abena et P. Ele, compression of medical image using wavel quaterion transform, *international journal of Engineering &Technology*, 10(2) (2021) 89-94, 2021
- [22] C. Madhu, et E. Anant Shankar, Image Compression Using Quaternion Wavelet Transform, *Helix Vol. 8(1): 2691- 2695, 2017.*
- [23] W. L. Chan, H. Choi, and R. G. Baraniuk, Quaternion wavelets for image analysis and processing, In *Proc. IEEE Int'l Conf. on Image Processing*, pages 3057–3060, 2004.
- [24] R. Soulard, Quaternions et algèbres géométriques pour le traitement d'images, Master's thesis, University of Poitiers, 2009.
- [25] C. Madhu, E. Anant Shankar, « Image compression using Quaternion wavelet transform », *Helix vol. 8(1): 2691-2695, published on 31st December 2017, Copyright © 2018 Helix ISSN 2319 – 5592 (Online). <https://doi.org/10.29042/2018-2691-2695>.*

## Impact de la formation continue sur les pratiques de classe des professeurs du primaire au Maroc: Cas de la direction provinciale de Rabat

### [ Impact of continuous training on primary school teachers' classroom practices in Morocco: Case study of the provincial direction of Rabat ]

*Arharbi Rachid<sup>1</sup> and Belhaj Laila<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Doctorant, Faculté des sciences de l'éducation- étude doctorale analyse et évaluation des systèmes d'éducation et de formation, Rabat, Morocco

<sup>2</sup>Professeur habilitée, faculté des sciences de l'éducation, Université MohammedV, Rabat, Morocco

---

Copyright © 2023 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:** Since its independence in 1956, Morocco has undertaken several educational system reforms with the aim of enhancing its educational indicators and assure quality education for its citizens. Among the recurring axes that are ceaselessly present throughout the various reforms that have been launched, the axis of training (pre-service and continuous) is granted a distinct status. Whereas pre-service training endeavors to prepare prospective teachers for their future duties and acquire the skills necessary for the profession, continuous training seeks to hone these skills and equip teachers with the tools that would expectedly help them adopt classroom practices that are founded on more dynamic and effective teaching approaches. Continuous training that does not contribute to the improvement of teacher practices within classes cannot claim to be playing a role in the implementation of the projected educational reform. Following this principle, this paper attempted to investigate the impact of continuous training cycles provided for primary school teachers in Morocco on their classroom practices. We have chosen the provincial directorate of Rabat as a practical illustration. Through (1) a quantitative study and analysis of the evolution of the number of primary school teachers who have benefited from continuous training cycles compared to the overall number, (2) an analysis of the axes of the Rabat directorate provincial action plan for continuous training, and most importantly through (3) a practical field study, by means of a digital questionnaire addressed to the provincial directorate primary school teachers who have benefited from continuous training over the past three years, we have identified positive and encouraging results as well as a number of deficiencies to which more attention has to be paid in order to realize the expected outcomes of the reform.

**KEYWORDS:** Educational reform, continuous training, pedagogical innovation, classroom practices, pedagogical approaches.

**RESUME:** Depuis son indépendance en 1956, le Maroc a entrepris plusieurs réformes de son système éducatif, et ce afin d'améliorer ses indicateurs pédagogiques et garantir un enseignement de qualité à ses citoyens. Parmi les axes récurrents et toujours présents dans les différentes réformes lancées, l'axe de la formation (initiale et continue) détient une place de prédilection. Si la formation initiale a pour objectif de préparer les enseignants à leurs futures missions et acquérir les compétences nécessaires au métier, la formation continue cherche à développer ces compétences et doter les enseignants des outils susceptibles de les aider à adopter des pratiques de classe basées sur des approches pédagogiques plus dynamiques et plus efficaces. Une formation continue qui ne contribue pas à l'amélioration du comportement des professeurs au sein de leurs classes ne peut prétendre jouer un rôle dans la mise en œuvre de la réforme éducative attendue. Partant de ce constat, notre travail avait pour objectif de voir l'impact des cycles de formation continue destinés aux professeurs du primaire au Maroc sur leurs pratiques de classe. Nous avons choisi la direction provinciale de Rabat comme illustration pratique. A travers (1) l'étude et analyse quantitatives de l'évolution des effectifs des professeurs du primaire qui ont bénéficié de cycles de

formation continue par rapport aux effectifs globaux; (2) l'analyse des axes du plan d'action provincial de formation continue de la direction, mais surtout à travers (3) une étude pratique effectuée sur le terrain, par le biais d'un questionnaire numérique adressé aux professeurs du primaire de la direction qui ont bénéficié de formation continue pendant les trois dernières années, nous avons pu constater des résultats positifs et encourageants, mais également des insuffisances sur lesquelles il faut porter plus d'attention pour parvenir aux résultats attendus de la réforme.

**MOTS-CLEFS:** Réforme éducative, formation continue, innovation pédagogique, pratiques de classe, approches pédagogiques.

## 1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

Le dossier de l'enseignement au Maroc revêt une importance capitale. En effet, l'éducation est considérée comme un levier essentiel pour le développement du pays dans la mesure où l'amélioration de la qualité de l'enseignement permet de former une main-d'œuvre compétente, de favoriser l'employabilité des jeunes et de renforcer la cohésion sociale<sup>1</sup>.

Le Maroc a ainsi entrepris plusieurs réformes dans le domaine de l'enseignement, et ce dans une perspective d'adaptation de son système éducatif aux enjeux actuels de chaque époque. Ces réformes visaient à améliorer les programmes scolaires, les méthodes pédagogiques, le développement des infrastructures scolaires et la formation et la qualification des enseignants. L'objectif final était de moderniser et développer les pratiques de classe afin de garantir une éducation de qualité, inclusive et équitable pour tous les enfants marocains.

Conscientes du rôle crucial que joue l'élément humain dans la mise en œuvre des réformes éducatives<sup>2</sup>, les autorités responsables de l'éducation nationale ont soulevé le volet de la formation (initiale et continue) des cadres pédagogiques dans toutes les réformes éducatives lancées au Maroc. Cependant, et malgré les efforts déployés sur tous les niveaux, les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur des attentes et le système éducatif marocain occupe encore une place qui ne reflète en aucun cas ces efforts (les élèves marocains se sont classés avant-derniers sur 57 pays en 2021, selon les résultats de la cinquième édition de l'Étude internationale pour l'évaluation du développement des compétences en lecture)<sup>3</sup>.

### RÔLES DES PROFESSEURS DANS LA MISE EN ŒUVRE DES RÉFORMES ÉDUCATIVES

Dans toute réforme éducative, l'engagement des professeurs en tant qu'acteurs clés du système et leur participation active sont essentiels pour assurer le succès et l'efficacité attendus<sup>4</sup>. L'implication des cadres pédagogiques dans la mise en œuvre de la réforme se traduit par un certain nombre d'actions dont on peut citer:

- La mise en œuvre des nouveaux programmes: Les professeurs sont responsables de mettre en œuvre dans leurs classes les nouveaux programmes et les méthodes pédagogiques prévus par les réformes. Ils doivent donc s'appropriier ces changements et les appliquer dans leur enseignement quotidien,
- L'adaptation des pratiques pédagogiques: Les réformes éducatives introduisent souvent de nouvelles approches et méthodes pédagogiques axées sur l'apprentissage actif, la créativité, la pensée critique, etc. Les professeurs doivent s'adapter à ces nouvelles pratiques et les intégrer dans leurs cours pour favoriser l'engagement et la réussite des élèves,
- La collaboration et le partage d'expériences: Les professeurs jouent un rôle clé dans la collaboration avec leurs collègues et dans le partage d'expériences. Ils peuvent travailler en équipe pour développer leurs pratiques pédagogiques, et en échanger les bonnes. Ils peuvent également jouer un rôle de leadership au sein de leurs établissements en encourageant l'innovation pédagogique, en soutenant leurs collègues et en contribuant activement et mutuellement à la mise en place des réformes,
- L'évaluation et la rétroaction: Les professeurs sont impliqués dans l'évaluation des résultats des réformes éducatives. Ils fournissent des commentaires et des retours d'expériences sur l'efficacité des changements apportés, ce qui permet d'ajuster et d'améliorer continuellement les réformes en fonction des besoins des élèves.

<sup>1</sup> Conseil supérieur de l'éducation et de la formation, et de la recherche scientifique, *le métier de l'enseignant au Maroc*, rapport thématique, 2011.

<sup>2</sup> Marc Gurgand, *Economie de l'éducation*, Paris 2005.

<sup>3</sup> PIRLS, International results in reading, 2021.

<sup>4</sup> Fouad Chafiqi, Abdelhakim Alagui, *Réforme éducative au Maroc et refonte des curricula dans les disciplines scientifiques*, 2011

## **NOUVEAUTÉS PÉDAGOGIQUES AU CYCLE PRIMAIRE DANS LE CADRE DE LA RÉFORME ACTUELLE DU SYSTÈME ÉDUCATIF MAROCAIN**

Le Maroc a entrepris plusieurs actions prioritaires qui ont touché le cycle primaire dans le cadre de la réforme actuelle de son système éducatif (vision stratégique 2015-2030)<sup>5</sup>. Au-delà de la mise en place d'une nouvelle structuration des composantes de l'école marocaine, à travers l'intégration du préscolaire dans le cycle primaire obligatoire, le modèle pédagogique demeure l'un des grands enjeux pour réformer le système éducatif marocain, et ce, à l'instar des autres systèmes éducatif au niveau international<sup>6</sup>. La priorité de la réforme actuelle du système éducatif marocain est d'assurer un enseignement de qualité offrant des chances égales à tous les élèves. Pour atteindre cet objectif, plusieurs changements pédagogiques majeurs ont été mis en place. Tout d'abord, au niveau de l'organisation pédagogique au primaire: les programmes de toutes les matières s'organisent désormais en Six unités; chaque unité s'étale sur cinq semaines, quatre semaines pour les apprentissages et une semaine pour l'évaluation et le soutien. Le programme de la langue arabe des six années du primaire a été révisé entre 2017 et 2021, et le programme de la langue française a été révisé dans son intégralité entre 2018 et 2020 pour les niveaux de 1 à 4, et entre 2020 et 2021 pour la cinquième et la sixième année, sans oublier bien sûr l'introduction de l'apprentissage du français dès la première année du primaire.

L'année scolaire actuelle (2022/2023) a connu l'introduction de trois activités "ritualisées" dans l'école primaire, à savoir la lecture, les mathématiques et les activités motrices. Cela se traduit par la consécration de dix minutes à la lecture au début de chaque séance d'arabe et de français, de dix minutes aux exercices en mathématiques afin de consolider les connaissances, et de vingt minutes d'activités motrices trois fois par semaine en se basant sur le manuel d'éducation physique du ministère. En ce qui concerne le soutien pédagogique, une approche adaptée au niveau des élèves, connue sous le nom de TARL (Teaching at the Right Levels), sera adopté dans un échantillon d'écoles primaires. Cette approche vise à cibler les problèmes scolaires spécifiques des élèves afin de leur permettre d'acquérir les compétences de base nécessaires pour poursuivre leur parcours scolaire avec succès.

Actuellement, le ministère a lancé le projet pilote "écoles pionnières" qui sera expérimenté à partir du mois de septembre 2023 dans environ 628 écoles au niveau national<sup>7</sup>. Axé sur quatre composantes essentielles, le projet sera basé sur un programme de remédiation massif: l'utilisation de méthodes d'enseignement efficaces, la spécialisation des enseignants ainsi que sur la gestion des établissements.

Les deux premières composantes se rapportent au programme de remédiation massif aux lacunes fondamentales des élèves notamment en lecture et en calcul, par le recours à la méthode TaRL (Teaching at the right level) déjà cités en haut. A cela s'ajoute, la deuxième composante, focalisée sur la mise en œuvre de méthodes d'enseignement efficaces en classe, elle est fondée sur le principe de la progressivité des apprentissages: "on ne passe à l'étape suivante de la leçon qu'après avoir vérifié la compréhension de l'ensemble des élèves".

La 3ème composante concerne la formation spécialisée des enseignants dans les disciplines qui correspondent le mieux à leurs domaines de formation et de compétences. La mise en œuvre du dispositif de spécialisation est optionnelle et relève du choix de l'équipe pédagogique locale en fonction des caractéristiques propres à chaque établissement.

Finalement, la gestion de l'établissement constitue la quatrième composante qui parie sur l'amélioration des conditions matérielles, à savoir l'état des classes et des sanitaires, la sécurité, l'hygiène, la qualité des équipements et la disponibilité du matériel didactique.

Ainsi, le ministère a conçu le label "École pionnière", pour tout établissement veillant sur la mise en œuvre des quatre composantes susmentionnées. Les bénéficiaires auront droit à des incitations matérielles pour les membres de l'équipe pédagogique, et une indemnité individuelle de 10.000 DH nets par an pour chaque professeur et directeur d'établissement en plus de l'équipement de chaque classe par un vidéoprojecteur et d'un PC portable.

---

<sup>5</sup> Conseil supérieur de l'éducation et de la formation, et de la recherche scientifique, Pour une Ecole de l'équité, de la qualité et de la promotion : Vision stratégique 2015-2030, Rabat, 2015

<sup>6</sup> Maria Nubia Medeiros, Réformes de l'éducation et impacts sur la formation des enseignants et leurs pratiques pédagogiques en salles de classes, 2009

<sup>7</sup> Ministère de l'éducation nationale du préscolaire et des sports, *feuille de route 2022-2026*, Rabat, 2022.

La mise en œuvre de ces nouveautés montre combien le rôle des professeurs sera sollicité, et combien leur formation continue sera indispensable pour les préparer à leur mission.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été menée en trois principales étapes:

1. Etude et analyse quantitative de l'évolution des effectifs des professeurs du primaire qui ont bénéficié de cycles de formation continue par rapport aux effectifs globaux, dans la direction provinciale de Rabat,
2. Etude du plan d'action de formation continue établi par la direction provinciale de Rabat, afin de voir le degré de concordance entre les axes de formation proposés et les nouveautés pédagogiques du cycle primaire
3. Etude pratique effectuée sur le terrain, par le biais d'un questionnaire numérique qui a été adressé aux professeurs du primaire exerçant dans les écoles relevant de la direction provinciale de rabat, et qui ont bénéficié de formation continue pendant les trois dernières années. L'objectif était de voir l'impact de cette formation sur les pratiques de classe des professeurs "formés", ainsi que leur degré de satisfaction par rapport à ces cycles de formations

Le questionnaire numérique est composé de trois sections:

- Une première réservée aux informations générales;
- Une deuxième section réservée aux contenus de la formation continue dont ont bénéficiés les professeurs ainsi que leur impact sur les pratiques pédagogiques dans les classes, et le degré de satisfaction des professeurs par rapport à ces formations;
- Et une troisième section concerne les propositions d'amélioration et de perfectionnement des séances de formation continue

Le choix de la direction provinciale de Rabat pour illustrer et appuyer notre étude n'était pas arbitraire:

- Il s'agit de la capitale du pays, et sa proximité avec le siège du ministère de l'Education Nationale fait d'elle un terrain fertile pour l'expérimentation des innovations pédagogiques;
- Son territoire abrite le siège du centre régional des métiers de l'éducation et de la formation, qui est chargé du volet de la formation initiale et continue des professeurs de tous les cycles (primaire, collégial et qualifiant).

### QUESTIONNAIRE UTILISÉ DANS L'ÉTUDE

Impacte de la formation continue sur les pratiques de classe.

\* Indique une question obligatoire

#### Section I

##### Informations générales

1. Année de recrutement \*

\_\_\_\_\_

2. Ancienneté générale \*

\_\_\_\_\_

3. Sexe

\_\_\_\_\_

#### Section II

##### Formation Continue

4. avez vous déjà bénéficié d'une formation continue durant les cinq dernières années? \*

*Une seule réponse possible.*

oui

non

5. Si oui précisez la nature de cette formation (atelier de partage, cycle de formation, accompagnement, rencontre pédagogiques avec les inspecteurs, autre...) et la durée de cette formation. \*

Si non veuillez écrire "NEANT comme réponse à cette question..

6. Quels étaient les thèmes de ces formations continues? \*

7. De combien de sessions de formation continue avez-vous bénéficié durant les trois dernières années? \*

8. Est ce qu'elles ont répondu à vos besoins en formation? \*

*Une seule réponse possible.*

- oui, parfaitement  
 oui mais partiellement  
 non

9. Est-ce que la participation à ces cycles de formation continue vous ont aidé à améliorer vos pratiques de classe? \*

*Une seule réponse possible.*

- oui  
 Non

10. Si oui, pouvez-vous indiquer en quoi ils vous ont aidé? \*

11. Quel est votre degré de satisfaction globale de ces formations continues? \*

*Une seule réponse possible.*

- partiel
- Moyen
- Bien
- Nul

12. Si vous n'êtes pas satisfait, pouvez-vous donner les causes de cette "insatisfaction"? \*

---

Section III

Propositions d'amélioration.

13. Quelles sont vos propositions d'amélioration des cycles de formation continue? \*

---

---

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms

### 3 RÉSULTATS

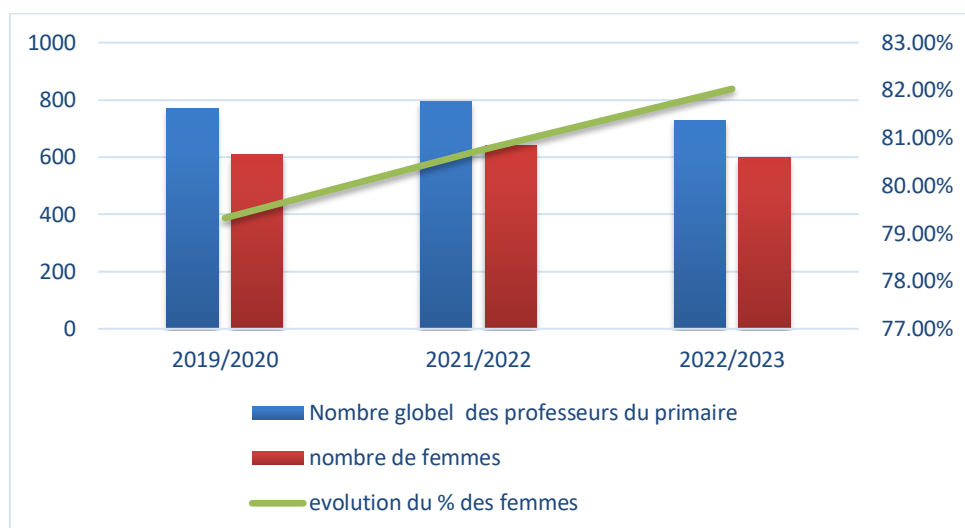
#### 3.1 EVOLUTION DU NOMBRE DES PROFESSEURS DE PRIMAIRE DANS LES TROIS DERNIÈRES ANNÉES

Le nombre global des professeurs du cycle primaire dans la direction provinciale de Rabat durant les trois dernières années varie entre 769 et 729 professeurs dont environ 80 % d'entre eux sont des femmes (**Figure n°1**), 48 % sont monolingues<sup>8</sup> et 52% sont bilingues<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Les professeurs du primaires dits monolingues enseignent l'arabe, l'éducation islamique, l'histoire-géo et les activités d'éveil.

<sup>9</sup> Les professeurs bilingues peuvent enseigner toutes les matières qu'enseignent les professeurs "mono" mais ils peuvent enseigner également le français et les mathématiques.



**Fig. 1. Évolution des nombres des professeurs du primaire entre 2019 et 2023**

Nous pouvons constater un léger changement dans le nombre de professeurs d'une année scolaire à l'autre, ceci est principalement dû à la variance des nombres d'élèves qui arrivent de l'extérieur du territoire de la direction. Mais la tendance générale inscrit une légère baisse, que ce soit dans le nombre de professeurs ou le nombre d'élèves. Ainsi le nombre des élèves est passé de 23.804 en 2019 à 22.863 en 2023, et le nombre de professeurs est passé, comme nous l'avons déjà signalé, de 769 en 2019 à 729 en 2022. Plusieurs facteurs peuvent être pris en considération lors de l'explication de ce constat: d'abord, le taux de croissance démographique qui tend vers la baisse dans la ville de Rabat<sup>10</sup>, il y a donc moins de nouveaux nés chaque année ce qui impacte le nombre de nouveaux inscrits dans les écoles. Il y a également les efforts fournis par les autorités locales dans le domaine de la lutte contre les bidonvilles et les logements insalubres, ce qui engendre le déplacement des familles vers d'autres villes, vue la saturation du récipient foncier de la ville de Rabat.

**Tableau 1. Nombre global des professeurs bénéficiaires de formation continue selon les modules de formation et des années**

Modules de formation continue	Nombre de bénéficiaires en 2021	Nombre de bénéficiaires en 2022	Nombre de bénéficiaires en 2023	Total	% par rapport à l'effectif global des professeurs
Adaptation des contrôles continus	89	88	90	267	36,63%
Développement des compétences de la vie	251	318	184	753	103,29%
MOS	80	79	159	318	43,62%
NTIC	70	100	50	220	30,18%
Education inclusive	193	193	198	584	80,11%
Alternance linguistique	100	97	88	285	39,09%
Nouveautés du curriculum du primaire	200	375	168	743	101,92%
TBI	60	77	45	182	24,97%
TaRL	0	12	149	161	22,09%

Quant au nombre de professeurs ayant bénéficiés de formation continue par rapport au nombre global des professeurs, il varie d'un module de formation à l'autre (**tableau n°1**). Nous remarquons qu'il y a des modules où le taux de formation dépasse les 100%, ceci s'explique par le fait qu'il y a des professeurs qui sont formés et qui quittent la direction provinciale, cette

<sup>10</sup> Selon le recensement général de la population de 2004, le nombre des habitants de Rabat était 625.366, ce nombre est descendu à 577.827 habitants lors du recensement général de 2014, soit une diminution de 47.509 habitants. Source : www.hcp.ma

dernière se trouve dans l'obligation de former les nouveaux venus. On trouve par contre des modules de formation dont ont bénéficiés moins de 22% ou de 25% des professeurs (**figure n°2**).

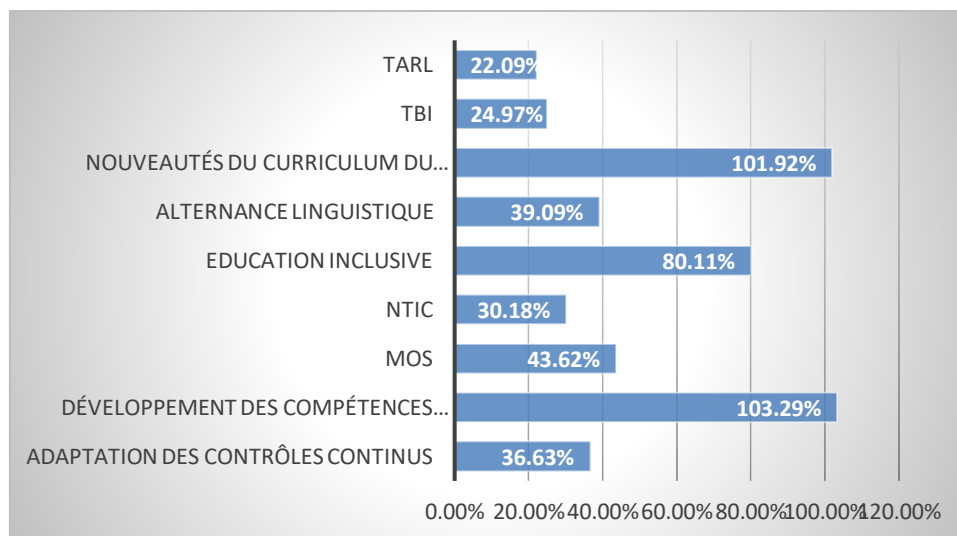


Fig. 2. Pourcentage des participants à l'étude bénéficiaires de chaque module de formation par rapport à l'effectif globale des professeurs

### 3.2 LECTURE DANS LE PLAN D'ACTION ANNUEL DE FORMATION CONTINUE DE LA DP DE RABAT

Suite aux dispositions de l'arrêté ministériel concernant la stratégie nationale de formation continue dans le secteur de l'éducation nationale<sup>11</sup> et de la note ministérielle 05.21 du 08 janvier 2021 concernant la mise en œuvre de la stratégie de formation continue dans le département de l'éducation nationale, les directions provinciales sont désormais appelées à élaborer leurs propres plans d'actions provinciaux de formation continue. Ceux-ci doivent respecter le cahier de charges élaboré par le ministère de tutelle, et être en conformité avec les orientations officielles (institutionnalisation de la formation continue, alignement de la formation continue avec les grands axes de la réforme, adéquation de la formation continue avec les besoins des cadres pédagogiques...). L'examen du plan d'action de formation continue de la direction provinciale de Rabat dévoile la présence de plusieurs modules de formation destinés aux cadres pédagogiques et administratifs appartenant à la direction. Les modules de formations que suivent les professeurs du primaire sont les suivants:

1. Les nouveautés du curriculum du cycle primaire (arabe, français mathématiques et amazigh),
2. L'enseignement explicite,
3. Méthodologie de préparation et de passation des contrôles continus,
4. L'utilisation du tableau blanc interactif (TBI),
5. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication,
6. L'adaptation des contrôles continus pour les élèves en situation d'handicap,
7. Développement des compétences de la vie,
8. L'éducation inclusive,
9. La certification MOS, word, excel et power point (MOS),
10. L'alternance linguistique au primaire,
11. TaRL (Teaching at de Right Level)

<sup>11</sup> L'arrêté ministériel 31.20 du 03 septembre 2020

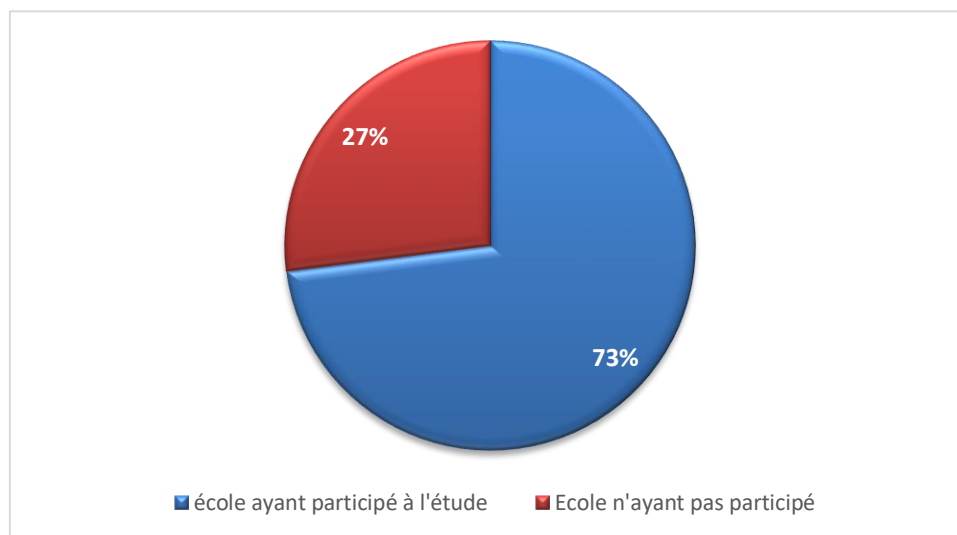
Nous pouvons constater que ces axes de formation peuvent être divisés en deux principales catégories:

- Module de formation qui ont une relation étroite avec les nouveautés du cycle primaire, et qui ont un impact direct sur la mise en œuvre de la réforme actuelle dans les classes (modules 1; 2; 7; 10 et 11),
- Modules qu'on peut qualifier de complémentaires mais qui ne sont pas moins importants que les premiers (modules 3; 4; 5; 6; 8; et 9), dans la mesure où ils peuvent être considérés comme des modules transversaux de formation continue et que les bénéficiaires ne sont pas uniquement les professeurs du primaire.

Néanmoins, et bien que ces axes de formation s'alignent parfaitement avec les nouveautés pédagogiques du cycle primaire, et comme le démontre la figure n°2 déjà citée, il y a toujours un souci relatif aux nombres de bénéficiaires de chaque module de formation. L'objectif final est de garantir la formation de tous les professeurs dans l'ensemble des axes du plan d'action provincial de formation continue, afin qu'ils puissent suivre et intégrer les nouveautés pédagogiques dans leurs pratiques de classe, mais cela reste encore loin.

### 3.3 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE

Pour garantir un maximum d'objectivité de l'étude, le choix des professeurs qui ont participé à cette étude était aléatoire. Nous avons envoyé le questionnaire électronique aux directeurs des écoles primaires et nous leur avons laissé le soin de le partager avec les professeurs afin qu'ils le remplissent. Les consignes étaient de couvrir les professeurs des six niveaux du primaire, et de respecter dans la mesure du possible l'équilibre entre les deux sexes. Ainsi, 72% des établissements, c'est-à-dire 48 écoles sur un total de 66 (**figure n°3**), et 62% des professeurs du primaire de la direction provinciale ont participé à l'étude, soit 450 professeurs sur un effectif global de 729 (**figure n°4**).



**Fig. 3. Nombre et pourcentage des écoles ayant participé à l'étude**

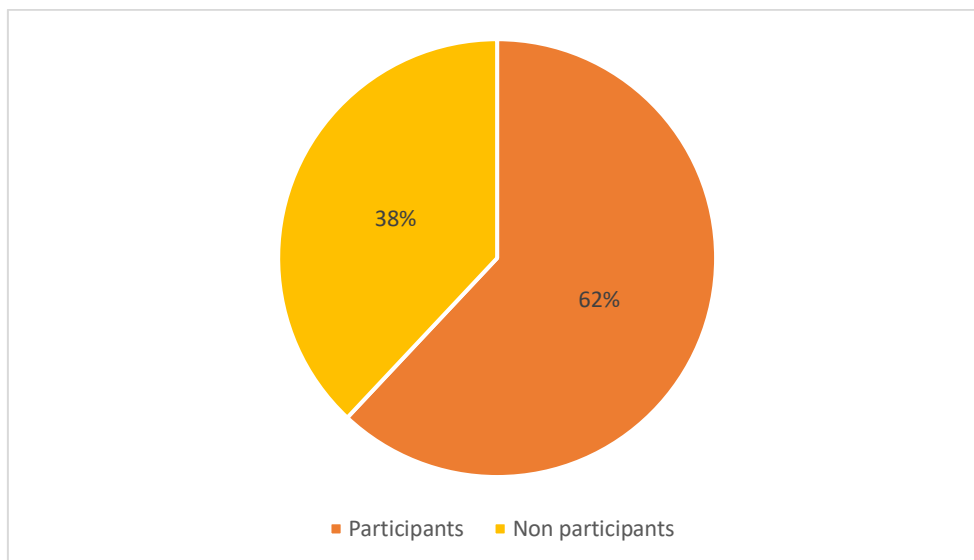


Fig. 4. Poids de l'échantillon par rapport au nombre global des professeurs du primaire

L'échantillon se répartit comme suit: 63% des participants sont de sexe féminin (figure 5). 26% des questionnés ont une ancienneté générale inférieure à 10 ans et 16% ont entre 10 et 19 ans d'ancienneté tandis que 58% en ont plus de vingt ans (figure n°6). Ce constat montre que presque les deux tiers des professeurs questionnés ont côtoyé les grandes réformes éducatives lancées depuis la charte nationale d'éducation et de formation qui était sortie en 1999 et appliquée en 2000.

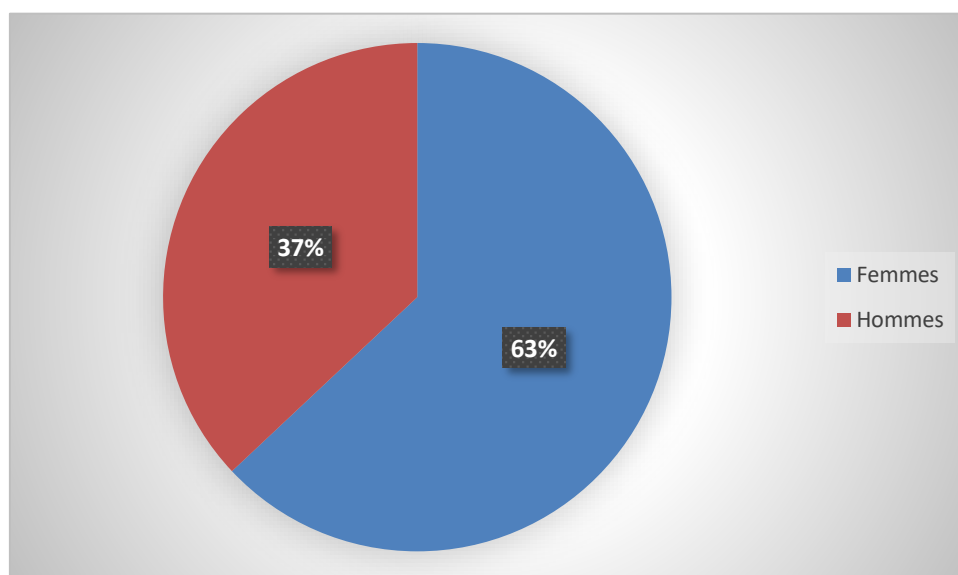
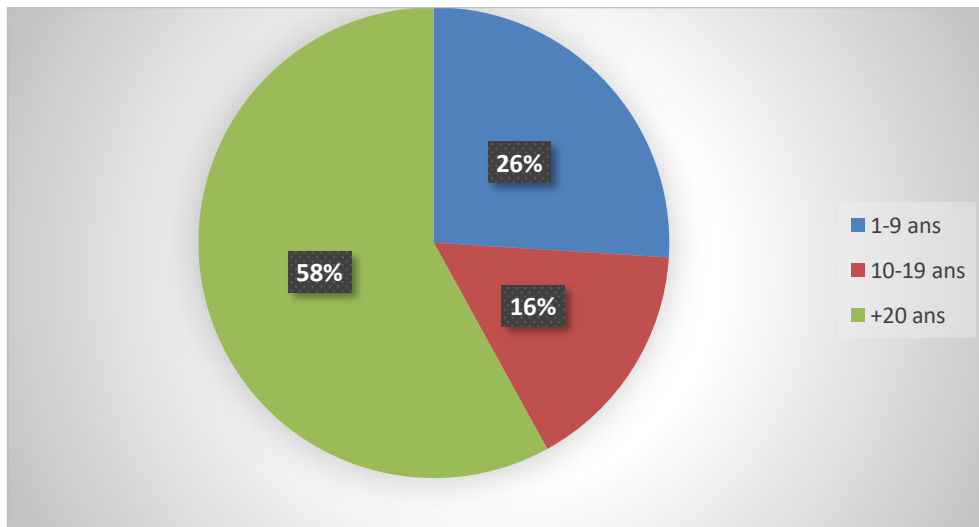


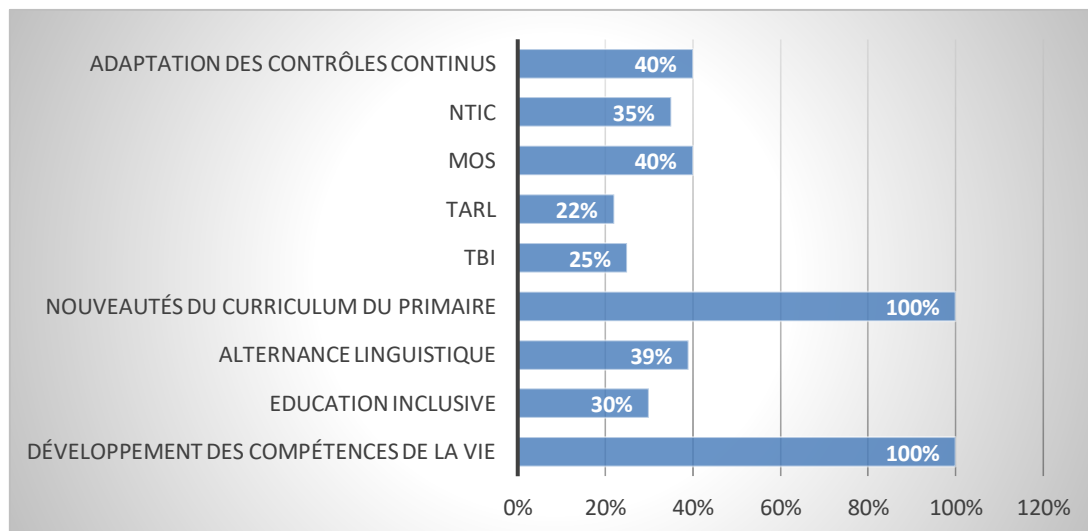
Fig. 5. Répartition des participants selon le sexe



**Fig. 6. Répartition des participants selon les tranches d'années d'ancienneté générale**

Suite aux réponses données à question n°4, “Avez-vous déjà bénéficié d’une formation continue durant les trois dernières années”, et à la question n°7 “ de combien de cycles de formation continue avez-vous bénéficié”, nous constatons que 100% des participants ont bénéficié de formation continue durant les trois dernières années, et que 100% d’entre eux ont bénéficié au moins de deux cycles de formation. Nous constatons également que 30% ont bénéficié de plus de trois cycles de formation. La nature de ces formations suivies diffère d’un cas à l’autre selon les réponses données à la question n°5, ainsi 70% ont bénéficié de rencontres pédagogiques, 100% ont bénéficié de cycles de formation continue et 30% d’atelier de partage.

Concernant la question 6 “Quels étaient les thèmes de ces formations” 100% ont bénéficié d’une formation sur les nouveautés du curriculum du primaire, 30% ont suivi une formation sur l’éducation inclusive, 100% sur les compétences de la vie, 25% sur l’utilisation pédagogique du TBI, 22% sur TaRL, et 39% sur l’alternance linguistique au primaire (**figure7**).



**Fig. 7. Taux de formation de l'échantillon dans les modules du plan d'action provinciale de formation continue**

En ce qui concerne la question n°8 “Est ce que ces formations ont répondu à vos besoins en formation ?” 51% ont affirmé que les formations qu’ils ont suivies ont parfaitement répondu à leurs besoins, tandis que 42% trouvent qu’elles n’ont répondu que partiellement à leurs besoins. 7% pensent cependant qu’elles n’ont répondu à aucun besoin (**figure 8**).

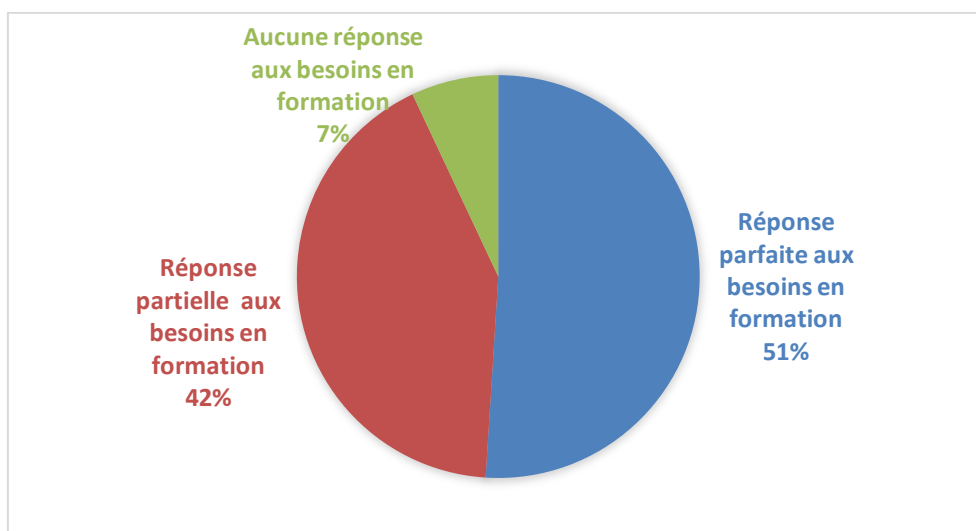


Fig. 8. Taux de réponse de la formation continue suivie aux besoins en formation chez l'échantillon

Selon les réponses données à la question numéro 9, nous remarquons que 80% des professeurs trouvent que les cycles de formation continue qu'ils ont suivis les ont aidés à améliorer leurs pratiques de classe contre 20% qui n'ont ressenti aucun impact de ses formations sur leurs pratiques pédagogiques en classe.

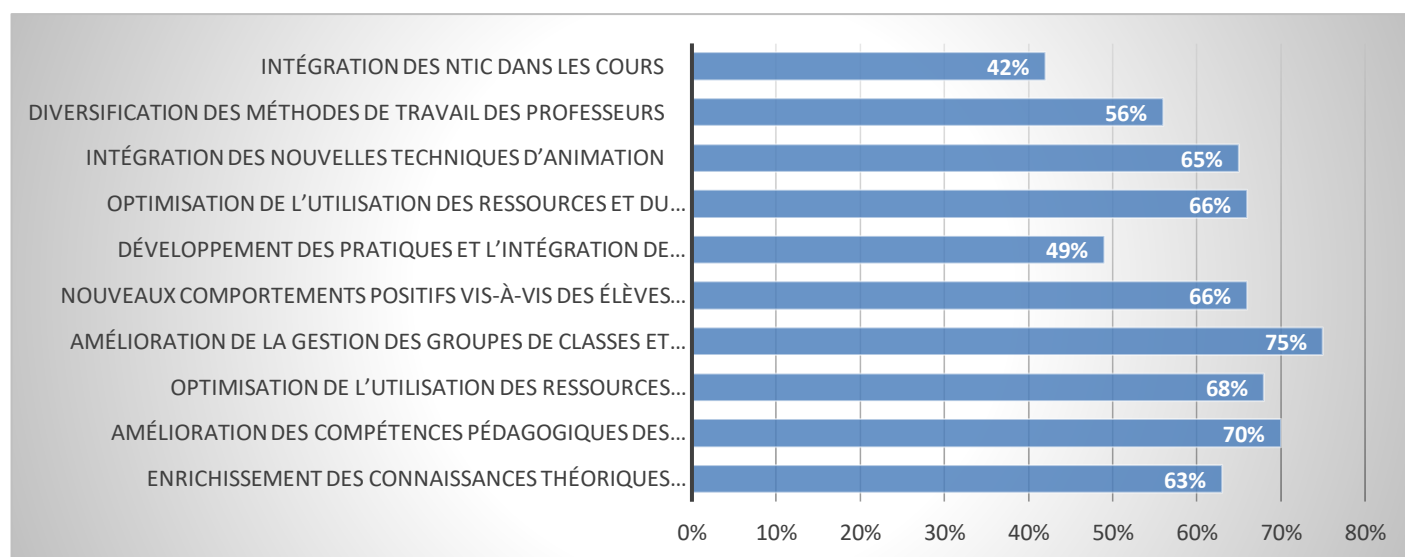


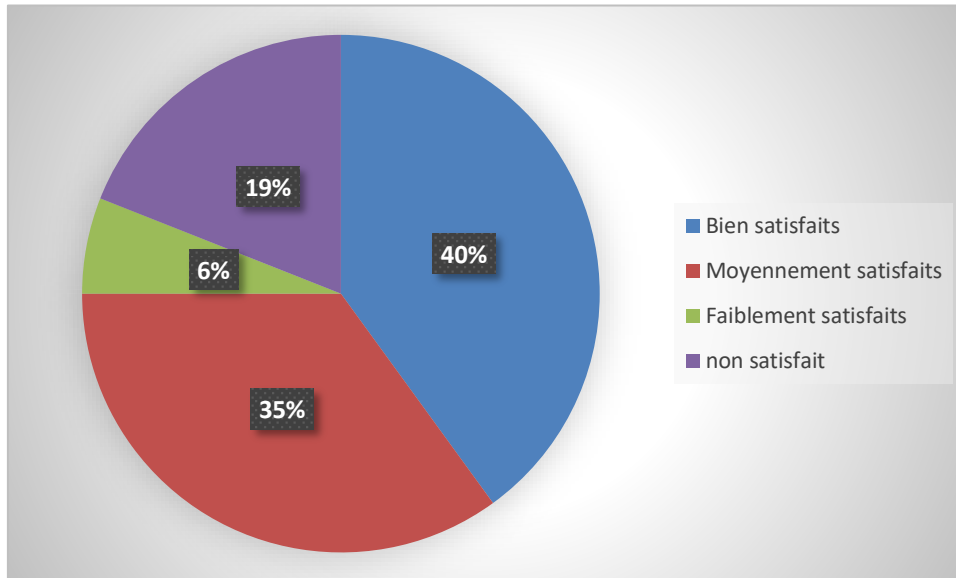
Fig. 9. Impacte de la formation continue sur les pratiques de classe chez l'échantillon

Si nous résumons les réponses données à la question n° 10 "En quoi ces formation vous ont-elles aidé à améliorer vos pratiques de classe ?", et selon leurs fréquences dans les réponses collectées, nous aurons les résultats suivants (voir figure n°9):

- L'enrichissement des connaissances théoriques appuyant l'acte pédagogique (63%),
- L'amélioration des compétences pédagogiques des professeurs (70%),
- L'optimisation de l'utilisation des ressources pédagogiques par les professeurs (68%),
- L'impact positif sur la gestion des groupes de classes et la gestion des difficultés affrontées (75%),
- l'aide à l'adoption de nouveaux comportements positifs vis-à-vis des élèves en situation d'handicap (66%),
- Le développement des pratiques et l'intégration de nouvelles techniques d'animation (49%),
- Optimisation de l'utilisation des ressources et du matériel pédagogiques (66%)
- L'intégration des nouvelles techniques d'animation (65%),

- Développement de l'aptitude de diversification des méthodes de travail des professeurs (56%),
- Intégration des NTIC dans les cours (42%)

Néanmoins, il est à noter que le degré de satisfaction de ces formations n'était pas le même chez les participants (question 11): 40 % sont "bien" satisfaits, 35% moyennement satisfaits, 6% peu satisfaits et 19% n'étaient pas satisfaits, (**figure n°10**). Nous aurons la possibilité, dans ce qui suivra, d'étaler les causes de cette insatisfaction (question n°12) et leurs possibilités de dépassement (question n°13).



**Fig. 10.** Degré de satisfaction des participants par rapport aux formations suivies

#### 4 DISCUSSION

Nous observons d'après les résultats obtenus que le nombre cumulatif des professeurs bénéficiaires de la formation continue à la direction provinciale de Rabat augmente d'une année à l'autre. Ce qui a mené à la formation de tous les professeurs dans certains modules de formation. Mais il est à noter que le nombre de "formés" dans certains modules reste loin de couvrir la totalité des professeurs. L'examen du plan d'action de formation continue de la direction démontre une diversité de modules de formation couvrant les nouveautés pédagogiques du cycle primaire, il reste à garantir l'accès des professeurs aux formations dont ils n'ont pas encore bénéficiés.

L'exploitation des résultats du questionnaire montre que 100% des professeurs qui ont participé à l'enquête ont bénéficié d'une formation continue durant les trois dernières années, mais il y a un certain déséquilibre en ce qui concerne le nombre de sessions de formations dont a bénéficié chaque professeur: Au moment où il y a des professeurs qui ont bénéficié de plusieurs sessions de formation, on trouve que d'autres n'en ont bénéficié que de deux. Il faudra donc faire attention à ce point de sorte que la participation aux sessions de formation soit équitable.

70% des professeurs questionnés ont assisté à des rencontres pédagogiques encadrées par les inspecteurs, ce qui montre un effort considérable fourni par ces derniers. Cependant, et si nous inversons la lecture de cet indicateur, nous trouverons que 30% des participants n'ont pas eu de rencontre avec leurs inspecteurs, chose qui n'est pas encourageante, surtout dans un contexte de réforme du système, qui demande un encadrement et un suivi de proximité<sup>12</sup>.

100% des participants ont suivi des cycles de formation continue dans les modules destinés aux nouveautés du curriculum du primaire et des compétences de la vie. Choses qui normale dans la mesure où ces deux modules font partie de l'ossature de la réforme pédagogique au cycle primaire.

<sup>12</sup> Souad El Hlimi, La formation continue des enseignants des cycles primaire et secondaire : Etat des lieux et perspectives, 2020.

Il est tout de même à noter qu'il y a des modules de formation que les professeurs en ont peu bénéficié (l'alternance linguistique 39%; l'adaptation des contrôles continue au profit des élèves en situation d'handicap 37%; TBI 25%) il faudra donc intervenir afin de remédier à cette situation.

Contre 51% des professeurs questionnés qui pensent que les formations qu'ils ont suivies ont parfaitement répondu à leurs besoins en formation, 42% trouvent que ces formations n'ont répondu que partiellement à leurs besoins, et 7% pensent qu'elles n'ont pas du tout répondu à leurs besoins en formation.

Ces chiffres devraient pousser les responsables à revoir leur ingénierie de formation continue afin que son point de départ puise dans les besoins réels en formation chez les professeurs.

Toujours dans la même optique, nous avons constaté que 81% des participants étaient "satisfaits" de la formation continue qu'ils ont suivie (40% bien satisfaits, 35% moyennement satisfaits et 6% peu satisfaits), ce qui reflète un haut degré de satisfaction générale, et démontre qu'il y a un effort considérable qui se fait. Mais, abstraction faite des 40% des participants qui sont bien satisfaits, nous aurons 60% d'entre eux qui ne sont pas tout à fait satisfaits, dont 19% qui ne sont pas du tout satisfaits.

Ce résultat nous mène à questionner les efforts fournis dans le sens de l'amélioration de l'offre proposée en formation continue et des conditions où se déroulent ses formations.

Nous pouvons résumer les sources de cette "insatisfaction", d'après les réponses collectées, dans les causes suivantes:

- Contenu de formation loin d'être appliqué dans les classes vue l'absence des moyens pédagogiques nécessaires (45%)<sup>13</sup>,
- Courte durée de la formation empêche l'assimilation et l'appropriation du sujet de la formation malgré son importance et son actualité (39%),
- Formation qui demeure limitée au volet théorique et manque de pratique, ce qui entrave sa transposition dans les pratiques des professeurs (42%),
- beaucoup de formation sont dans des thèmes complémentaires qui n'ont pas une liaison directe avec l'acte pédagogique au sein des classes (60%)

Afin de dépasser cette insatisfaction vis-à-vis de la formation continue suivie, les professeurs questionnés ont proposé des pistes d'amélioration que nous avons résumées comme suit:

- L'augmentation de la durée des sessions de formation continue (32%);
- La programmation de formations basées surtout sur le volet pratique (60);
- L'amélioration de la formation des formateurs (40%);
- La motivation des professeurs qui ont suivi des sessions de formation continue par l'octroi de diplômes ou des attestations de formations à la fin de chaque formation au lieu des certificats de présence actuellement délivrées (70%),
- L'implication des professeurs lors la préparation du plan d'action provinciale de formation continue (80%)

## **5 CONCLUSION**

Le ministère de l'éducation nationale marocain accorde une grande importance à la formation continue des enseignants pour améliorer la qualité de l'enseignement et répondre aux défis du système éducatif.

Des efforts considérables ont été déployés pour mettre en place des programmes de formation continue adaptés aux besoins des enseignants. Ses efforts qui se traduisent, dans le cadre de la Stratégie Nationale de Formation Continue (SNFC) par des plans d'action élaborés aux niveaux provinciaux et régionaux afin de répondre aux besoins des professeurs et leur permettre de suivre les nouveautés pédagogiques et participer à la mise en œuvre des réformes éducatives escomptées à travers le développement des pratiques de classe.

---

<sup>13</sup> Ce pourcentage exprime la fréquence de la réponse chez les membres de l'échantillon.

Cependant, et malgré ces efforts fournis et les résultats réalisés, des difficultés persistent toujours<sup>14</sup>, notamment en ce qui concerne le défi relatif la formation de tous les professeurs dans des axes du plan d'action de formation continue. Il faudra également faire attention au temps réservé à la formation continue: la plupart des formations se font actuellement au détriment du temps d'apprentissages puisque les professeurs doivent s'absenter de leurs classes pour pouvoir suivre les formations. Les cycles de formation doivent développer les pratiques de classe de professeurs et faire l'objet de suivi et d'évaluation<sup>15</sup>.

## REFERENCES

- [1] Conseil supérieur de l'éducation et de la formation et de la recherche scientifique, *Le Métier d'enseignant au Maroc, rapport thématique*, Rabat, 2011.
- [2] Marc Gurgand, *L'économie de l'éducation*, Paris 2005.
- [3] PIRLS, *International results in reading*, 2021.
- [4] Fouad Chafiqi, Abdelhakim Alagui, *Réforme éducative au Maroc et refonte des curricula dans les disciplines scientifiques*, 2011.
- [5] Conseil supérieur de l'éducation et de la formation et de la recherche scientifique, *Pour une école de l'équité, de la qualité et de la promotion: vision stratégique 2015-2030*, 2015.
- [6] Haut-commissariat au plan, *résultats du recensement général de la population et de l'habitat*, 2014.
- [7] Ministère de l'éducation nationale du préscolaire et des sports, *Feuille de route 2022-2026*, Rabat, 2022.
- [8] Ministère de l'éducation nationale, *Arrêté n° 31.20 du 03 concernant La stratégie nationale de formation continue dans le secteur de l'éducation nationale*, Rabat, septembre 2020.
- [9] Maria Nubia Medeiros, *Réformes de l'éducation et impacts sur la formation des enseignants et leurs pratiques pédagogiques en salles de classes*, 2009.
- [10] Rouchier, A., Lemoyne.G, Mercier A., *Le génie didactique, usage et mésusages des théories de l'enseignement*, De Boeck Supérieur, 2001.
- [11] Souad El Hlimi, *La formation continue des enseignants des cycles primaire et secondaire: Etat des lieux et perspectives*, 2020.
- [12] Besnard, P, *La Formation continue, Que sais-je?*, PUF, n°1953, Paris1998.
- [13] Bouvier. A et Obtin J.P, *La Formation des enseignants sur le terrain*, Hachette, Paris 1998.
- [14] Taouil.S, Cerbelle S, Amphora Alma, *Education au Maroc: analyse du secteur*, UNESCO, Rabat, 2010.
- [15] Merrouni, Mekki *Problème de la réforme dans le système éducatif marocain*, Okad, Rabat, 1993.
- [16] Bucheton, D., & Soulé, Y. *Le développement des gestes professionnels dans l'enseignement du français. Un défi pour la recherche et la formation*. De Boeck Supérieur, 2009.

<sup>14</sup> [Merrouni , Mekki *Problème de la réforme dans le système éducatif marocain*, Okad, Rabat , 1993

<sup>15</sup> Bucheton, D., & Soulé, Y. *Le développement des gestes professionnels dans l'enseignement du français. Un défi pour la recherche et la formation*. De Boeck Supérieur, 2009.

## La prise en charge de l'ulcère de Marjolin: Expérience du service de chirurgie plastique au CHU Mohammed VI Marrakech, Maroc

### [ Marjolin ulcer management: Experience of the plastic surgery service at Mohammed VI University Hospital Marrakech, Morocco ]

O. Elatiqi<sup>1</sup>, I. Zinedine<sup>2</sup>, O. Aitbenlassal<sup>3</sup>, M.D. Elamrani<sup>4</sup>, and Y. Benchamkha<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Professeur assistant au service de chirurgie plastique et réparatrice, CHU Mohammed VI Marrakech, Morocco

<sup>2</sup>Médecin résident au service de chirurgie plastique et réparatrice, CHU Mohammed VI Marrakech, Morocco

<sup>3</sup>Médecin résident au service de chirurgie plastique et réparatrice, CHU Mohammed VI Marrakech, Morocco

<sup>4</sup>Professeur au service de chirurgie plastique et réparatrice CHU Mohammed VI Marrakech, Morocco

<sup>5</sup>Professeur et chef du service de chirurgie plastique et réparatrice, CHU Mohammed VI Marrakech, Morocco

---

Copyright © 2023 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: Marjolin's ulcer is the malignant transformation of a burn scar or any other wound or chronic ulceration.

Material and methods: This is a retrospective study spread over 2 years from January 2020 to January 2022 on 13 files of patients hospitalized in the plastic surgery department of Marrakech.

Results: 13 patients, male in 77% of cases, the average age was 52 with extremes between 25 and 74 years old, the main location was the lower limb in 46% of cases, the scalp in 39% and the upper limb in 15%, the average size of the tumor was 11,5cm with extremes between 5 and 30cm, in 85% of cases it was a squamous cell carcinoma, lymph node dissection was performed in 61.5%, surgical excision required amputation in 5 cases, 2 in the upper limb and 3 in the lower limb due to bone invasion, an extension assessment was performed for all patients, positive in 70% of cases, coverage required direct sutures in 40%, grafts in 30%, and flaps in 30%.

The evolution was marked by recurrence in 2 cases.

All patients were referred for adjuvant treatment.

Conclusion: Marjolin's ulcer remains a rare but very locally aggressive tumor with significant metastatic potential.

**KEYWORDS:** Marjolin ulcer, squam cell carcinoma, burn, trauma, age.

**RESUME:** Introduction: L'ulcère de Marjolin correspond à la transformation maligne d'une cicatrice de brûlure ou de toute autre plaie ou ulcération chronique.

Matériel et méthodes: Il s'agit d'une étude rétrospective étalée sur 2 ans depuis janvier 2020 à janvier 2022 portée sur 13 dossiers de patients hospitalisés au service de chirurgie plastique de Marrakech.

Résultats: 13 patients, de sexe masculin dans 77% des cas, l'âge moyen était de 52 avec des extrêmes entre 25 ans et 74ans, la principale localisation était le membre inférieur dans 46% des cas, 39% au niveau du scalp et dans 15%, au niveau du membre supérieur, la taille moyenne de la tumeur était de 11,5cm avec des extrêmes entre 5 et 30cm, dans 85% des cas il s'agissait d'un carcinome spinocellulaire, un curage ganglionnaire a été effectué dans 61,5% devant la présence d'adénopathies, l'exérèse chirurgicale a nécessité une amputation dans 5 cas, 2 au niveau du membre supérieur et 3 au niveau du membre

inférieur devant l'envahissement osseux, un bilan d'extension a été effectué chez tous les patients, revenu positif dans 70% des cas, la couverture a fait appel à des sutures directes dans 40% des cas, greffes dans 30% et lambeaux dans 30%.

L'évolution a été marquée par la récurrence dans 2 cas.

Tous les patients ont été adressés pour un traitement adjuvant.

**Conclusion:** L'ulcère de Marjolin reste une tumeur rare mais très agressive localement avec un potentiel métastatique important.

**MOTS-CLEFS:** Ulcère de marjolin, carcinome spinocellulaire, brûlure, traumatisme, âge.

## 1 INTRODUCTION

L'ulcère de Marjolin est une tumeur maligne qui se développe sur une cicatrice de brûlure ou toute autre plaie ou ulcération chronique, cette transformation survient après de longues années d'évolution entre 30 à 35 ans, le carcinome spinocellulaire constitue le principal type histologique 75% suivi par le carcinome basocellulaire, le mélanome, sarcome,...

Il s'agit d'une tumeur à haut potentiel agressif sur le plan local et général, à travers notre série de cas nous allons essayer de montrer les quelques modifications épidémiologiques à travers le temps de cette tumeur et son agressivité en comparant sa survenue entre deux populations jeune et âgée.

## 2 MATERIEL ET METHODE

C'est une étude rétrospective étalée sur 2 ans de janvier 2020 à décembre 2021, intéressant 13 patients pris en charge au service de chirurgie plastique et réparatrice du centre hospitalier universitaire (CHU) MOHAMMED VI de Marrakech, l'exploitation des dossiers a permis le recueil des données épidémiologiques, cliniques, thérapeutiques et évolutives, avec un recul estimé à 2 ans.

## 3 RESULTATS

- **Sexe:** dans 77% des cas les patients étaient de sexe masculin (figure 1)

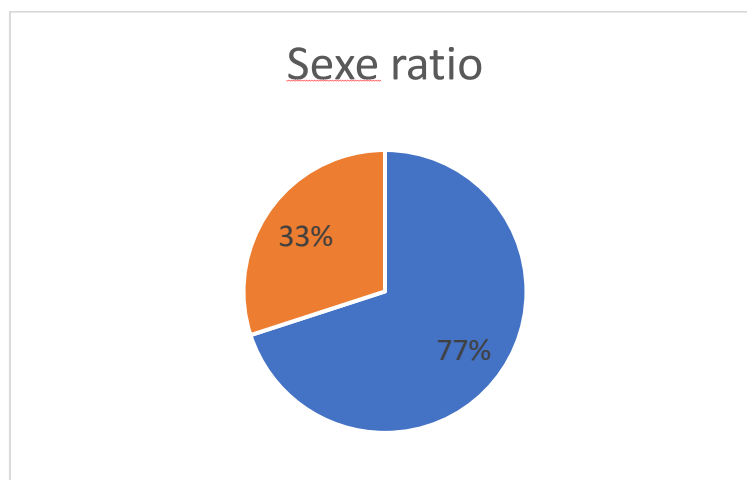


Fig. 1. Répartition des patients selon le sexe

- Origine: 66% des patients étaient d'origine rurale (figure 2)

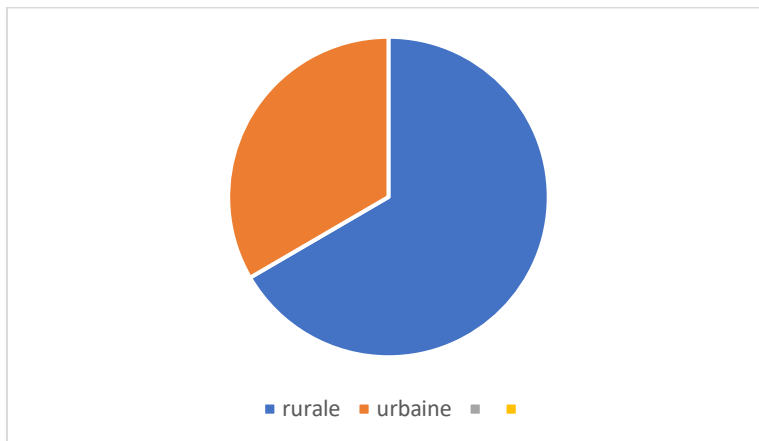


Fig. 2. Origine des patients

- Âge: moyenne d'âge est estimée à 50,2% avec des extrêmes entre 22 et 80 ans, et lorsqu'on analyse de plus près l'âge de nos patients on trouve que 46 % sont âgé de moins de 50 ans avec une moyenne de 34,5ans contre 54% où l'âge moyen est de 68,57 ans. (figure 3)

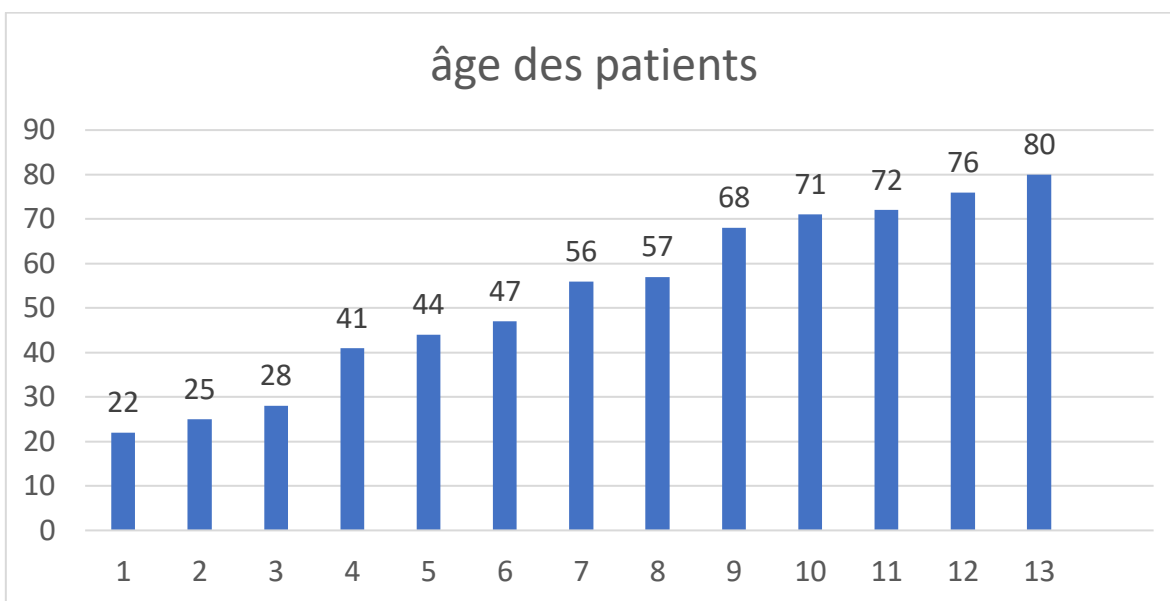
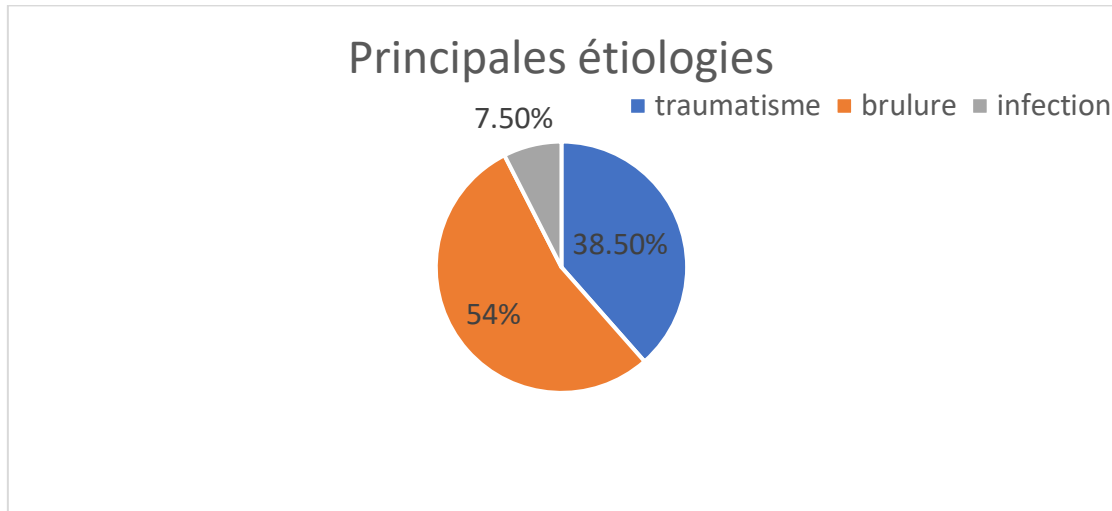


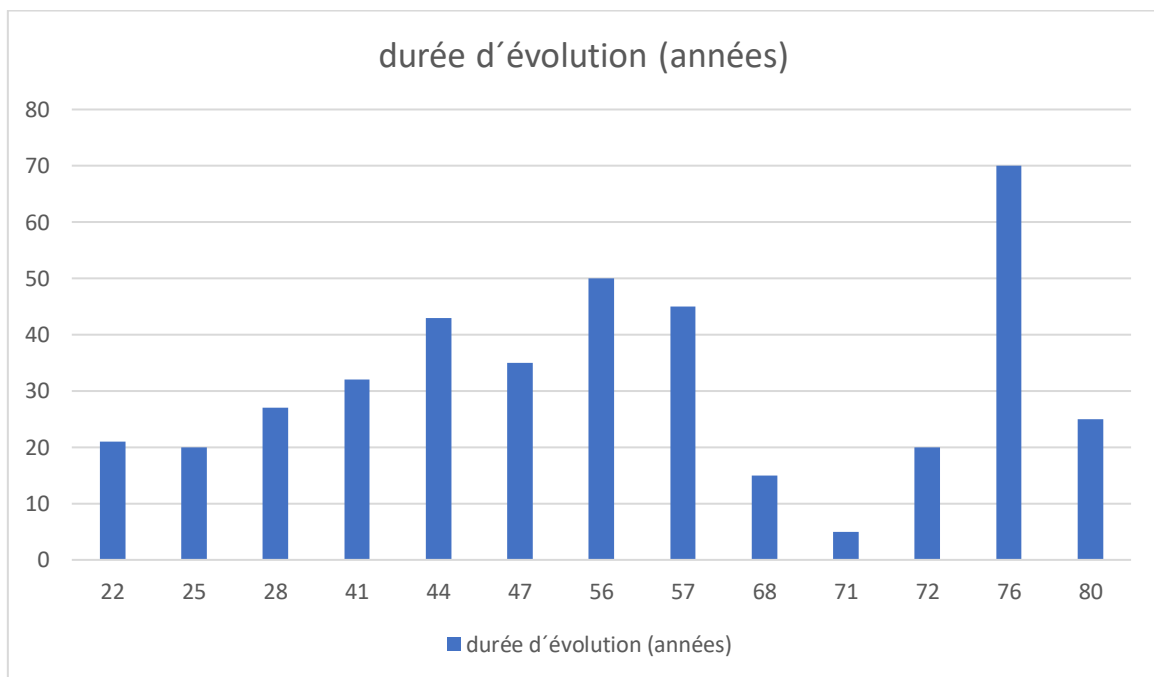
Fig. 3. L'âge des différents patients

- Étiologies: la principale cause de la cicatrice était la brûlure dans 54% des cas suivie par les traumatismes dans 38,5% des cas puis l'infection dans 7,5% (figure4)



**Fig. 4. Les principales étiologies des cicatrices instables**

- La durée d'évolution: estimée à 31,4 ans en moyenne avec des extrêmes entre 5 et 70 ans. (figure5)



**Fig. 5. La durée d'évolution des cicatrices instables chez chaque patient**

- La localisation: dans 46% les tumeurs siégeaient au niveau du membre inférieur suivi par le scalp dans 39% des cas puis au niveau du membre supérieur chez 15 % (figure 6)

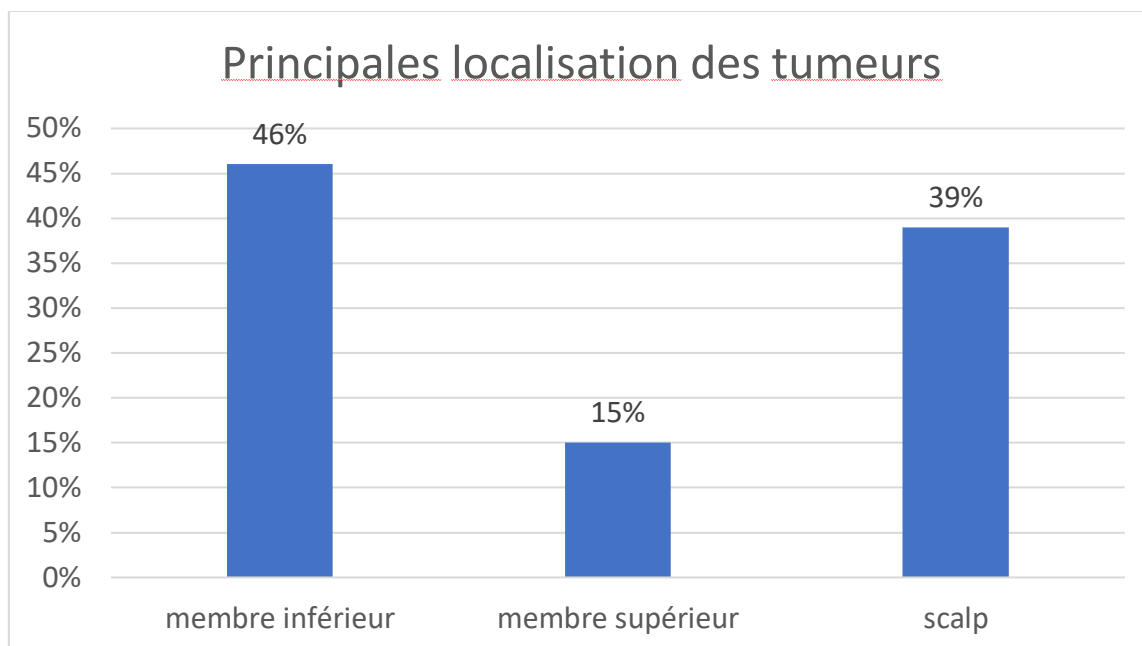


Fig. 6. Les différentes localisations des tumeurs

- L'aspect: ulcéro-bourgeonnant chez tous les patients (images 1 et 2)



Image 1: ulcère de marjolin du scalp.



Image 2: ulcère de marjolin pied droit

- La taille moyenne: des tumeurs était estimée à 11,5cm avec des extrêmes entre 5 et 30 cm de grand axe
- Le type histologique: dominé par le carcinome spinocellulaire dans 85 % des cas on a noté un cas de carcinome basocellulaire et un cas de carcinome adénoïde kystique (figure7)

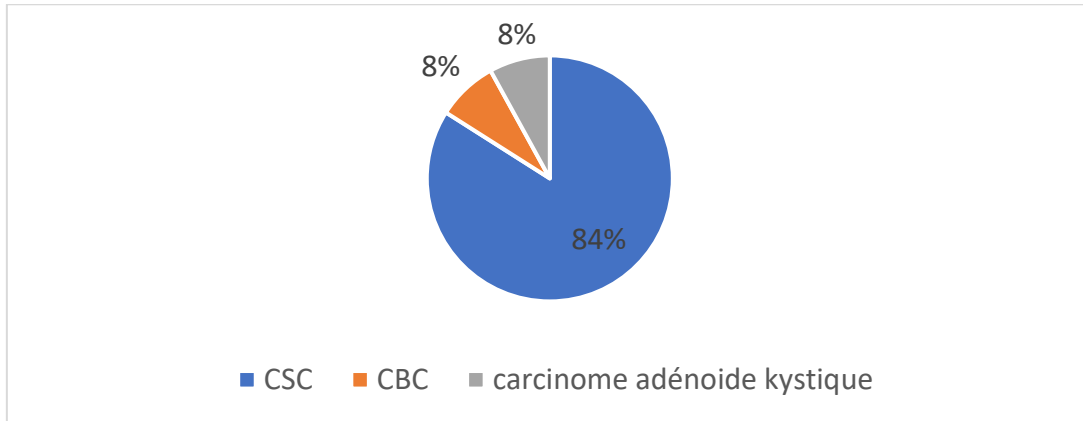


Fig. 7. Les types histologiques des tumeurs

- Le traitement

- L'exérèse chirurgicale avec des marges de 1 cm au minimum, dans certaines situation ou la tumeur envahit ou arrive au contact de l'os l'amputation a été de mise et cela chez 5 cas, au niveau membre supérieur et 3 au membre inférieur
- Le curage ganglionnaire a été réalisé chez 61,5 % des cas lorsqu'il y avait des adénopathies.

- Le bilan d'extension: réalisé chez tous les patients, fait d'un scanner thoraco-abdomino-pelvien, qui s'est révélé positif chez 70 % des cas, dans 53% il s'agissait de métastases ganglionnaire et viscérales (poumon et foie) dans 49% des cas. (figure8)

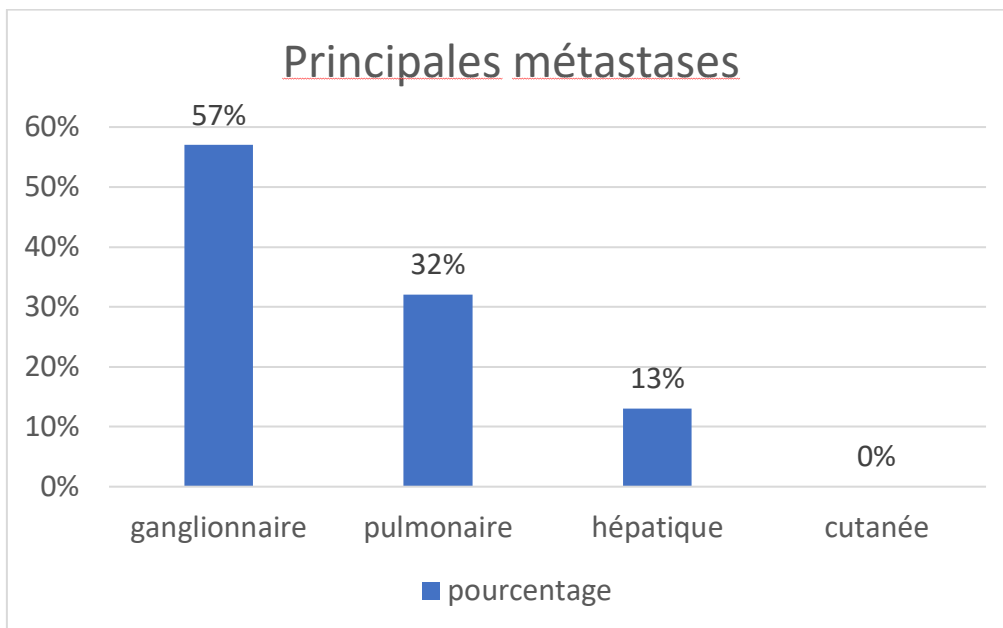


Fig. 8. Les différentes localisations des métastases

- Les moyens de couverture: la couverture n'a été réalisé qu'après certitudes du respect des marges d'exérèse sauf dans les cas un organe noble a été mise à nu, elle a fait appel à des sutures directes dans 40% des cas, une greffe cutanée dans 30% des cas et des lambeaux dans 30% des cas. (figure9)

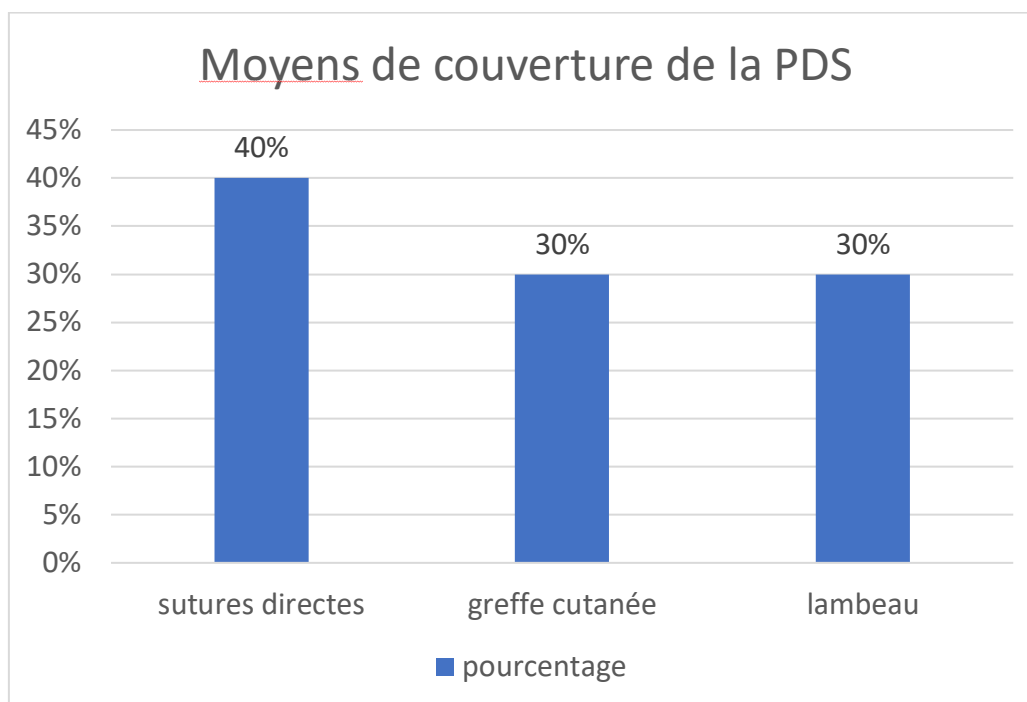


Fig. 9. Les différents moyens de couverture des perte de substance post-exérèse tumorale

- Évolution: après 2 ans de recul deux cas de récurrences ont été notés qui ont été réopérés et sont toujours suivis, 3 patients ont été perdus de vue, 7 patients sont toujours sous surveillance régulière en coordination avec le service d'onco-radiothérapie et un cas de décès suite à des métastases viscérales

#### 4 DISCUSSION

Décrit pour la première fois en 1828 par François-Nicolas Marjolin, il s'agit d'une tumeur rare dont la prévalence est estimée à moins de 2% [1,2], cependant cette prévalence varie selon le niveau de médicalisation et le degré d'accès aux soins de chaque pays [1], l'âge moyen de survenue dans la littérature est la cinquantaine [1,2], ce qui correspond à notre série où la moyenne d'âge est de 50,2 ans, cependant en analysant de plus près notre série de cas, on observe que presque la moitié des patients 46% est âgée de moins de 50 ans avec une moyenne d'âge de 34,5 ans, ce qui nous pousse à nous demander si les facteurs environnementaux (le stress, l'alimentation, les nouvelles habitudes de vie,...) ne favoriseraient et accéléreraient pas la dégénérescences de ces cicatrices instables, en plus de la localisation de la lésion comme dans l'étude de Chlihi [4].

Selon la littérature la moyenne d'évolution est de 30 ans [3,5,6], ce qui concorde avec notre série d'étude dont le pourcentage est de 31,4% avec des extrêmes entre 5ans et 70 ans.

Selon la littérature [4,7] plus la lésion siège au niveau d'une zone fonctionnelle plus le délai de transformation maligne devient plus court, dans notre série la principale localisation est au niveau du membre inférieur dans 46% des cas.

Que ça soit dans notre série ou dans la littérature [3,6,7], l'aspect ulcéro-bourgeonnant prédomine, et le carcinome spinocellaire est le type histologique le plus fréquent, cependant dans notre série un cas de carcinome adénoïde kystique a été retrouvé et un cas de carcinome basocellulaire.

La taille moyenne des tumeurs était de 11,5 cm avec des extrêmes entre 5 et 30 cm, en général les patients consultent a un stade avancé de la tumeur, ceci peut être dû à la difficulté d'accès aux soins et à l'ignorance.

Le traitement repose principalement sur la chirurgie avec une exérèse large entre 1 et 2 cm, ou bien utiliser la chirurgie de Mohs si c'est possible, afin d'éviter la récurrence [3,7,8], associer ou non à un curage ganglionnaire en se basant sur les données

cliniques et radiologiques (adénopathies palpables, présence d'adénopathies suspectes sur les examens paracliniques) dans notre série 61,5% de nos patients ont bénéficié d'un curage ganglionnaire [9,10], et devant la taille importante des tumeurs certains des cas ont nécessité des amputations 38,5% des cas [11].

La couverture ne peut avoir lieu qu'après certitude d'exérèse carcinologique dans la mesure du possible sauf si exposition d'organes nobles, ce qui est le cas dans notre série, le meilleur moyen de couverture étant la greffe cutanée qui facilite la surveillance locale [7].

Le traitement adjuvant fait de radio-chimiothérapie est indiqué en cas de tumeurs non opérables, la radiothérapie trouve sa place en cas de métastases ganglionnaires et devant des tumeurs dont la taille dépasse 10cm. [3,8,10]

Il s'agit de tumeurs très agressives avec un taux de métastases estimé à 27% comparé aux autres causes de carcinomes spinocellulaires 3% [6,9,12], le taux de récurrence est estimé à 50% [6,12], la notion de métastases ganglionnaires et la localisation au niveau des membres inférieurs aggravent le pronostic [9,12], dans notre série les métastases ont été retrouvées dans 70% des cas, après 10 mois de recul un cas de décès a été souligné et 2 cas de récurrence, à noter que le taux de survie à 5 ans varie entre 43 et 58% [13].

La surveillance est capitale afin de guetter toute récurrence.

La prévention reste le meilleur moyen permettant d'éviter la survenue de cette pathologie agressive, et cela par le choix d'un bon moyen de couverture en respectant les délais de la cicatrisation et de la couverture (deux semaines dans les zones fonctionnelles et trois semaines dans les autres zones), la rééducation, la pressothérapie et la réhydratation cutanée après épidermisation avec un suivi régulier minimum 2 ans doivent être de mise jusqu'à maturation cicatricielle.

Les ulcérations chroniques sont des lésions négligées par la population générale qu'il faudra essayer de sensibiliser.



**Cas clinique 1:** Patient âgé de 41 ans traité pour ostéomyélite à l'âge de 12 ans, qui se présente pour une lésion ulcéro-bourgeonnante en regard de la crête tibiale, biopsie en faveur d'un CSC, exérèse large avec recoups osseuses tumorales, désarticulation au niveau du genou avec curage inguinal devant des adénopathies palpables, patient opéré il y a un an sans notion de récurrence



**Cas clinique 2:** Patient âgé de 28 ans, brûlure par flamme de bougie à l'âge d'un an, apparition d'une ulcération du scalp, biopsie: CSC, volet craniem + couverture par un lambeau du scalp puis radiothérapie



**Cas clinique 3: Patient âgé de 47ans, brulure il y a 37 ans, ulcération du poignet, radio: envahissement osseux → amputation + curage axillaire**

## 5 CONCLUSION

L'ulcère de Marjolin est une pathologie très agressive, de très mauvais pronostic, dont le caractère épidémiologique est fort probablement en train de changer la faisant apparaître à un âge plus jeune avec une durée d'évolution qui diminue de plus en plus, ceci est peut-être dû aux changements des habitudes alimentaires, professionnelles et sociales des individus, d'où la nécessité de se concentrer sur la prévention, car il s'agit d'une pathologie qui peut être évitée, par une prise en charge efficace et précoce des brûlures ou des plaies à la phase initiale et donc améliorer l'accès aux soins à la population générale.

## CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun

## REFERENCES

- [1] S. Salim et al. ulcère de Marjolin: complication redoutable des séquelles de brûlures. *Annales de dermatologie et de vénéréologie*. 2018 May, 145 (4): A84-A85.
- [2] Wafa Raffas, badreddine hassam. Ulcère de Marjolin. *Pan Afr Med J*. 2013, 14: 98.
- [3] Muneeb Shah; Jonathan S. Crane. Marjolin ulcer. *National library of medicine, statpearls*. May 8 2022.
- [4] Chlihi A, Bouchta A, Benbrahim A, Bahechar N, Boukind EH. L'ulcère de Marjolin, destinée d'une cicatrice instable: A propos de 54 cas de séquelles de brûlures. *Ann Chir Plast Esthét*. 2002; 47: 291-7.
- [5] Flemming MD, Hunt JL, Purdue GF, Sandstad J. Marjolin's Ulcer: a review and reevaluation of a difficult problem. *J Burn Care Rehabil*. 1990 Sep-Oct; 11 (5): 460-9.
- [6] Pekarek B, Buck S, Osher L. A comprehensive Review on Marjolin's Ulcer: diagnosis and treatment. *J Am Col Certif Wound Spec*. 2011 Sep; 3 (3): 60-4.
- [7] S.Ouahbi et al. Ulcère de Marjolin complication redoutable des séquelles de brûlures. *Annals of burns and fire disasters*. 2013 Dec; 26 (4): 199-204.
- [8] Elkins-Williams ST, Marston WA, Hultman CS. Management of the chronic Burn Wound. *Clin Plast Surg*. 2017 Jul; 44 (3): 679-687.
- [9] Copcu E. Marjolin's ulcer: a preventable complication of burns? *Plast Reconstr Surg*. 2009 Jul; 124 (1): 156e-164e.
- [10] Metwally IH, Roshdy A, Saleh SS, Ezzat M. Epidemiology and predictors of recurrence of Marjolin's ulcer: experience from Mansoura university. *Ann R Coll Surg Engl*. 2017 Mar; 99 (3): 245-249.
- [11] Conolly SM, Baker DR and al. AAD/ACMS/ASDSA/ASMS 2012 appropriate use criteria for Mohs micrographic surgery: a report of the American Academy of Dermatology, American College of Mohs Surgery, American Society for Dermatologic Surgery Association, and the American Society for Mohs Surgery. *J Am Acad Dermatol*. 2012 Oct; 67 (4): 531-50.
- [12] Sadegh Fazeli M, Labaschi AH, Hajirostam M, Keramati MR. Marjolin's ulcer: clinical and pathologic features of 83 cases and review of literature. *Med J Islam Repub Iran*. 2013 Nov; 27 (4): 215-24.
- [13] Iqbal FM, Sinha Y, Jaffe W. Marjolin ulcer: a rare entity with a call for early diagnosis. *BMJ case Rep*. 2015 Jul.

## Etude conceptuelle d'un mini-convoyeur à vitesse variable utilisé dans la construction des maisons étagées

### [ Conceptual study of a variable-speed mini-conveyor used in the construction of upstairs houses ]

*Mapamboli Ebuta Benie<sup>1</sup>, Kambale Mondo Augustin<sup>2</sup>, and Katembo Maliro Jules<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Département de génie électromécanique, Université Chrétienne Bilingue du Congo, BENI, RD Congo

<sup>2</sup>Département d'électromécanique, Institut Supérieur des Techniques Appliquées-ISTA, Goma, RD Congo

<sup>3</sup>Enseignant consultant indépendant, BENI, RD Congo

---

Copyright © 2023 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 proposes a conceptual study for the implementation of a mini-conveyor that facilitates the overhead movement of concrete. The implementation of this device will remarkably improve the living conditions of the builders during the concrete pouring phase, by reducing labor. The study is based on the modelisation of static loads, the nature and effects of which depend favourably on the products being transported, acting on the conveyor belt fitted with buckets to facilitate movement. At the end of the analysis process, a prototype was designed which, using conventional prototyping methods, could be compared with the finished product.

**KEYWORDS:** Concrete, conveyor, analysis, prototyping.

**RESUME:** Cet article propose une étude conceptuelle pouvant permettre la mise en place d'un mini convoyeur facilitant le déplacement en hauteur du béton. La mise en place de cet engin améliore remarquablement les conditions de vie des bâtisseurs pendant la phase de coulée de béton en réduisant la main d'œuvre. L'étude est basée sur la modélisation des charges statiques dont la nature et les effets dépendent favorablement des produits transportés agissant sur la bande transporteuse du convoyeur muni des godets pour faciliter le déplacement. La fin des analyses permet la conception d'un prototype permettant de faire une similitude avec le produit fini grâce aux méthodes classiques de prototypage.

**MOTS-CLEFS:** Béton, convoyeur, analyse, prototypage.

## 1 INTRODUCTION

De nos jours l'évolution du monde se fait voir dans autant de domaines de la vie entre autres la médecine, l'architecture, etc. Elle se fait beaucoup remarquer sur le plan technologique par l'apparition des outils pouvant faciliter le mode de vie des habitants de la planète, elle se manifeste aussi par l'apparition des belles maisons construites suivant les nouveaux modèles conçus par les ingénieurs qualifiés.

En effet, la construction des maisons est un besoin naturel de l'homme depuis son apparition pour s'abriter des dangers que de son environnement peut fournir. La population du monde entier, de la République Démocratique du Congo et celle de

la ville de BENI se voit évoluer sur ce même plan architectural. Les habitants ressentent le besoin de se protéger vis-à-vis des situations traversées.

Ce contexte montre que, la population se trouve obligé de recourir aux moyens adéquats pour ériger des maisons d'habitation. C'est dans ce sens que notre recherche vise à réduire l'effort de l'homme durant la coulée de béton pendant la phase de transport du mélange béton et gravier qui se fera par un convoyeur muni des godets de chargement.

La conception et le dimensionnement d'un système électromécanique fait intervenir plusieurs compétences dont la compréhension parfaite du problème, la modélisation et la mise en place du système. Durant cette phase surviennent des défauts tels que le surdimensionnement due à l'incompréhension ou la mauvaise interprétation des charges appliquées au système; un fonctionnement non optimal du au mauvais choix de matériaux.

Cet article traite de la conception et la mise en place d'un système électromécanique de manutention via des méthodes classiques de dimensionnement et d'analyse via des simulations. Il est organisé comme suit: Dans la section 2, la formulation du problème de manutention optimale selon le contexte est faite. Dans la section 3 le dimensionnement et les analyses sont faits selon les contraintes, et dans la section 4, on y retrouve les résultats de simulation, l'interprétation de résultats et la conclusion.

## **2 FORMULATION DU PROBLEME**

Dans le territoire de Beni comme partout dans le monde, construire une maison implique beaucoup de processus à prendre en compte entre autres la pose de la fondation, la levée des murs, la pose de la dalle (pour des maisons avec un niveau et plus), la pose de la charpente et la toiture et enfin les travaux de finissage. Une culture s'est développée il y a de cela plusieurs années utilisant un groupe de personne travaillant ensemble durant la pose de la dalle, cette culture vise à avancer vite en formant une file indienne pouvant faciliter le transport du mélange béton et gravier de l'espace de mélange jusqu'à l'endroit désigné pour ensuite verser le mélange à la place déterminée par le superviseur. Ce processus se répète jusqu'à ce que l'épaisseur de la dalle soit atteinte. Celle-ci reste inefficace par rapport aux méthodes modernes (coulage de béton par pompage) offrant beaucoup d'avantage maheureusement inaccessible au niveau local [1], [2]

Cependant la pratique manuelle (habituelle) présente certains inconvénients entre autres:

- Le temps que cela prend en termes d'heures;
- Accumulations des fatigues corporelles à l'égard de la personne payée par un salaire ne pouvant pas équivaloir à la somme exigée pour les soins en cas de maladie, ce qui semble ne pas inquiéter les employeurs qui ne veulent que le résultat final;
- Difficulté d'atteindre des niveaux élevés, certes une main d'œuvre peut assurer le transport pour un niveau, comment faire pour atteindre des grandes hauteurs ?
- Une main d'œuvre considérable pour faire des grands travaux lorsque nous devront couler sur un grand espace;
- Une coulée discontinue dans le cas où la main d'œuvre doit se reposer après un certain moment et ensuite continuer, ce qui aura un impact négatif car la première couche du béton aura déjà fait prise et n'aura pas les mêmes caractéristiques que la prochaine couche ajoutée. une partie que les employeurs ignorent;
- La quantité de béton à transporter se trouve être insuffisante, ce qui ne favorise pas l'avancement des travaux

## **3 DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DU MINI CONVOYEUR**

Le béton, un matériau artificiel obtenu en mélangeant en proportions convenables et de manière homogène, le ciment (liant), les granulats (sable + gravier), de l'eau et éventuellement des adjuvants est utilisé un peu partout dans le monde plus particulièrement en ville de BENI dans la réalisation des ouvrages telle que les maisons, les ponts. Il est choisi suite à la résistance mécanique qu'il offre mais aussi la durabilité des ouvrages qui en découle.

Le dimensionnement prendra en compte les caractéristiques physico-chimiques du mélange [3], qui permettrons de pouvoir transporter aisément le béton mais aussi de savoir cerner les charges qui entrent en jeux selon les composants du système pris en charge en vue de l'amélioration du rendement de la machine dépendant de chaque facteur [4, 4].

### **3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU MÉLANGE À TRANSPORTER**

Le béton dont la masse volumique varie entre 1200 et 5000kg/m<sup>3</sup> [5] possède un double comportement: l'état frais et l'état durci. Parmi tous les constituants du béton, l'eau reste l'ingrédient qui peut nuire le plus même si c'est grâce à elle que le béton

peut être manipulé [6]. Réduire son dosage permet d'augmenter la résistance en compression et en flexion, de réduire la perméabilité mais aussi d'avoir moins de risques d'attaques d'agents agressifs extérieurs [7].

Ainsi, la masse volumique du béton variera en fonction du mélange comme suit:

**Tableau 1.** *Types de bétons suivant les masses volumiques*

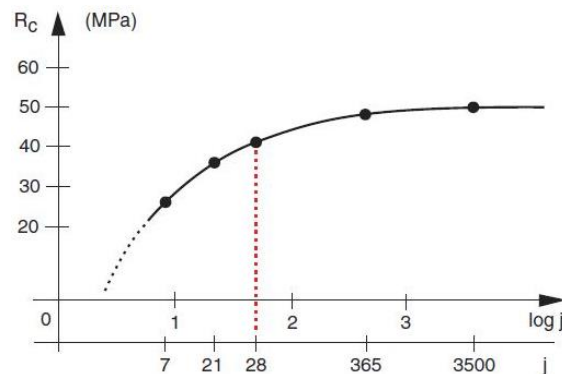
Type de béton	Masse volumique en kg/m <sup>3</sup>	Densité
Béton léger	1200 à 1800	0,2 à 1,8
Béton traditionnel	2200 à 2400	2,2 à 2,4
Béton armé	2500	2,5
Béton lourd	3000 à 5000	3 à 5

Plus la température est basse, plus la prise est lente, ainsi la résistance augmente avec l'âge du béton [8]. Mais Il est possible de modifier (accélérer ou, au contraire, retarder) la vitesse de prise de béton suivant l'ouvrage à réaliser (pont, maison ou dalle) en lui incorporant des adjuvants (additifs). Ici dans la ville BENI nous utilisons Dr. FIXIT comme accélérateur de prise et CicaCem comme retardateur. On pourra retarder ou accélérer la prise de béton suivant la distance de transport.

En plus de ces caractéristiques, le béton est moullable, dur et compacte. mais maniabilité et sa résistance mécaniques sont deux choses contraires:

- Eau en excès: bonne maniabilité, mauvaise résistance
- Granulat roulé: bonne maniabilité, mauvaise résistance
- Granulats concassés: mauvaise maniabilité, bonne résistance

Pour bien transporter le béton on va bien gérer le temps de prise mais aussi la teneur en eau.

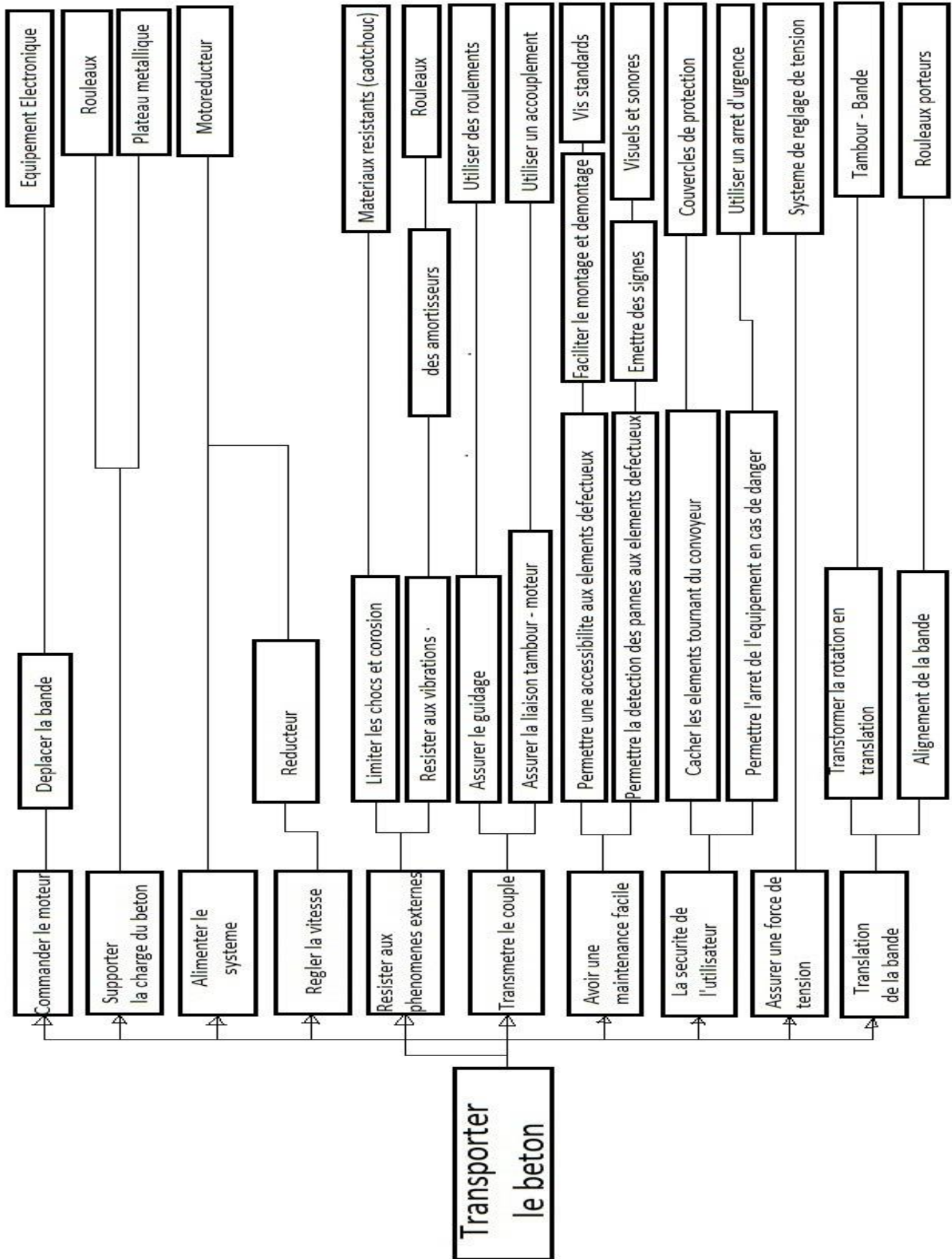


**Fig. 1.** *Prise du béton suivant l'âge*

### 3.2 PRÉSENTATION DE L'IDÉE GÉNÉRALE

L'objectif primordial est de déplacer le béton préalablement mélangé et l'élever à une hauteur quelconque suivant le niveau choisi. Le prototype sera dimensionné spécifiquement pour les maisons à 3 niveaux. D'où une élévation de 14 mètres maximum, soit en considérant la variation de la hauteur de chaque niveau de 2,7 à 3,5 mètres sans compter la fondation et l'épaisseur de la dalle qui est 1/20 ou 1/30 de leur portée, en moyenne on prend 1/25 (Technologie du bâtiment). Le dimensionnement va se faire en 3 parties à savoir: le dimensionnement des parties mécaniques pour trouver la puissance, le dimensionnement de la partie électrique et le dimensionnement des accessoires. L'angle d'inclinaison suivant la hauteur du chantier sera de 60°. A cet angle le béton ne peut pas monter sur la bande, d'où l'association des godets de chargement.

L'analyse fonctionnelle du système via le diagramme de FAST (function analysis system) présente le fonctionnement de la machine.



### 3.3 DIMENSIONNEMENT DE LA PARTIE MÉCANIQUE

La partie mécanique du mini-convoyeur composée de: la bande, les tambours, les rouleaux, les roulements... le choix sera dimensionnée en tenant compte des caractéristiques du produit à transporter (masse volumique, granulométrie,...) pour faciliter son fonctionnement optimal.

Avec ces caractéristiques nous souhaitons avoir un transport de 150 tonnes par heure et une vitesse de déplacement de la bande de 1m/s. pour une inclinaison de  $\lambda=30^\circ$  des rouleaux supérieures pour maximiser la protection du produit.

#### 3.3.1 LA BANDE TRANSPORTEUSE

Pour transporter le débit souhaite il faudra que la largeur de la bande soit soit fonction de l'angle d'inclinaison des rouleaux, l'angle de talutage du produit et de la vitesse de la bande. Le calcul du débit volumique  $Q_v$  pour une vitesse de 1 m/s en fonction du coefficient de correction  $K_1$ :

$$Q_v = \frac{Q_m}{K_{1,\rho}} \text{ en m}^3/\text{h} \quad (\text{III.1})$$

Le choix de  $K_1$  tiendra compte de la nature de l'alimentation du convoyeur (si elle est constante et régulière ou non).

$K_1 = 1$  Alimentation régulière

$K_1 = 0,95$  Alimentation irrégulière

$K_1 = 0,80$  à  $0,90$  Alimentation plutôt irrégulière

Le béton devra être acheminé sans arrêt pour éviter sa prise avant d'atteindre sa destination, on prendra donc  $K_1 = 1$  pour tenir compte de la régularité de cette alimentation.

$$Q_v = \frac{150}{1 \times 2,4} = 62,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dans les abaques reliant le débit (voir les annexes) la largeur de la bande, l'inclinaison des rouleaux et la largeur de la bande nous tirons une valeur normalisée la plus proche de  $Q_v = 62,5 \text{ m}^3/\text{h}$  correspondant à une bande de largeur 500mm pour  $\lambda=30^\circ$ .

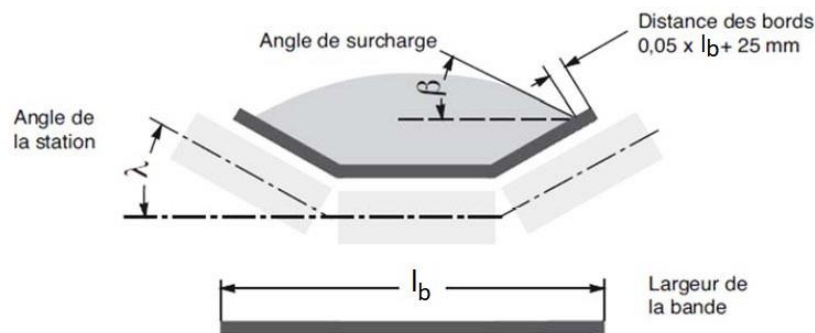


Fig. 2. Bande transporteuse et angle d'inclinaison des rouleaux

L'entre axe entre les deux tambours étant de 16m, la bande aura donc une longueur

$$L_b = 2E + \pi R_m + \pi R_r \quad (\text{III.2})$$

Avec E: entre axe

$R_m$ : rayon du tambour moteur

$R_r$ : rayon du tambour de renvoi

$L_b$ : Longueur de la bande

Pour un tambour moteur de diamètre 400mm et un tambour de renvoi de diamètre 350mm (voir les annexes) suivant la formule III.2:

$$L_b = (2 \times 16) + \frac{2 \times 3,14 \times 0,2}{2} + \frac{2 \times 3,14 \times 0,175}{2} = 33,1775 \text{ m}$$

La bande caoutchouc ayant un poids donné par le fournisseur et exprime en kg/m est devra résister à la chaleur, à l'huile, à la déchirure, aux chocs, etc. la jonction de la bande se fera par vissage.

Pour pouvoir: Réduire les pertes de béton sur la bande lors du déplacement, maximiser la quantité de béton transporter, travailler suivant un grand angle d'inclinaison et réduire massivement les dimensions de la machine (ce qui la rendrais plus accessible), Nous allons fixer sur la bande des godets de chargement en plastique therm durcissable ayant une grande résistance aux agents chimiques mais aussi une excellente tenue à la corrosion, cela pour réduire la charge imposée au moteur. Les dimensions normalisées des godets dépendent de la capacité de chargement.

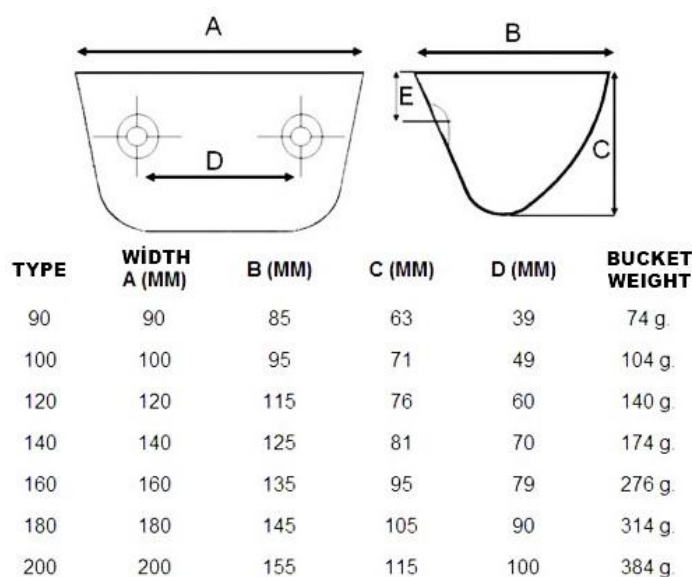


Fig. 3. Dimensions normalisées des godets de chargement

Suivant la largeur de la bande nous allons utiliser le type 180 avec comme dimension:

$$A=180\text{mm}, B=145\text{mm}, C=105\text{mm} \text{ et } D=90\text{mm}$$

Le nombre de godets se calcule de la manière suivante:

$$(III.3) \ n_g = \frac{L_b}{C + \frac{2\pi R_m}{2}} = \frac{33,1775}{0,105 + 3,14 \cdot 0,2} = 45,26 \text{ soit } 45 \text{ godets}$$

La masse volumique des polymères therm durcissables étant de 1190kg/. Chaque godet aura une masse de 314g, et ainsi un volume  $V = \frac{m}{\rho} = \frac{0,314}{1190} = 0,0002638 \text{ m}^3$  Et donc la masse totale sera

$$m_g = 0,314 \cdot n_g = 0,314 \cdot 45,26 = 14,21 \text{ kg}$$

On fera en sorte que l'espace entre deux godets soit légèrement supérieure à la demi-circonférence du tambour pour assurer une bonne tenue.

La masse de la bande étant normalisée de 5kg/m [9] La masse totale est donc 165kg+14,21kg=179,21kg

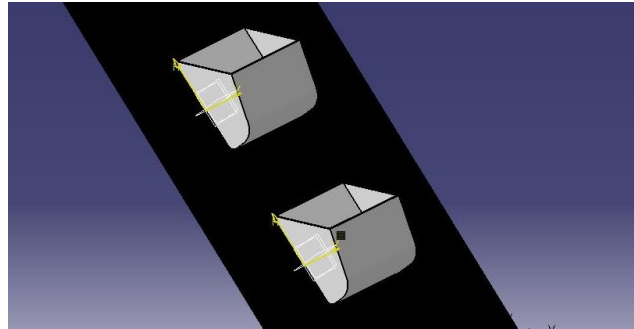


Fig. 4. Pose des godets sur la bande, dessine sous le logiciel CATIA

L'assemblage godet-bande se fait grâce à 2 vis CFC-M12 montées de façon à avoir la tête de la cote du tambour et l'écrou de la cote intérieure du godet.

### 3.3.2 DIMENSIONS NORMALISÉES DES ROULEAUX PORTEURS

La largeur et la vitesse linéaire de la bande respectivement 500mm et 1m/s seront les éléments clés de la détermination du diamètre des rouleaux [10]. A ces données correspondent un diamètre recommande des rouleaux de 89 mm selon le croquis suivant:

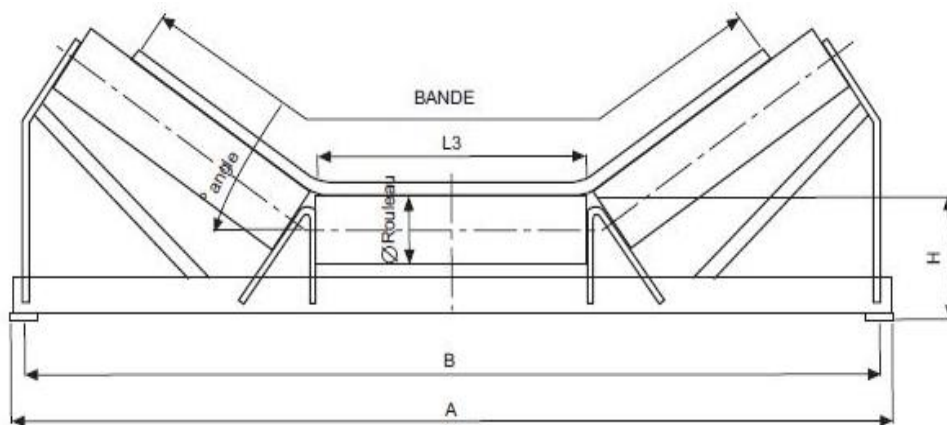


Fig. 5. Dimensions normalises des rouleaux - support

Pour notre cas nous choisissons:

A=800mm, B=750mm, diamètre du rouleau 89mm, H=75mm, L1=600mm, L2=315mm et L3=200mm

Les écartements des rouleaux seront comme suit:

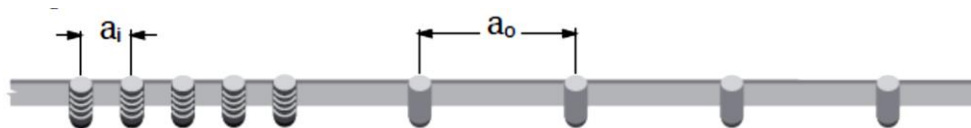


Fig. 6. Ecartement des rouleaux [11]

$a_0$  Etant la distance entre deux rouleaux porteurs supérieurs généralement de 1 metre et  $a_i$  l'eccartement des rouleaux au point de chargement [11]:

- $a_0=1,4m$  sur les rouleaux supérieurs
- $a_i = \frac{a_0}{3} = \frac{1}{3} = 0,33m$

A ces dimensions s'ajoute le poids par rouleau: 1,7kg pour notre cas.

L'entre axe de 16m nous impose le nombre de rouleaux porteurs

$n_r = \frac{E}{a_0} \cdot 3 = \frac{16}{1,4} \cdot 3 = 36$  rouleaux Répartis sur 12 stations supports soit 3 par station. On ajoutera deux rouleaux d'amortissement pendant le chargement espacés par la distance  $a_0 = 0,33m$ .

Et le poids total des rouleaux porteurs  $P_{Roull} = 1,7 \cdot n_r = 1,7 \cdot 36 = 61,2kg$

Le nombre total des roulements est de  $6 \cdot 12 = 72$  roulements (soit 2 roulements par rouleau, 3 rouleaux et 12 stations) de diamètre extérieur 89mm, diamètre intérieure 35mm et d'épaisseur 38mm, poids 1,254kg.

### 3.3.3 DÉTERMINATION DE L'EFFORT D'ENTRAINEMENT DE LA BANDE

La bande d'entre axe 16m pourra recevoir 150T/h soit 41,66kg/s avec une vitesse de 1m/s. Une étude d'isolation d'une partie du système.

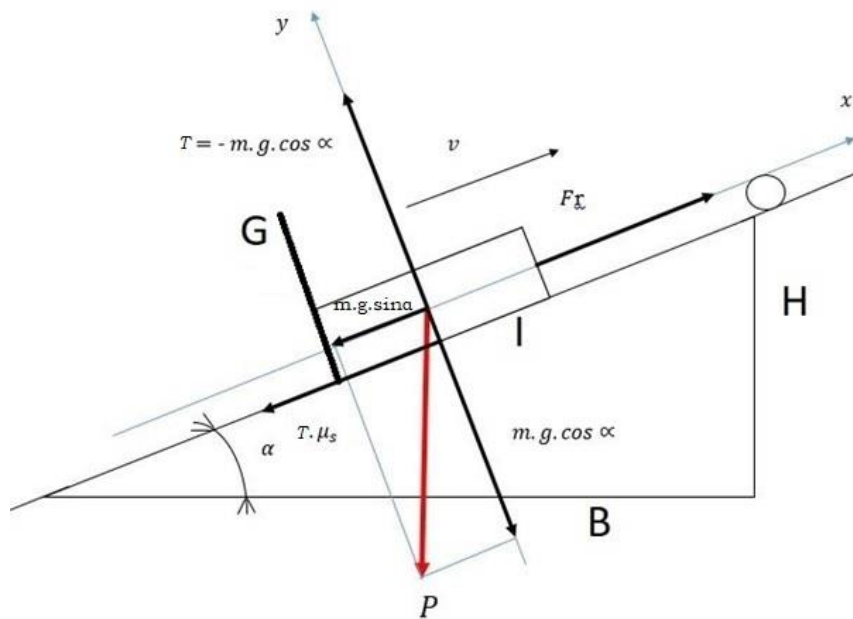


Fig. 7. Modélisation poids total sollicitant la bande

H: hauteur de la maison variable,  $H_{max} = 14m$

B: base de 7,74m

I: hypoténuse 16m (trajet du produit)

G: modélisation du godet de chargement

Sur le tronçon mesurant 1m, La bande sera chargée par:

- Le poids du produit:  $41,66kg/m = m_1$
- Sa masse linéaire de la bande:  $5kg/m = m_2$
- La charge linéaire due à la présence des godets en plastiques:  $\frac{14,21}{33,1775} = 0,4283kg/m = m_3$

L'analyse des charges nous permet d'écrire l'équation:

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{m}_T \cdot a \quad (III.4)$$

Nous avons: la projection sur l'axe OX

$$F - m_T g \sin \alpha - T \mu_s = m_T \cdot a \quad (III.5)$$

On sait que la masse totale  $m_T = m_1 + m_2 + m_3$  (III.6)

$T_{\mu_s} \sim 0$ , la présence des godets de chargement fournit un effort qui réduit considérablement l'effort de frottement.

$$F - (m_1 + m_2 + m_3) g \sin \alpha = (m_1 + m_2 + m_3) a$$

$$F = (m_1 + m_2 + m_3) g \sin \alpha + (m_1 + m_2 + m_3) a$$

$$\text{d'ou } F_1 = (m_1 + m_2 + m_3) [g \sin \alpha + a] \text{ (III.7)}$$

Dans le fonctionnement normal l'accélération  $a$  est nulle, ce qui nous ramène à:

$$F_2 = (m_1 + m_2 + m_3) g \sin \alpha$$

Avec

$F_1$ : La force d'entraînement de la bande au démarrage en Newton

$F_2$ : La force d'entraînement de la bande dans le fonctionnement normal en Newton

$m_1$ : La masse linéaire du béton en kg

$m_2$ : La masse linéaire de la bande en kg/m

$m_3$ : La masse linéaire des godets en kg/m

$g$ : Accélération de pesanteur en  $m/s^2$

$\alpha$ : L'angle d'inclinaison du convoyeur en degré

Avec une accélération durant 4s:  $a = \frac{v}{t} = \frac{1}{4} = 0,25 m/s^2$ ,

Nous pouvons généraliser les équations établies sur 1m sur le trajet du produit étant de  $E=16m$ , l'effort total d'entraînement au démarrage devient:

$$F_1 = [(m_1 \cdot E) + (m_2 \cdot 2E) + (m_3 \cdot 2E)]$$

$$[g \sin \alpha + a] = E (m_1 + 2m_2 + 2m_3) (g \sin \alpha + a) = 16 (41,66 + 10 + 0,8566) (9,81 \times \frac{\sqrt{3}}{2} + 0,25) = 7348,71 N$$

Pendant le fonctionnement:

$$F_2 = [(m_1 \cdot E) + (m_2 \cdot 2E) + (m_3 \cdot 2E)] g \sin \alpha = E (m_1 + 2m_2 + 2m_3) (g \sin \alpha) = 16 (41,66 + 10 + 0,8566) (9,81 \times \frac{\sqrt{3}}{2}) = 7138,6521 N$$

Ces deux forces vont engendrer des couples de résistance pendant le fonctionnement, le choix du moteur pourra être fait sur base de l'effort de démarrage.

### 3.3.4 DIMENSIONS ET MASSES DES TAMBOURS

#### 3.3.4.1 DIMENSIONS NORMALISÉES

Avec l'évolution de la technologie, la production des tambours se fait suivant les mesures normalisées conditionnées par la largeur de la bande transporteuse [10].

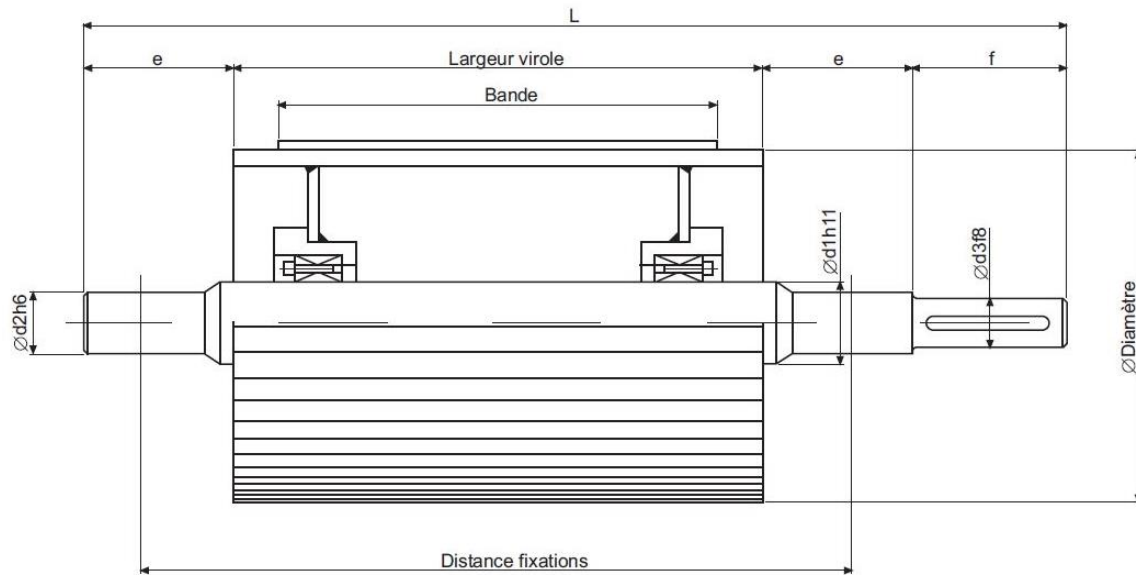


Fig. 8. Dimensions normalisées des tambours de commande

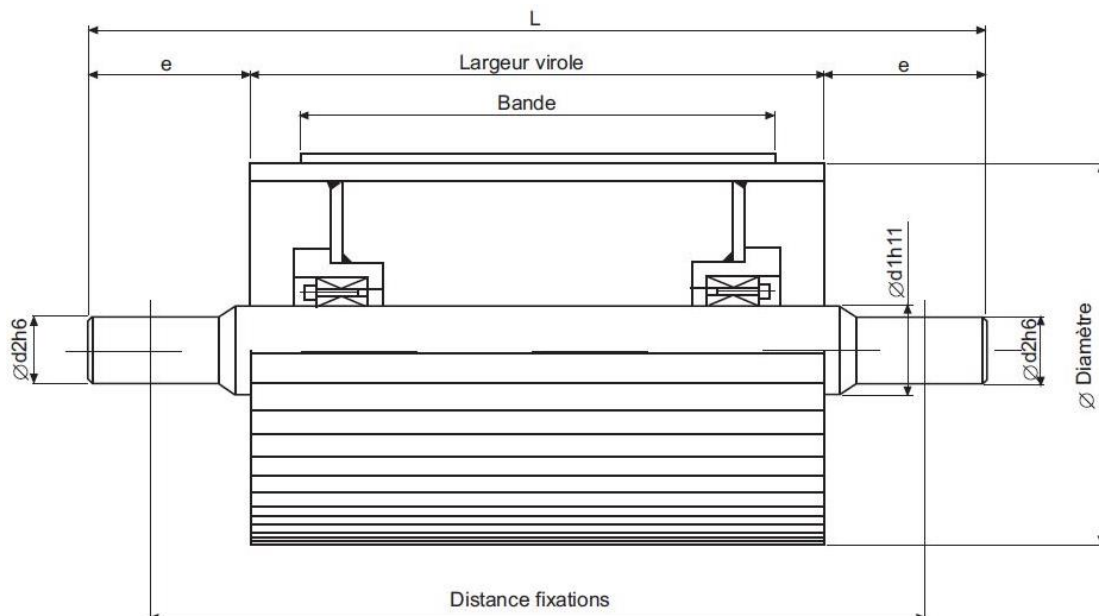


Fig. 9. Dimensions tambour de renvoie

Suivant les indications normalisées nous prenons le diamètre du tambour moteur de 400mm et celui du tambour de renvoie correspondant de 315mm. Pour une bande de 500mm on utilisera les dimensions suivantes: Longueur de la virole 600mm, distance de fixation 775mm,  $f = 80\text{mm}$ ,  $e = 150\text{mm}$ , diamètre tambour 400mm,  $d_1 = 90\text{mm}$ ,  $d_2 = 60\text{mm}$ ,  $d_3 = 555\text{mm}$  et  $L = 935\text{mm}$

### 3.3.4.2 MASSE DES TAMBOURS

Prenons la masse d'un tambour comme:  $m_{\text{tamb}} = \rho \cdot V_{\text{tamb}}$

$$V_t = \frac{\pi}{4} \times (D_e^2 - D_i^2) \times L_{\text{ta}} \quad (\text{III.8})$$

$D_e$ : Diamètre extérieur du tambour (m)  
 $D_i$ : Diamètre intérieur du tambour (m)  
 $L_{ta}$ : Longueur de tambour ou de la virole (m)

La masse du tambour moteur:  $D_{im} = D_{em} - 2E_m$  (III.9)

Avec  $E_m$ : épaisseur tambour moteur étant égale à 6mm

$$D_{im} = 0.400 - 2.0,006 = 0,388m$$

$$V_t = \frac{3,14}{4} \times (0,400^2 - 0,388^2) \times 0,6 = 0,008907m^3$$

Avec le volume du tambour et la masse volumique de l'acier dans lequel il est fait, on détermine la masse du tambour comme suit:

$$m_m = 7700 \times 0,008907 = 68,58kg$$

Pour le tambour de renvoi:  $D_{ir} = D_{er} - 2E_r$

$$D_{ir} = 0,350 - 2.006 = 0,303m$$

Donc:

$$V_r = \frac{3,14}{4} \times (0,315^2 - 0,303^2) \times 0,6 = 0,003492m^3$$

D'où une masse de:

$$m_r = 7700 \times 0,003492 = 26,89kg$$

Les deux tambours pèsent donc  $68,58 + 26,89 = 95,47kg$

### 3.3.4.3 CONDITION DE NON GLISSEMENT [12]

Le convoyeur à bande étant motorisé, les tensions au niveau de la bande doivent être prises en considération et il est nécessaire de les vérifier. Comme l'indique le croquis:

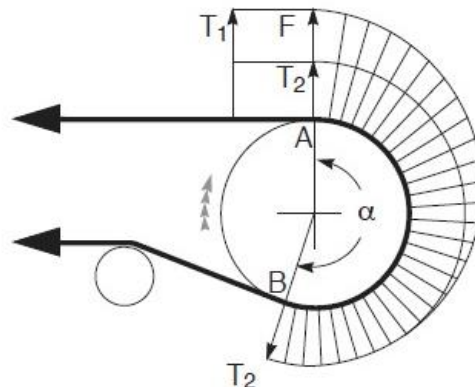


Fig. 10. Condition de non glissement de la bande

$T_1$ : C'est la tension sur le brin supérieur de la bande due à l'entraînement de cette dernière par le tambour de commande.

$T_2$ : C'est la tension sur le brin inférieur uniforme sur la surface de la bande en contact avec le tambour de commande.

L'effort tangentiel total  $F$  sur la circonférence du tambour correspond à la différence entre les tensions:  $F = T_1 - T_2$  (III.10)

En se déplaçant du point A au point B, la tension de la bande passe exponentiellement d'une valeur  $T_1$  à une valeur  $T_2$ . La relation entre les deux peut être exprimée par la relation  $\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha}$  (III.11) avec:

$f$ : Coefficient de frottement entre la bande et le tambour ( $f=0,35$ ) en fonction de l'angle d'enroulement  $\alpha=180$  ou  $\pi$  rad pour notre cas sans tambour de contrainte.

$e$ : Base logarithmique naturelle

Si les deux équations à gauche et à droite sont égales, cela définit l'état limite d'adhérence de la bande et Si le rapport  $\frac{T_1}{T_2} > e^{f\alpha}$  alors la bande va glisser sur le tambour d'entraînement et le mouvement ne sera pas transmis.

On a alors:

$$T_1 = F + T_2 \text{ or } T_1 = T_2 e^{f\alpha} \rightarrow T_2 e^{f\alpha} = F + T_2 \rightarrow F = T_2 (e^{f\alpha} - 1)$$

$$T_2 = F \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} = 7395,240 \frac{1}{2,71828182846^{0,35 \cdot 3,14149265359} - 1} = \mathbf{3871,92N}$$

$$T_1 = 7395,240 + 3871,92 = \mathbf{11267,161N}$$

$$e^{f\alpha} = 2,71828182846^{0,35 \cdot 3,14149265359} = 3,00283676062$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\mathbf{11267,161}}{\mathbf{3871,92}} = 2,90996740635$$

Nous constatons que  $2,90996740635 < 3,00283676062$

Donc la condition de non glissement est vérifiée, le tambour pourra donc transmettre l'effort à la bande sans glissement.

### 3.4 DIMENSIONNEMENT DE LA PARTIE ÉLECTRIQUE

Cette partie se focalise sur le choix du moteur d'entraînement que nous allons utiliser pour entraîner le tambour moteur mais aussi son accouplement au réducteur de vitesse. Vu la puissance, la commande, la vitesse, la robustesse et la fiabilité de la machine. Le choix sera possible en connaissant les différentes vitesses de rotation des tambours, le couple nécessaire et la vitesse angulaire.

#### 3.4.1 CALCUL DES DIFFÉRENTS COUPLES [12]

Les efforts d'entraînement définis précédemment nous permettent de calculer le couple résistant au démarrage et le couple normal pendant le fonctionnement de la machine, ce qui nous donne:

$$C_1 = F_1 \cdot r = 7348,71N \cdot 0,2 = 1469,742mN$$

$$C_2 = F_2 \cdot r = 7138,6521N \cdot 0,2 = 1427,73042mN$$

La charge de rupture de la bande transporteuse sera  $C_{rb} = C_1 \cdot l = 1479,048.500mm = 734871daN$

Nous aurons besoin d'un moteur capable de nous fournir une vitesse de rotation requise. Pour le tambour moteur de diamètre 400mm la vitesse de rotation est  $N_m = \frac{v \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D_m} = \frac{1.1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 400} = 47,7707tr/min$

Ce qui nous donne une vitesse angulaire  $\omega = \frac{\pi N}{30} = \frac{3,14 \cdot 47,7707}{30} = \mathbf{5rad/s}$

Pour les deux puissances:

$$P_1 = C_1 \cdot \omega = 1469,742 \times 5 = 7348,71W = 7,34871KW$$

$$P_2 = C_2 \cdot \omega = 1427,73042 \times 5 = 7138,6521 = 7,13KW$$

3.4.2 CHOIX DU RÉDUCTEUR DE VITESSE ET DU MOTEUR ÉLECTRIQUE [13]

Pour combler le besoin cinématique de notre système demandant une vitesse de 47,7707tr/min on va choisir l'utilisation d'un réducteur. La chaîne cinématique du moteur jusqu'à la bande se présente comme suit:

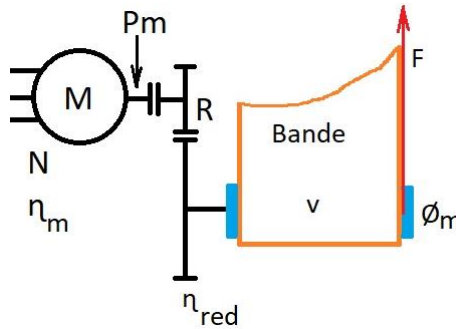


Fig. 11. Chaîne cinématique du système.

Pour choisir le réducteur nous voyons notre rapport global de transmission du système suivant le moteur utilise. En utilisant un moteur d'entrainement de 1470tr/min, le rapport de transmission est établi comme suit

$$(III.8) R = \frac{N_{tambour}}{N_{moteur}} = \frac{47,7707}{1470} = \frac{1}{31}$$

Nous savons que le réducteur doit fournir un rendement mécanique

$$\eta_m = \frac{C_r}{C_m \cdot R} \quad (III.12)$$

Le réducteur à choisir dépendra de la disponibilité chez le fournisseur, nous choisirons un réducteur ayant un rendement de 80%. Ce qui nous donne un couple moteur  $C_m = \frac{C_r}{R \cdot \eta_m} = \frac{1469,742}{31 \cdot 0,8} = 59,263mN$

Ce couple est petit par rapport au couple résistant car la vitesse de sortie est petite par rapport à la vitesse du moteur. Entre l'entrée et la sortie, si la vitesse augmente d'un cote, le couple doit y diminuer et vice versa. La puissance du moteur

$$P_m = C_m \cdot \omega \quad (\text{Tulanchedi, 2020}) \text{ et la vitesse tangentielle } V = r\omega \rightarrow \omega = \frac{V}{r} \quad (III.13)$$

$$P_m = C_m \cdot \frac{v}{r} \text{ Et } v = \frac{\pi DN}{60} \rightarrow P_m = \frac{C_m \cdot \pi \cdot 2RN}{60R} \rightarrow P_m = \frac{C_m \cdot \pi N}{30} \quad (III.14)$$

D'où :  $P_m = \frac{59,263 \cdot 3,14 \cdot 1450}{30} = 8994,26W \sim 9KW$

C'est la puissance mécanique que le moteur électrique doit me fournir à l'entrée du réducteur. Un moteur tournant à 3000tr/min peu faire la même chose s'il a la même puissance mécanique, mais il est énergivore et demande beaucoup de maintenance. Alors pour économiser c'est toujours bien de dimensionner que de faire un choix hasardeux.

Ce calcul de puissance ne tient pas compte des puissances supplémentaires absorbées par certains éléments du convoyeur, d'où on multiplie par un coefficient de 1.25, ce qui donne la puissance du moteur électrique:

$$P_m = 9 \times 1,25 = 11,25KW$$

On prendra une puissance normalisée de 15KW ce qui est l'équivalent d'un moteur thermique d'une puissance de 20,38CV

Pour un moteur électrique ayant un rendement de 91%:

$$(III.15) \eta_{elec} = \frac{P_{mec}}{P_a} \rightarrow P_a = \frac{P_{mec}}{\eta_{elec}} = \frac{15}{0,91} = 16,48KW$$

En cas d'un milieu dépourvu d'énergie électrique nécessaire on pourra remplacer la machine asynchrone par un moteur thermique à quatre temps ayant les mêmes caractéristiques.

Enfin notre convoyeur sera caractérisé principalement par la puissance absorbée et la vitesse de rotation du tambour moteur.

Voici les caractéristiques du moteur à choisir:

- Moteur triphasé à induction a cage d'écureuil
- Puissance nominal  $P_n = 15\text{KW}$
- Tension alimentation  $U_n 230/400\text{ V}$
- Fréquence  $50\text{ Hz}$ ;
- Protection  $\text{IP55}$
- Type *160L*
- $\eta=0,91\%$
- Vitesse nominale de rotation de l'arbre moteur  $N_n = 1470\text{tr/min}$
- Facteur de puissance  $\cos \phi = 0.9$
- Courant de démarrage  $I_d = 7,2 I_n$
- Couple nominal  $C_n = 97,4\text{N.m}$
- Couple de démarrage  $C_d = 2,2C_n$
- Couple maximum  $C_m = 2,6C_n$
- Moment d'inertie  $J_m = 0,101\text{Kg}\cdot\text{m}^2$
- Poids:  $141\text{kg}$

Accouplé à un réducteur de vitesse ayant un rapport de réduction:  $1/30$  grâce à un accouplement par clavette qui est capable de transmettre un couple important mais aussi une grande compensation de désalignement

### **3.5 DIMENSIONNEMENT DES ACCESSOIRES**

Nous avons déjà calculé la puissance nécessaire pour entrainer la bande du convoyeur transportant le béton. Il y a des organes auxiliaires qui participent au bon fonctionnement de la machine entre autres les roulements, les clavettes et le support constituant ainsi les organes auxiliaires mécaniques, nous parlerons aussi des équipements mécatroniques qui vont intervenir dans le démarrage du moteur électrique.

#### **3.5.1 CHOIX DES ROULEMENTS**

Les roulements seront soumis à des différentes vitesses, ce qui permet de déterminer la vitesse maximale à ne pas dépasser, la vitesse du tambour moteur calculée précédemment était de  $47,7707\text{tr/min}$

Le tambour de renvoi

$$N_r = \frac{v \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D_r} = \frac{1 \cdot 60}{3,14 \cdot 315 \cdot 10^{-3}} = 60,66120\text{tr/min}$$

Par rapport aux exigences du convoyeur très sollicité radialement nous allons utiliser des roulements a une rangée de rouleaux cylindriques pour les 2 tambours: une paire pour chacun soit 4 roulements pouvant supporter des charges radiales assez élevées et sont adaptés aux grandes vitesses.

#### **3.5.2 SYSTÈME DE VARIATION DE HAUTEUR PAR VÉRIN TÉLESCOPIQUE**

La machine devra travailler en hauteur variable suivant le niveau choisi, d'où la nécessité d'avoir un vérin télescopique étagé pouvant nous aider à nous positionner sur une hauteur quelconque selon le niveau où l'on veut couler le béton. Les dimensions de ce vérin sont choisies suivant le poids à soulever, Il faudra donc tenir compte non seulement du poids de la machine mais y ajouter aussi le poids du béton transporté en prenant donc le poids total en plein régime.

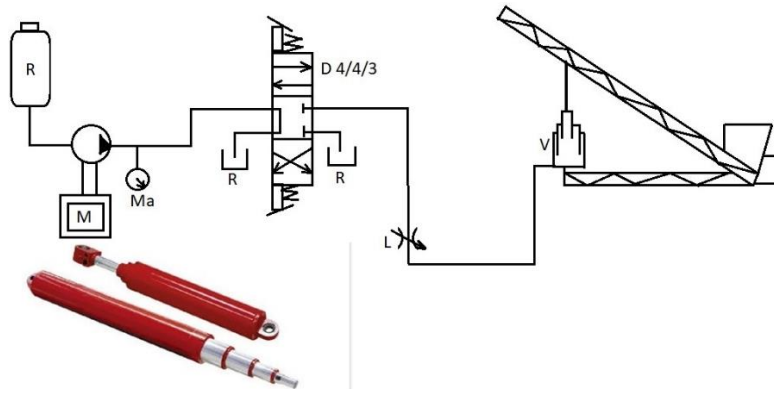


Fig. 12. Vérin Télescopique [14]

- R: réservoir d'huile, pour stocker l'huile
- M: moteur d'entraînement de la pompe à huile
- D4/4/3: distributeur a 4 voies, 4 orifices et 3 positions
- V: vérin télescopique
- L: l'imitateur de débit pour réguler la quantité d'huile
- Ma: manomètre pour mesurer la pression de service

La pompe déplace l'huile du réservoir vers le distributeur qui ensuite la renvoie jusqu'au vérin télescopique a simple effet. La charge qu'il doit soulever est déterminée suivant la formule  $p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S$  (III.17)

- Avec p: la pression du liquide (l'huile)
- F: la charge que soulève le vérin
- S: la surface totale des différents pistons

Suivant les 3 positions que nous offre le distributeur qui nous permet soit d'envoyer l'huile au vérin pour qu'il fasse monter la charge, soit de vider l'huile du vérin pour amorcer la descente de la charge ou même le maintenir en position standby.

- En position de repos (voir image): la pompe tourne et fait circuler l'huile en circuit fermé sans endommager le système, le vérin télescopique est maintenu en télescopique ne monte et ne descends pas. Le l'imitateur de débit L permet de réguler le débit d'huile qui est envoyé au vérin.

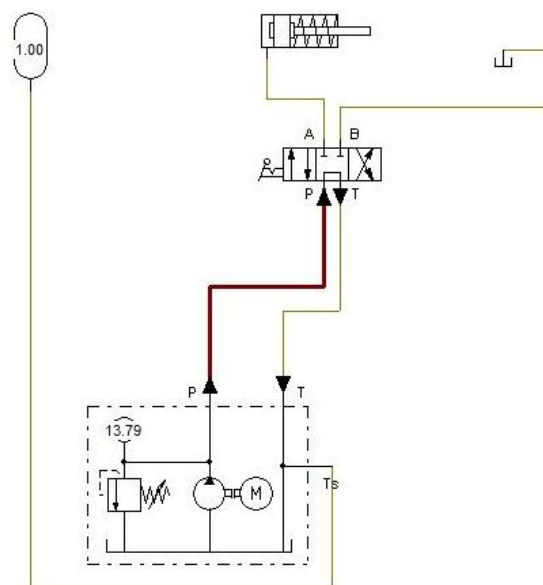


Fig. 13. Vérin télescopique en position standby, sous logiciel FLUIDSIM

- En actionnant la manette de commande à courte distance, le distributeur change de position et laisse passer l'huile de la pompe vers le vérin qui fait monter la charge, le manomètre Ma nous permet de voir la pression de service.

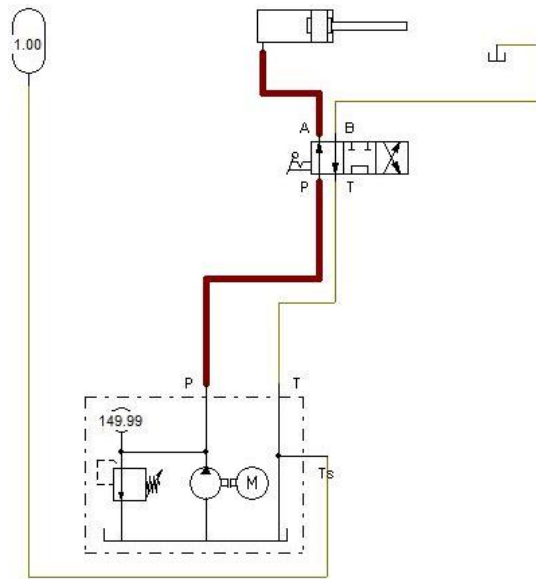


Fig. 14. Vérin télescopique en action, sous logiciel FLUIDSIM

- Une seconde action sur la manette permute la position du distributeur pour que l'huile rentre au réservoir en faisant baisser la hauteur du vérin.

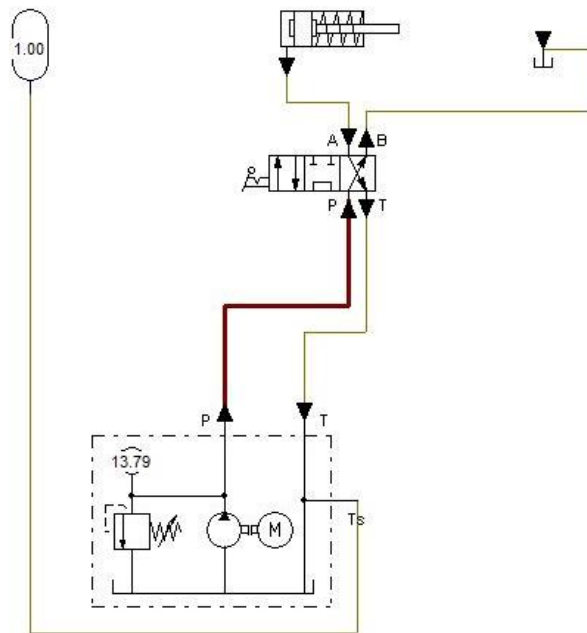


Fig. 15. Vérin télescopique retour, sous logiciel FLUIDSIM

Nous avons choisi un circuit hydraulique parce qu'il permet de travailler à des grandes pressions.

La hauteur d'élévation est de 7m pour les tiges du vérin, ce qui nous donne un travail à fournir qui est  $W=F.d$  (III.18)

Avec F: la charge que le vérin doit soulever et d: la distance à parcourir.

Une fois que le vérin a soulevé la charge il doit pouvoir la maintenir pendant le service, mais en choisissant un timing bénéfique on réduit la vitesse de déplacement des tiges.

En supposant que la durée totale de déploiement est de 30 secondes. La puissance mécanique est:

$$P_m = \frac{dW}{dt} = \frac{F \cdot d}{t} = \frac{M \cdot g \cdot d}{t} \text{ Alors que } \frac{d}{t} = v \rightarrow P_m = M \cdot g \cdot v = F \cdot v \text{ (III.19)}$$

Qui est l'équivalent d'une puissance transmise en translation contrairement à celle transmise en rotation pour le tambour.

$$\text{On a alors } v = \frac{dx}{dt} = \frac{7}{30} = 0,23 \text{ m/s}$$

La force hydraulique correspondante est  $F_h = p \cdot S$

Travail hydraulique  $W_{hyd} = p \cdot S \cdot l$

La puissance hydraulique  $P_{hyd} = \frac{p \cdot S \cdot l}{t}$  or  $\frac{l}{t} = v$  et  $S \cdot v = Q_v$

$$\rightarrow P_{hydr} = p \cdot Q_v \text{ (III.20)}$$

En connaissant la section totale active du vérin nous déterminons le débit volumique que doit nous fournir la pompe pour actionner le vérin télescopique.

Caractéristiques du vérin télescopique:

**Tableau 2. Caractéristiques du vérin télescopique**

Charge à soulever	2000kg soit 2 Tonnes
Nombre de tiges	4
Diamètre et longueur des tiges	$\emptyset_f = 140 \text{ mm}, L_f = 156 \text{ cm}$
	$\emptyset_1 = 115 \text{ mm}, L_1 = 130,8 \text{ cm}$
	$\emptyset_2 = 97 \text{ mm}, L_2 = 135,2 \text{ cm}$
	$\emptyset_3 = 78 \text{ mm}, L_3 = 139,7 \text{ cm}$
	$\emptyset_4 = 60 \text{ mm}, L_4 = 141,5 \text{ cm}$
	Longueur totale 703,2cm soit 7,32m
Pression nominale	150bars
Débit	11,8l/min
Taille du réservoir	50litres

La puissance  $P_{hydr} = p \cdot Q_v = 150 \cdot 10^5 \cdot \frac{11,80 \cdot 10^{-3}}{60} = 2950 \text{ W}$  soit **2,950KW** est la puissance hydraulique de la centrale hydraulique alimentant le vérin. Ce qui nous donne une puissance mécanique:

$$\eta_p = \frac{P_h}{P_{mec}} \text{ (III.18)}$$

$$\rightarrow P_{mec} = \frac{P_h}{\eta_p} = \frac{2,950}{0,95} = \mathbf{3,10Kw}$$

### 3.5.3 ALIMENTATION, PROTECTION ET DÉMARRAGE DU MOTEUR ÉLECTRIQUE

Le démarrage sera progressif via un variateur de vitesse électronique permettant de démarrer le moteur de façon progressive, ou ralentir progressivement le moteur, ce qui facilite l'accélération et décélération contrôlées et une variation de vitesse permettant d'augmenter ou diminuer la vitesse de rotation du moteur.

#### 3.5.3.1 CRITÈRES DE CHOIX DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION

Le choix des équipements de protection dépend des éléments suivants: La tension d'alimentation, la puissance du récepteur, le courant absorbe par le récepteur, la nature du récepteur (résistance, moteur ou condensateur) et la classe de l'appareil (catégorie).

Calculons les caractéristiques qui nous permettrons de bien choisir les équipements de protection:

- La puissance absorbée par le moteur électrique  $P_a = \frac{P_n}{\eta} = \frac{15}{0,90} = 16,66 \text{KW}$
- Le courant absorbe par le moteur  $I_a = \frac{P_a}{U\sqrt{3}\cos\phi} = \frac{16483,51}{400.\sqrt{3}.0,9} = 26,43 \text{A}$
- Le courant nominal  $I_n = \frac{P_n}{U\sqrt{3}\cos\phi} = \frac{15.000}{400.\sqrt{3}.0,9} = 24,05 \text{A}$

En utilisant les abaques de choix des équipements de protection suivant le courant absorbe, voici une liste des équipements à utiliser:

**Tableau 3. Caractéristiques des équipements de protection choisis [14]**

Equipement de protection	Choix
Disjoncteur magnétothermique	25 à 40A
Contacteur	LC1D32 B7/B5 catégorie AC3
Relais thermique	LDR32

- 32: ampérage maximal
- B7/B5: circuit de commande sous 24V
- AC3: alternatif catégorie 3 (moteur a cage)

### 3.5.4 SYSTÈME DE NETTOYAGE DE LA BANDE ET DES GODETS

La prise de béton dépend de la proportion de ses constituants, la proportion du mélange reste subjective. La machine devra être utile dans tous les cas, Il faudra bien gérer l'équipement pendant et après l'utilisation pour éviter la formation des bétons secs sur la bande et dans les godets. Pour protéger la machine nous allons la nettoyer après fonctionnement grâce à une pompe installée sur le support inferieur et projetant de l'eau sous pression en contre-courant avec la bande pendant sa course de retour.

Le circuit de nettoyage de la bande et des godets se compose essentiellement d'un réservoir d'eau, une pompe, un réservoir de retour après nettoyage, une tuyauterie, une crépine placée à l'extrémité de la conduite d'aspiration, une vanne de réglage de débit placé sur la conduite de refoulement, un clapet de retenue placé à la sortie de la pompe.

Pour ce travail la pompe sera de type centrifuge qui est caractérisé par des débits élevés et des pressions faibles.

La pompe doit pouvoir aspirer de l'eau à partir du réservoir principal et refouler sur une hauteur de 10 mètres (hauteur géométrique), l'eau mélange avec du béton récupéré sera draine vers le deuxième réservoir pour ensuite être ramené au réservoir principal.

Pour réduire les dommages lors de l'aspiration, la pompe sera montée en aspiration de hauteur d'aspiration  $H_a$  (hauteur d'aspiration) = 0,5m, d'où la hauteur de refoulement  $H_r = 9,5\text{m}$ . [15]

La hauteur manométrique totale  $H_{mt} = H_a + H_r + H_{res}$  (III.22)

Avec  $H_{res}$  la hauteur résiduelle.

La pression résiduelle  $P_r$  est généralement de 1,5bar en pratique. On sait que 1bar correspond à 10mCE. Donc pour une pression de 1,5bar on a:

$$H_{res} = \frac{P_r}{\rho.g} = \frac{1,5.10^5}{1000.9,81} = 15,29\text{m} \text{ (III.23)}$$

D'où,  $H_{mt} = 0,5 + 9,5 + 15,29 = 25,29\text{m}$

En tenant compte des pertes de charge dans le circuit évaluées à 15% dans la pratique, ce qui nous donne une hauteur manométrique totale

$$H_{mt} = 25,29 + \frac{25,29.15}{100} = 33,6835\text{m} \text{ Soit } 3,4\text{bars}$$

Ayant besoin de nettoyer sous pression nous pouvons choisir une pompe avec les caractéristiques suivantes:

$$\begin{cases} Q_v \left( \frac{m^3}{s} \right) = \frac{0,0003}{s} \text{ soit } 0,3l/s \\ H_{mt} = 34m \text{ soit } 3,4bars \end{cases}$$

La puissance hydraulique de la pompe sera donc:

$$P_{hyd} = \rho g H_{mt} Q_v = 1000 \cdot 9,81 \cdot 34 \cdot 0,0003 = 100,062W \text{ soit } 0,1KW$$

Il faudra donc lui fournir une puissance mécanique  $P_m = \frac{P_{hyd}}{\eta}$  (III.23)

En assimilant la pompe à un rendement de 80% on aura

$$P_m = \frac{100,062}{0,80} = 125,0775W \text{ soit } 0,125Kw$$

Caractéristiques générales de la Pompe à utiliser:  $\begin{cases} Q_v = 0,0003m^3/s \\ H_{mt} = 34m \text{ soit } 3,4bars \\ \eta = 80\% \end{cases}$

### 3.5.5 ENTRAINEMENT DES ACCESSOIRES [16]

La puissance calculée précédemment est la puissance mécanique nécessaire à l'entraînement de la bande. D'autres éléments ont aussi besoin d'être entrainés comme la pompe à eau du circuit de nettoyage mais aussi la pompe à huile pour la commande du vérin télescopique. Ce qui va entrainer une distribution de puissance entre les trois arbres à savoir: le réducteur, la pompe à eau et la pompe à huile. Prenons une vitesse de rotation de la pompe à eau de 2 fois plus que le moteur et celle de la pompe à huile de 1,5 fois celle du moteur:  $\omega_{pe} = 2\omega_m$  et  $\omega_{ph} = 1,5\omega_m$

Grâce à Une transmission par courroie pouvant transmettre sa Vitesse tangentielle  $v$  aux poulies.

$$\text{On a donc } v = \frac{W_m \cdot d_m}{2} = \frac{W_{ph} d_{ph}}{2} = \frac{W_{pe} \cdot d_{pe}}{2} \text{ (III.24)}$$

Les diamètres des poulies doivent être en rapport inverse des vitesses Angulaires:  $d_{ph} = \frac{d_m}{1,5}$  et  $d_{pe} = \frac{d_m}{2}$

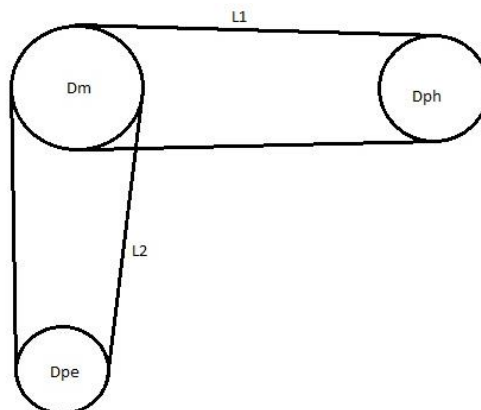
On peut évaluer le bilan de puissance des accessoires  $P_{acc} = P_{ph} + P_{pe}$  qui est la puissance consommée par le moteur pour entrainer les accessoires.

Ce qui nous donne une force active sur la courroie de transmission  $F = \frac{P}{v}$

La force d'entraînement de la pompe à eau  $F_p = \frac{P_{pe}}{v}$

La force d'entraînement de la pompe hydraulique  $F_p = \frac{P_{ph}}{v}$

L'utilisation d'une poulie a gorge double sera utile pour entrainer les deux pompes telle que montré à la figure:



La longueur des courroies:

$$L_1 = 2E + \frac{\pi}{2}(d_m + d_{ph}) + \left(\frac{d_m - d_{ph}}{4E}\right) \quad (III.25)$$

$$L_2 = 2E + \frac{\pi}{2}(d_m + d_{pe}) + \left(\frac{d_m - d_{pe}}{4E}\right) \quad (III.26)$$

Suivant la rhéogramme adaptée à notre système on aura besoin de:

- Une puissance mécanique de 11,25KW pour entrainer le tambour
- Une puissance mécanique de 0,125KW pour entrainer la pompe à eau de nettoyage
- Une puissance mécanique de 3,6875KW pour entrainer le tambour

La puissance mécanique totale sera:

$$P_m = P_1 + P_2 + P_3 = 11,25 + 0,125 + 3,10 = 14,475KW$$

Donc l'entrainement des accessoires ne pourra pas trop affecter le fonctionnement du moteur électrique choisi de 15KW équivalent à celle fournie par un moteur thermique de 21hp

### 3.6 EQUILIBRE STATIQUE EN PLEINE CHARGE [17]

#### 3.6.1 MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

La modélisation de toutes les actions mécaniques s'exerçant sur la machine se présente comme suit:

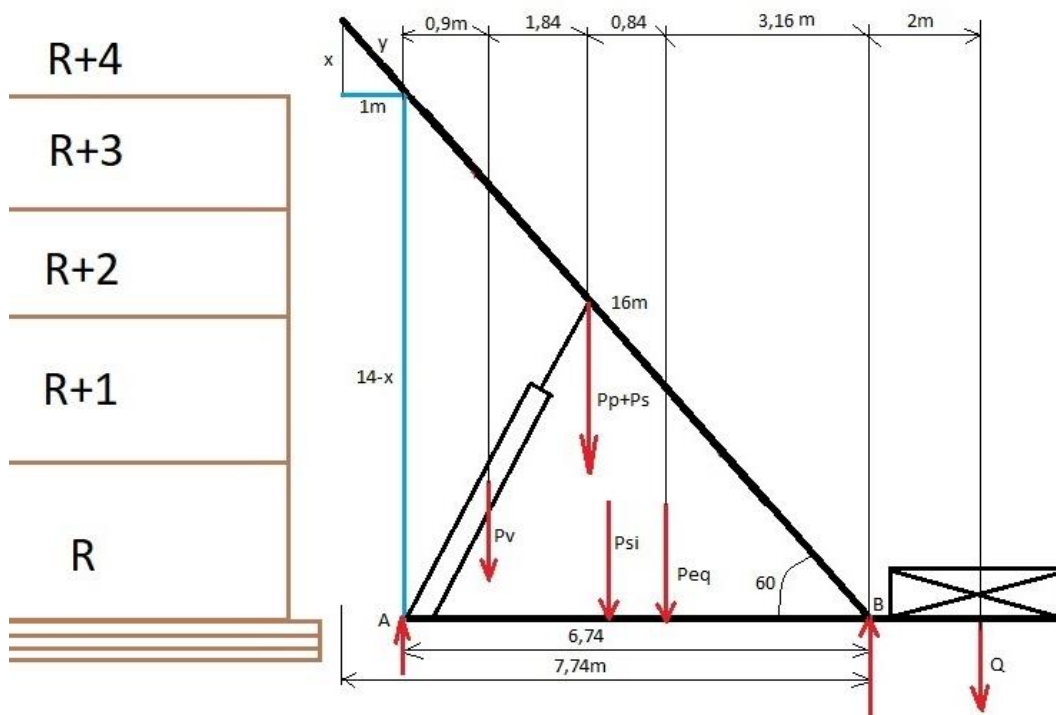


Fig. 16. Modélisation des charges sur le cadre

Avec: Pv: poids du vérin

$P_p + P_s$ : poids du produit + poids du cadre supérieur

$P_{st}$ : Poids du cadre inférieur

$P_{eq}$ : Poids des équipements (moteur, réservoir,...)

Q: Contre poids

En calculant la hauteur minimale (x) de déchargement de béton, On a  $\tan 60 = \frac{x}{1}$  (III.30)  $\rightarrow x = \tan 60 \cdot 1 = 1,73\text{m}$  et  $y^2 = x^2 + 1^2 \rightarrow y = \sqrt{1,73^2 + 1} = 1,99\text{m}$

Pour être à la limite du basculement, il faut que la réaction du sol en B soit nulle donc  $R_B = 0$

### 3.6.2 CALCUL DES DIFFÉRENTES CHARGES

- Le poids du produit  $P_p$  en mouvement

En charge maximale, la bande transporte  $41,66\text{kg} \cdot 16\text{m} = 666,56\text{kg}$

La charge totale de la bande et des godets  $165 + 14,21 = 179,21\text{kg}$

Le poids des rouleaux porteurs  $P_{Roull} = 1,7 \cdot n_r = 1,7 \cdot 36 = 61,2\text{kg}$

Les deux tambours pèsent donc  $68,58 + 26,89 = 95,47\text{kg}$

Les 4 paliers pèsent  $10\text{kg}$

Le poids des roulements  $1,254\text{kg} \cdot 72 = 90,288\text{kg}$

- Le poids du vérin  $P_v = 85\text{kg}$

- Le poids de l'équipement  $P_{eq}$ :

Le moteur électrique pesé  $141\text{kg}$

Poids de la centrale hydraulique  $50\text{kg}$

- Le Poids du cadre inferieur  $P_{si}$

Le cadre est obtenu par assemblage des poutres UAP de longueur  $8\text{m} \cdot 4 + 0,5 \cdot 32 + 1,5 \cdot 32 = 96\text{m}$

Pour une poutre selon les dimensions choisie UAP130 la poutre pèse  $13,74\text{kg/m}$

Ce qui fait un poids de  $13,74 \cdot 96 = 1319,04\text{kg}$

- Le Poids du cadre supérieur  $P_s$

Le cadre supérieur pèse  $13,74 (16 \cdot 4 + 1,5 \cdot 16 + 0,3 \cdot 100) = 1621,32\text{kg}$

#### 3.6.2.1 CALCUL DU CONTREPOIDS Q

En considérant le centre des moments en A

$$\sum M_a = 0 \rightarrow (P_v \cdot 0,9) + (P_p \cdot 2,74) + (P_{si} \cdot 3,37) + (P_{eq} \cdot 3,58) + (Q \cdot 8,74) = 0 \quad \text{(III.32)}$$

$$\rightarrow (85 \cdot 0,9) + [(666,56 + 179,21 + 61,2 + 95,47 + 10 + 90,288 + 1621,32) \cdot 2,74] + (1319,04 \cdot 3,37) + (191 \cdot 3,58) + (Q \cdot 8,74) = 0$$

$$Q = \frac{-12669,33632}{8,74} = -1449,5808\text{Kg}$$

Pour une bonne sécurité la valeur doit être majorée

#### 3.6.2.2 CALCUL DE LA RÉACTION EN A

En considérant le centre des moments en B

$$\sum M_b = 0 \rightarrow (R_A \cdot 6,74) + (-P_v \cdot 5,84) + (-P_p \cdot 4) + (-P_{si} \cdot 3,37) + (-P_{eq} \cdot 3,16) + (2 \cdot Q) = 0 \quad \text{(III.31)}$$

$$\rightarrow (R_A \cdot 6,74) = (85 \times 5,84) + (2662,848 \times 4) + (1319,04 \times 3,37) + (191 \times 3,16) + (2 \times 1449,5808)$$

$$R_A = \frac{19095,69011}{6,74} = \mathbf{2833,18844kg}$$

### 3.6.2.3 VÉRIFICATION DE L'ÉQUILIBRE STATIQUE

Il faut que  $\sum F=0 \rightarrow -R_A + P_v + P_p + P_{si} + P_{eq} + Q = 0$

Ou encore  $P_v + P_p + P_{si} + P_{eq} + Q = R_A + R_B$  (III.33)

$85 + 2662,848 + 1319,04 + 191 - 1449,580 = 2808,308kg$  La condition d'équilibre est vérifiée.

Le poids approximatif de notre machine sans charge est alors d:

$$P_v + P_s + P_{si} + P_{eq} + Q = 85 + 1621,32 + 1319,04 + 191 + 1449,580 = \mathbf{4665,94kg}$$

## 4 PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

Après la conception (étude des caractéristiques du produit, détermination des efforts, choix des équipements et détermination de la puissance du système), voici une présentation suivie d'une brève discussion des résultats.

### 4.1 PRÉSENTATION ET DISCUSSION THÉORIQUES DES RÉSULTATS

Une fois la machine en marche, le béton peut y être chargé et être déversé à l'endroit de chargement (une trémie), l'entraxe étant de 16m avec une vitesse de 1m/s de la bande. Le temps mis par un godet parcourant le lieu de chargement jusqu'au lieu de déchargement à la vitesse max de la machine sera  $t_0 = \frac{dE}{dv} = \frac{16}{1} = \mathbf{16sec}$

Cela veut dire tout simplement qu'après le lancement de la machine, il faut 16 secondes pour que la première quantité soit déchargée et après s'en suivra une série de déchargement de 41,66kg/s.

Pour une coulée de  $1m^3$  de béton de masse  $2400 \cdot 1 = 2400kg$  (2,4T)

Il va nous falloir un temps de transport du béton  $t_{tb} = \frac{m_{bc}}{Q_m} + t_0$

Avec  $m_{bc}$ : la masse du béton à couler en kg et  $Q_m$  le débit massique en kg/s

$$t_{tb} = \frac{2400}{41,66} + 16 = 73,60 \text{ sec soit } 1\text{minute } 14\text{secondes}$$
 Pour transporter  $1m^3$  de béton

Dans le dimensionnement électrique nous avons calculés une puissance électrique de 16,48KW qui se révèle être une puissance d'ordre industrielle.

D'où on peut estimer la consommation en Energie électrique:  $E_c = P_a \cdot t$

Avec  $E_c$ = Energie consommée en KWh

$P_a$ = Puissance absorbée en KW

$t$ =Temps de fonctionnement en heure

$$\text{Donc pour couler } 1m^3 \text{ de béton } E_c = 16,48 \cdot \frac{73,60}{3600} = 0,3369Kwh$$

- Pour une maison ayant une surface supérieure de dalle de  $10m \times 20m = 200m^2$

Le volume nécessaire de béton sera  $V = L \cdot l \cdot e = 10 \times 20 \times 0,15 = 30m^3$

Un tel volume correspond à une quantité de  $30 \times 2400 = 72000kg$  soit **72T**

Cela prendra une durée de  $\frac{72000}{41,66} + 16 = 1744,2765$ secondes soit **29minutes4secondes**

Ce qui entraine une consommation énergétique  $16,48 \times \frac{1744,2765}{3600} = 7,98$  soit **8Kwh**

$$\left\{ \begin{array}{l} 30\text{m}^3 \text{ de beton a couler} \\ 30 \text{ minutes max pour couler} \\ 8\text{kwh a depenser} \end{array} \right.$$

- Pour une maison de 8 sur 6 deux chambres, salon et cuisine ayant un volume de dalle de  $2,8\text{m}^3$  ça prendrait 8h avec 10 personnes.

Un tel volume correspond à une quantité de  $2,8 \times 2400 = 6720\text{kg}$  soit **6,72T**

Cela prendra une durée de  $\frac{6720}{41,66} + 16 = 177,3058\text{secondes}$  soit à peu près 3 Minutes

Ce qui entraine une consommation énergétique  $16,48 \times \frac{180}{3600} = 0,824\text{Kwh}$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2,8\text{m}^3 \text{ de beton a couler} \\ 3 \text{ minutes max pour couler} \\ 0,824\text{kwh a depenser} \end{array} \right.$$

Suivant notre chaine cinématique, le rendement global de la machine est donné par le produit de tous les rendements à savoir: Le rendement électrique du moteur électrique utilise, le rendement du réducteur de vitesse, le rendement de la pompe à eau, le rendement de la pompe à huile.

Le rendement global est alors  $\eta_g = \eta_{elec} \cdot \eta_{red} \cdot \eta_{pe} \cdot \eta_{ph} = 0,91 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,95 = 0,58786$  soit **58,786%** (III.27)

#### 4.2 PRÉSENTATION ET DISCUSSION PRATIQUE DES RÉSULTATS APRÈS RÉALISATION DU PROTOTYPE

Les calculs précédents sont applicables sur une hauteur de 14m, pour mettre en application les idées débattues, nous avons procédé à la réalisation d'un prototype pouvant atteindre 3m de hauteur (soit le premier niveau).

Le prototype réalisé est constitué d'un cadre (partie inférieure et supérieure) formé par un assemblage soudé de tubes de  $40 \times 40 \times 1$  renforcé par des tubes de  $30 \times 30 \times 1$  et une tôle de 1mm d'épaisseur sur la partie supérieure. La partie supérieure mesure 3,5m de long et la partie inférieure mesure 1,8m, ce qui permet d'avoir une élévation de 3m de haut sous un angle d'inclinaison de  $60^\circ$ . Les deux parties du cadre sont liées par un montage basculant grâce à deux vis M19-100 récupérées sur une culasse d'automobile. Sur la partie supérieure du cadre sont fixes des supports portant 3 rouleaux en auge de diamètre 60mm chacun. Les rouleaux se déplacent librement sur un axe fixe grâce aux roulements à bille de diamètre extérieure de 47mm, diamètre intérieure 20mm et d'épaisseur 12mm. Deux tambours, un de diamètre 160mm pour recevoir l'effort moteur et l'autre de diamètre 100mm pour le renvoi, les deux tambours de longueur 300mm. Sur ces tambours sont fixes des axes d'articulation de diamètre 24,5mm recevant 4 paliers P205. Une bande transporteuse de longueur 7m et de largeur 250mm obtenue localement en associant des bandes de roulement des pneus de voiture. Sur cette bande sont fixes 14 godets espaces de 50mm obtenus localement en découpant des récipients de 5l de volume et en les rivetant sur cette première. Le tambour moteur prend l'effort moteur et le transmet à la bande qui se déplace transversalement en entraînant ainsi le béton. Un motoréducteur de 2,2KW (3CV), 220VAC, 1500tr/min, 50Hz fixé sur un siège solidaire à la partie supérieure du cadre. Un tendeur fixé sur le tambour de renvoi permettant de tendre la bande. Une trémie de chargement fixe juste en amont de la bande pouvant recevoir le chargement. Deux pneus pouvant faciliter le déplacement du prototype. Deux supports formes garce à deux tubes  $40 \times 40 \times 1$  de hauteur 1,80 m représentant le vérin télescopique.



Fig. 17. Présentation du prototype après réalisation

Le motoréducteur de 2,2kw utilisé de rapport 1/20 nous a délivré une vitesse à la sortie  $N_s = \frac{1500}{20} = 75 \text{tr/min}$ .

Après accouplement au tambour de commande par un joint homocinétique cela nous donne une vitesse tangentielle  $v_t = \frac{\pi \cdot D_m \cdot N}{30} = \frac{3,14 \cdot 0,020 \cdot 75}{30} = 1,256 \text{m/s}$  La puissance  $P = C \cdot \omega$

Donc le couple  $C = \frac{P}{\frac{\pi \cdot N}{30}} = \frac{30P}{\pi \cdot N} = \frac{30 \cdot 2200}{3,14 \cdot 75} = 280,254 \text{Nm}$

Ce qui donne une force d'entraînement  $F = \frac{C}{r} = \frac{280,254}{0,08} = 3503,175 \text{N}$

Après test du prototype, sa capacité de transport est de 5kg/s.

## 5 CONCLUSION GÉNÉRALE

Cet article présentait une étude conceptuelle d'un mini convoyeur de béton à vitesse variable utilisé dans la construction des maisons étagées. Elle a abouti à la réalisation d'un prototype pouvant matérialiser la conception suite à une recherche menée auprès des manipulateurs de béton de la ville de BENI nous a révélé qu'un grand nombre d'habitant fait recours à une main d'œuvre considérable durant la coulée de béton, ce qui occasionne des couts majeurs. Cette recherche est un apport de plus dans la chaîne scientifique de notre communauté. C'est une réponse à des questions fréquemment posées dans le but d'améliorer les conditions de travail des ouvriers sur différents chantiers de construction quand il s'agit de travailler en hauteur.

La fin de l'article présente les résultats finaux de la recherche théoriquement selon les calculs de dimensionnement effectué mais aussi les résultats pratiques fournis par le prototype réalisé. Des résultats promettants prouvant que la réalisation du mini convoyeur dans sa taille normale peut être possible en respectant les dimensions obtenues par calcul.

## REMERCIEMENTS

Nous prenons nos remerciements à tout le corps scientifique de l'Université Chrétienne Bilingue du Congo – UCBC Beni pour le soutien nous apporte pendant cette recherche sous différentes manières entre autre la disposition d'un endroit propice à l'épanouissement, la disposition d'un atelier électromécanique et d'une bibliothèque riche en ouvrage. Nous remercions particulièrement les co-auteurs, Kambale Mondo Augustin et Katembo Maliro Jules pour leur contribution à l'article mais aussi nos mentors, Dr Benjamin Lawson et chef de travaux Katimika Vavasi Felix et tous les collègues au sein du département de

génie électromécanique de de l'Université Chrétienne Bilingue du Congo. Nous ne manquerons pas de remercier tous les membres de la famille pour le soutien.

## REFERENCES

- [1] D. Kaplan, *Pompage des betons*, Paris: Laboratoire central de ponts et chaussées, 2001, pp. 9-10.
- [2] H. T. L. Spencer Sephton, *Manuel de pompage de béton Holcim*, 5113 Holderbank, 2015.
- [3] INTERROLL, «INFORMATIONS TECHNIQUES DE CONCEPTION, » 2018. [En ligne]. [Accès le Samedi juillet 2022].
- [4] E. Bamberg, *Principles of Rapid Machine Design*, Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2000, p. 25.
- [5] «Masse volumique du béton et de ses constituants, proprietes, » 17 juin 2019. [En ligne]. Available: [www.betondirect.fr](http://www.betondirect.fr). [Accès le 14 Juin 2022].
- [6] L. Pliskin, *Le béton*, p. 2.
- [7] «Le calcul du dosage beton, » 12 Decembre 2019. [En ligne]. Available: [www.betondirect.fr](http://www.betondirect.fr). [Accès le 5 Febrier 2021].
- [8] CIMBETON, *Cahier des modules de Conférence pour les écoles d'architecture, béton, architecture, performances et applications*, Paris, 2006, p. 15.
- [9] TRELLEBORG, «BANDES TRANSPORTEUSES DE HAUTE QUALITÉ, FABRIQUÉES CONFORMÉMENT AUX EXIGENCES DES NORMES INTERNATIONALES., » Janvier 2020.
- [10] ULMA, *Conveyor component - catalogue technique*, Birkaia, p. 39.
- [11] M. T. Meziane Ridha, *Etude Mécanique et électrique d'un convoyeur a bande afin d'augmenter sa charge*, En vue d'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique - Electromecanique, Bejaia: Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2013, p. 15.
- [12] world, *ABB power and productivity for a better, «Dimensionnement d'un système d'entraînement Guide technique No. 7, » 2012.*
- [13] SW USOCOME, *Manuel des Reducteurs et motoreducteurs*, 2006.
- [14] F. methode, *Choix d'un contacteur*, 2003.
- [15] R. B. HAMOUDA, *NOTIONS DE MECANIQUE DES FLUIDES Cours et exercices corrigés, vol. I*, Tunis: Centre de Publication Universitaire, Octobre 2008, p. 4.
- [16] J.-F. Debongnie, *CONCEPTION ET CALCUL des ÉLÉMENTS DE MACHINES*, Liege, 2013.
- [17] J.-L. FANCHON, *Guide de mecanique - Sciences et technologies industrielles*, Paris: NATHAN, 1996, pp. 77 - 79.

**ANNEXE 1 LARGEUR DE LA BANDE EN FONCTION DU DÉBIT VOLUMIQUE ET DE L'ANGLE DE TALUTAGE**

[mm]	$\beta$	$\lambda = 20^\circ$	$\lambda = 25^\circ$	$\lambda = 30^\circ$	$\lambda = 35^\circ$	$\lambda = 45^\circ$
300	5°	13.3	15.1	17.2	18.7	21.6
	10°	16.9	18.7	20.5	21.6	24.4
	20°	24.4	26.2	27.7	28.8	30.6
	25°	27.7	30.2	31.6	32.7	33.8
	30°	33.4	34.9	36	36.3	37.8
400	5°	28	32.4	36.6	39.6	37.8
	10°	35.2	29.2	43.2	45.3	51.4
	20°	50.4	54.3	57.2	59.4	66.3
	25°	56.8	62.2	65.1	66.6	69.8
	30°	67.7	70.9	73.4	74.5	70.0
500	5°	47.8	55.8	62.6	68.0	78.4
	10°	60.1	67.3	73.4	78.4	87.4
	20°	85.3	91.8	97.2	101.1	106.9
	25°	96.1	104.7	109.8	112.6	117.7
	30°	114.1	119.1	123.8	126.0	129.6

**ANNEXE 2 EPAISSEUR ET CHARGE LINÉAIRE DES BANDES TRANSPORTEUSES [9]**

Largeur bande	Epaisseur (en mm)	Masse (en kg/m)
400	8	4
<b>500</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
650	8	7
800	9	9
1000	10	12

## L'apprentissage de la langue française et la question de Motivation: Cas du lycée dans la région de *Rhamna*

### [ Learning the French language and the question of Motivation: Case of the high school in the Rhamna region ]

*Marouani Mohamed<sup>1</sup> and Marouani Abdessadik<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire LARLANCO, FLSH Agadir, Université Ibn Zohr, Agadir, Morocco

<sup>2</sup>Laboratoire de Littérature, Arts et Ingénierie Pédagogique, FLLA Kenitra, Université Ibn Tofail, Kénitra, Morocco

---

Copyright © 2023 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 learn we must will. To will learn is triggered as soon as it is motivated. Being a result of endogenous and other exogenous factors, motivation constitutes this state propelling human being in a quest for balance and satisfaction. This paper focuses on this state in relation to the learning of the French language in the Moroccan secondary cycle, as a language, among many others, serving the needs of appreciation, communication and positive integration. Thus, situating the concept of «motivation» within pedagogical research, in general, then accounting for its contribution, via a few psycho-pedagogical approaches, to the learning of the French language in Moroccan high schools, in particular, would serve as markers to approach the possible relationship between the act of considering «motivation» and the attractiveness of the French language in the Moroccan high school. The reality on the ground surveyed will make possible the evaluation of the quality of this relationship with a view to advancing prospects likely to improve its content.

**KEYWORDS:** Learning, motivation, attractiveness, French language, high school.

**RESUME:** Apprendre est, avant tout, un vouloir. Vouloir apprendre se déclenche dès qu'il est motivé. Tributaire de facteurs endogènes et d'autres exogènes, la motivation constitue cet état propulsant l'être dans une quête d'équilibre et de satisfaction. Ce travail s'intéresse à cet état en relation avec l'apprentissage de la langue française au cycle secondaire marocain, étant une langue, parmi bien d'autres, servant les besoins d'appréciation, de communication et d'intégration positive. Ainsi, situer le concept de « motivation » au sein des recherches pédagogiques, en général, puis rendre compte de son apport, via quelques approches psychopédagogiques, sur l'apprentissage de la langue française au lycée marocain, en particulier, serviraient de repères à approcher la relation éventuelle entre la prise en considération du concept de « motivation » et l'attractivité de la langue française au cycle secondaire marocain. La réalité de terrain sondée permettra d'apprécier la qualité de cette relation en vue d'avancer des perspectives susceptibles d'en améliorer le teneur.

**MOTS-CLEFS:** Apprendre, motivation, attractivité, langue française, lycée.

#### NOTE

Ce travail a été réalisé sous la direction de :

- **Mme Aboussi Laila** : FLSH Agadir, Université Ibn Zohr, 80000 Agadir, Maroc
- **Mme El Adlouni Ouafae** : FLLA Kenitra, Université Ibn Tofail, 14000 Kénitra, Maroc

## **1 INTRODUCTION**

L'apprentissage est un concept hypothétique dont l'occurrence est déduite de ses manifestations. Les raisons des divers changements qui s'y produisent se caractérisent par des degrés élevés de diversité et de complexité. L'une de ces raisons les plus éminentes est le rôle décisif de la motivation.

Les chercheurs confirment que le changement fréquent, graduel et continu que l'on souhaite obtenir dépend de nombreux facteurs répartis entre ce qui est individuel (processus mentaux, niveau de maturité, motivations,...), ce qui est socio-économique, ce qui est éducatif, etc. Ils accordent, donc, une grande importance à la motivation en tant que l'une des principales entrées pour atteindre la satisfaction psychologique et l'équilibre sociétal.

La langue, en tant qu'accord social, rend grande la motivation à intégrer tout comme la motivation, en tant que force potentielle, augmente les chances d'appropriation de la langue.

Eu égard à notre intérêt pour les langues en général, et pour la langue française en particulier, nous nous sommes intéressés, à la relation dialectique entre la motivation et l'acquisition de la langue française à travers une question assez problématique. L'on se demande, via la marge de réflexion que permet cette modeste contribution, dans quelle mesure le manque d'investissement en matière de motivation peut-il être considéré comme responsable d'une attractivité peu réussie de l'enseignement de la langue française dans le contexte du lycée marocain ? Nous tenterons de répondre à une batterie de questions, telles : qu'entend-on par motivation et quelle est sa place dans la littérature pédagogique ? Comment la motivation, comme point d'entrée dans quelques approches psychopédagogiques, est-elle mise au service de l'acquisition de la langue française au lycée ? Quel état des lieux de la pratique de classe quant à un tel investissement ? Quelles perspectives d'amélioration en matière de matrice motivationnelle à proposer pour une attractivité davantage réussie de l'enseignement de la langue française dans le contexte marocain ?

Pour ce faire, nous nous sommes intéressés à sonder la réalité d'un tel enseignement via un questionnaire adressé à un échantillon de quatre cents apprenants et un entretien semi directif avec une trentaine d'enseignants de français dans la direction provinciale MEN à *Rhamna*. Les résultats démontrent, entre autres, une attractivité en « dégradation » de la langue française dans ce contexte. La discussion s'ouvrira sur quelques suggestions passibles de revaloriser des facteurs à prendre en considération pour remotiver l'apprentissage du français au lycée.

## **2 LA NOTION DE MOTIVATION ET SA POSITION DANS LA LITTÉRATURE PÉDAGOGIQUE**

Les psychologues affichent des positions souvent divergentes quant à la place de la motivation dans l'étude et l'interprétation du comportement d'un individu ou encore de ses conduites. Si certains considèrent le concept comme inutile et voué à disparaître des dictionnaires de psychologie, d'autres pensent qu'il reste l'une des préoccupations les plus importantes des études psychologiques. Cet écart trouve quelques explications dans la nature même de la notion qui, selon *Joseph Nuttin*<sup>1</sup> demeure l'une des notions sérieusement ambiguës.

Ce travail s'inscrit, donc, dans la lignée des efforts qui ambitionnent d'élucider quelque peu cette ambiguïté. Pour ce, le besoin à définir le concept se dresse comme priorité avant de sonder sa position dans la littérature pédagogique qui encadre le processus de l'enseignement apprentissage en général, et celui de la langue française comme langue étrangère au lycée marocain en particulier.

### **2.1 PRÉCISIONS CONCEPTUELLES**

La conduite d'un être humain répond souvent à une série complexe et interconnectée de modèles comportementaux liés aux objectifs que l'individu cherche à atteindre. Il est le produit de raisons qui sont généralement latentes dans les forces qui les déplacent et les activent. L'une de ces forces qui encourage/décourage le plus un individu est celle de motivation.

#### **2.1.1 LA NOTION DE MOTIVATION**

Les dictionnaires français se réfèrent abondamment à la notion de motivation, en essayant de l'englober sous divers aspects. Fidèle à son étymologie, la motivation, selon Le Petit Robert, est au cœur de toute recherche de causes et de facteurs « *psychologiques qui influencent le comportement des personnes* » affectant, ainsi, son choix; laquelle recherche aspirant à

---

<sup>1</sup> Joseph Nuttin cité dans : Fraisse, P. & Piaget, J., 3<sup>ème</sup> édition 1975, Traité de psychologie expérimentale V, Paris, PUF, p. 6

fournir une: « *explication des raisons qui poussent à un acte, à un choix* »<sup>2</sup>. La motivation traduit donc cette « *Action de motiver, d'alléguer les (l'ensemble des) considérations qui servent de motif (s) avant l'acte et de justification à cet acte, à posteriori.* »<sup>3</sup>

Larousse reconduit l'acceptation précédente en lui apportant deux éclaircissements d'une grande importance: les notions de raisons et d'intérêts comme éléments «... *qui poussent quelqu'un dans son action...* »; et la propriété du concept de latence interne en insinuant la «... *catégorie de déterminants internes des comportements, des activités psychologiques et des états subjectifs* »<sup>4</sup>

La littérature pédagogique profite tardivement des acceptations fournies dans de tels usuels. Entre autres, les travaux de A. Leon (1972) et de R. Richterich (1974) semblent installer l'intérêt accordé à la question de motivation dans des contextes scolaires. L'aspect longitudinal de ces contextes fait émerger le problème de renouvellement nécessaire de la motivation face aux évolutions internes comme à l'impact des expériences externes.

Ainsi, plusieurs positions se déclarent dans les recherches en éducation mais s'accordent toutes sur le fait que la motivation désigne un état psychologique dont la fonction est de canaliser l'émotion de l'apprenant en vue d'une « *amélioration de soi* »<sup>5</sup> et éventuellement de son entourage. C'est donc un état psychologique qui appelle à poursuivre la recherche sérieuse, de la chose cible, basée sur des goûts et des intérêts; une recherche qui indique un désir ou un besoin de compétences spécifiques dans certaines situations - sans avoir à juger de la bonne ou de la mauvaise référence de ce désir. L'action positive d'étudier sérieusement pour contribuer à l'avancement de la société, tout comme l'action négative d'obtenir un certificat qui permet une concurrence déloyale pour écarter un autre d'un poste décisionnel sont, toutes les deux, des manifestations de forte motivation.

Récemment, les recherches autour de la question deviennent davantage nombreuses en spécifiant davantage les aspects abordés. Un article de Galand Benoît<sup>6</sup> en retrace quelques-unes: l'impossibilité de dissocier les facteurs intrinsèques des facteurs extrinsèques (Bourgeois, 2006; Pintrich, 2003); l'impact d'illusions ou de perceptions négatives sur l'apprentissage (Thérèse Bouffard et son équipe); la dynamique motivationnelle dans l'évolution scolaire (Jean-Luc Gurtner et son équipe); les buts d'accomplissement (Céline Darnon et son équipe) ou les buts sociaux (Laurence Filisetti et son équipe) comme enjeux à atteindre; les interactions positives du personnel et du social comme facteurs pédagogiques (Galand Benoît et son équipe).

Dans tout ce parcours, la motivation reflète donc la capacité de l'individu à réaliser un état désiré; à s'organiser et à accomplir des tâches rapidement et de manière autonome; à surmonter les difficultés auxquelles il est confronté; à se dépasser lui-même et à surpasser les autres; à endurer et à persévérer. C'est un ensemble de conditions internes et externes qui poussent l'individu à atteindre un état d'équilibre et à atteindre des objectifs qui assouissent ses besoins et ses désirs internes. La motivation est une force, née de facteurs internes et externes à l'individu, qui oriente son comportement jusqu'à ce qu'il atteigne un objectif qui lui tient à cœur, qu'il soit moral ou matériel<sup>7</sup>.

### 2.1.2 NOTIONS ADJACENTES

En psychologie, quelques termes clés tels « besoin, désir ou force, ambition, volonté, aptitude, etc. » brossent un ensemble de facteurs dynamiques affectant le degré de motivation. Quelques-uns sont pris parfois comme étant l'état premier d'où découle toute force motivationnelle. Ici, nous nous contentons, donc, de rappeler quelques facteurs les plus éminents, et à très forte contiguïté, en relation au réseau de la motivation.

A/ Besoin: le motif naît de l'existence d'un besoin spécifique dans l'organisme. Et chaque fois que ce besoin s'exprime, l'individu tente d'adopter des modèles de comportement visant à le satisfaire. Il s'agit là d'une relation d'imbrication car le besoin informe sur un sentiment de carence interne. Le besoin assouvi, l'on constate une certaine satiété alors que le déséquilibre continue dans le cas contraire. Sur ce, le besoin paraît être le point de départ pour stimuler la motivation à un comportement spécifique qui doit être satisfait. Il n'est pas surprenant que Maslow soit considéré comme l'une des figures les plus importantes qui se sont concentrées sur la motivation à travers une théorie dans laquelle il énumère les besoins les plus importants de

<sup>2</sup> Dictionnaire Le Petit Robert, 2012, entrée 'Motivation'

<sup>3</sup> Dictionnaire lexicologos en ligne, consulté le 07 Septembre 2022

<sup>4</sup> Dictionnaire Larousse, 2013, entrée 'Motivation'

<sup>5</sup> Fraisse P. et Piaget, J., 1975, op. cit., P. 7

<sup>6</sup> Benoît G., « La motivation en situation d'apprentissage : les apports de la psychologie de l'éducation », in Revue française de pédagogie N° 155, 2006, pp. 5-8.

<sup>7</sup> Raynal F., Rieunier A., 2018, Pédagogie, dictionnaire des concepts clés: apprentissages, formation, psychologie cognitive, ESF, p. 258

l'individu sous forme d'une pyramide renvoyant à l'importance de chaque niveau (elle sera à nouveau abordé lors de l'analyse du second axe).

B/ Volonté: la motivation est liée à la volonté de l'individu. De nombreux facteurs peuvent influencer négativement sur le degré de son impétuosité, notamment la perte du sentiment de sécurité, l'absence d'émotions positives, l'absence de plaisir, un comportement hostile ou erroné reçu de l'environnement, les échecs répétés, l'absence de tout défi, etc. La plupart des motifs découlent donc de la présence/l'absence du plaisir dans une situation. La recherche d'un certain contrôle du côté négatif fait naître une force motrice qui se développe en une volonté réelle.

C/ Désir: la motivation est souvent née d'un désir qui pousse une personne à réussir, à atteindre un certain niveau ou à acquérir une acceptation sociale en vue d'atteindre la plus grande mesure possible de performance. Piaget suppose que tout individu éduqué a des désirs qui expriment la singularité de ses intelligences dans son interaction avec son environnement pour un meilleur équilibre/harmonie entre une nouvelle situation et une situation ancienne. Tout apprentissage, donc, doit veiller à installer tout ce qui est positif ou à amener à surmonter tout ce qui est négatif, souvent peu nourricier de l'auto-motivation.

D/ Ambition: lorsqu'une personne est défiée par un devoir ou une activité, elle se fixe de nouvelles normes et niveaux de comportement pour vaincre ce genre de devoir. C'est ce que Rosine Lewin<sup>8</sup> appelle l'ambition. Les théories comportementalistes s'accordent sur le fait que le processus d'ambition est affecté par l'une des lois de l'apprentissage, à savoir la loi de l'impact: la somme des succès et des échecs peut affecter positivement ou négativement la montée ou la chute du niveau d'ambition. Les valeurs sociétales sont, à ce stade, d'une grande importance pour orienter les tendances d'ambition (le rôle des groupes dans l'élévation/abaissement des niveaux d'ambition).

E/ Aptitude: l'aptitude fait référence à l'état de préparation et/ou de persévérance d'une personne pour atteindre le succès (réalisation des objectifs). Le défi devient donc plus grand si le niveau des capacités de l'individu est inférieur au niveau des situations qui nécessitent d'excellentes performances. Ainsi, l'aptitude, souvent endogène, est un élément crucial de motivation et elle peut être synonyme de motif. Aujourd'hui, « *la réussite professionnelle (...) [est] de plus en plus considérée comme due dans une large part à la motivation du sujet, alors qu'autrefois on ne tenait guère compte que de ses aptitudes.* »<sup>9</sup>.

### **2.1.3 CARACTÉRISTIQUES DE LA MOTIVATION**

Le même individu a différents niveaux de motivation, selon le domaine d'intérêt, ce qui le fait passer d'une forte susceptibilité ou d'un défi à une indifférence totale. Afin de mieux comprendre les mécanismes de leur fonctionnement, nous présentons les caractéristiques qui distinguent l'un ou l'autre comportement:

- La motivation peut être le résultat de réponses à des influences externes qui affectent l'équilibre de soi. Elle inclut, dans ce cas, une bonne part exogène à soi (caractère extrinsèque);
- La motivation est souvent caractérisée d'instabilité car elle oscille entre augmentation et diminution dans la plupart des cas (faim-soif-colère-plaisir-satisfaction-reconnaissance-...);
- L'auto-évaluation du succès et de l'échec a un impact significatif sur le niveau de motivation;
- La motivation est affectée par le feedback obtenu. Plus l'environnement est sensible aux différentes productions dans le but de les améliorer ou de les louer, plus un sentiment d'appréciation et de maintien s'installe, ce qui fait augmenter le degré de motivation à continuer. Le rôle de la récompense et de la punition dans l'apprentissage vient à l'esprit: si la première est une évaluation positive qui contribue à la progression des acquis d'apprentissage, la seconde fait référence à une expérience douloureuse qui affecte négativement le processus d'apprentissage (l'aspect néfaste de l'accumulation d'expériences douloureuses);
- La motivation est influencée par les expériences distinguées et performantes telles les expériences d'adultes, de pairs, de lectures, etc. Le besoin d'appréciation ou d'excellence (l'enracinement du motif qui devient principal) remplace l'autosatisfaction des débuts (motif de départ).

---

<sup>8</sup>- Levine R. cité par E. A. Peel, 1967, Fondements psychologiques en éducation, Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, p. 141.

<sup>9</sup>- consulter Lexicologos en ligne : P.PICHOT, Les tests mentaux, p.76 dans FOULQ. 1971

#### 2.1.4 CATÉGORIES DE MOTIVATION

Selon ses sources, son extension ou son importance, plusieurs facteurs de motivation sont évoqués souvent en binaires, tels que:

- Motifs externes, que l'individu tire de sources externes et de l'environnement qui l'entoure. Il peut s'agir de personnes, de matériaux ou d'informations et peuvent prendre la forme de récompenses matérielles ou d'incitations morales. Les motifs internes sont ceux qui proviennent de la personne elle-même, basés sur la présence d'un désir interne ciblant l'autosatisfaction et/ou la poursuite d'un gain matériel, moral, culturel, etc.;
- Facteurs personnels tels que la condition physique réelle, l'expertise et les expériences actuelles ou antérieures, l'état psychologique (normal, anormal, hystérique, névrotique, etc.); et les facteurs culturels et environnementaux tels que les normes et les mesures dans un contexte, les niveaux d'apprentissage selon les groupes, le niveau socio-économique de l'individu, etc.;
- Motifs physiologiques ou motifs principaux liés aux besoins dits primitifs qui sont les besoins fondamentaux de l'individu (besoins vitaux tels la nourriture, l'eau, le sexe, etc.) et les motifs secondaires qui comprennent notamment la curiosité philosophique ou cognitive, comme indiqué par Berlian<sup>10</sup>, la modernité, la complexité, l'instabilité, l'ambiguïté, la dissonance, la différence, le déséquilibre, etc. ou encore les motifs psychologiques qui sont le désir de l'individu de posséder, d'exceller et d'atteindre ses objectifs dont la réussite et le contrôle;

#### 2.2 LA PLACE DE LA MOTIVATION DANS LA LITTÉRATURE PÉDAGOGIQUE

La psychologie s'intéresse à l'ensemble des besoins et des pulsions (ou même des caprices), entre autres thèmes. Dans le cadre de la théorie de la motivation comme processus, la confusion semble être propre au type d'attention portée à la motivation du moment où l'étude des besoins s'attache à l'examen de l'effet des facteurs physiologiques (conditions du corps) sur les types de comportement; ce qui fait de la motivation un concept très général. Loin d'être scientifique dans l'ensemble (auparavant, la recherche n'a pas atteint une relation scientifique solide entre les diverses gratifications et les types de comportement), la simple distinction entre facteurs motivants et facteurs non motivants dans la description du processus de motivation a noyé ces recherches dans des flottements qui n'ont pas beaucoup aidé à mettre en évidence l'importance du concept.

##### 2.2.1 LE BÉHAVIOURISME

L'école comportementale accordait une grande importance à la relation stimulus-réponse dans le processus de tout apprentissage. Ce qui est étrange, c'est qu'elle a lié l'occurrence de la réponse à la nécessité du stimulus, mais le plus étrange, c'est qu'elle a fait de ce stimulus l'élément le plus important jusqu'à ce qu'il devienne plus important que l'effet qu'il causait; ensuite le fait que sa source soit extérieure à l'entité concernée, ce que *Nuttin* et *Fraisse*<sup>11</sup> appelaient, dans leur critique, la condition suffisante. La motivation en particulier, et l'apprentissage en général, deviennent liés au renforcement externe de *Skinner*, ou à la consolidation de *Thorndike* de l'exactitude et du rétrécissement du cercle de l'erreur. Le béhaviorisme, en tant que théorie, a fortement adopté le discours du renforcement, de la récompense et du conditionnement. Ce qui en fait l'un des domaines appliqués des connaissances pédagogiques qui a accordé une attention particulière à la motivation, car il convient de noter que la quantité, la durée du retard et la répétition affectent de manière significative le volume de motivation supplémentaire qui en résulte bien qu'il assure la stabilité de la réponse sans assurer la stabilité de la motivation à apprendre.

La déficience de cet abus vient du fait qu'il exclut le moi en tant qu'entité psychologique avec ses motivations sous-jacentes souvent antérieures, et fait du monde extérieur du moi une source unique pour les facteurs affectant la motivation.

Le rôle du degré de réception et sa différence d'un individu à l'autre est ce qui fait que les psychologues postérieurs attribuent une part importante de la motivation à l'influence des facteurs internes.

<sup>10</sup> Berlian cité dans E. A. Peel, 1967, Op. Cit., p. 125.

<sup>11</sup> Fraisse P. et Piaget, J., 1975, Op. Cit., P. 11

### **2.2.2 L'ÉCOLE DE LA GESTALT**

Certains psychologues critiquent le point de vue selon lequel la motivation est un mouvement d'énergie potentielle, car il s'agit d'une éjection du moi d'un état de repos à un état de mouvement. La base de cette critique est due à la faiblesse de la fondation sur laquelle elle repose, car l'être en soi n'est pas un état statique en premier lieu, ce qui nécessiterait la disponibilité d'une influence spéciale qui le pousse à se déplacer. La force de ce postulat contrariant découle de la conviction que l'être est une entité active en premier lieu. Il convient de mentionner ici les recherches de *Hebb* (1949) sur l'activité autonome du système nerveux (la cellule nerveuse n'a pas toujours besoin, pour fonctionner, d'avoir une influence extérieure).

Dans le cadre de cette école, la question de la motivation n'est pas très importante, car le processus de prévoyance est capable de mener l'individu à provoquer les comportements souhaités, alors que cela est prouvé par l'activité de renforcement interne. La motivation devient alors simplement un facteur de sensibilisation ou un mouvement de soi vers certaines réponses que le soi répondant renforce de lui-même. Le regard est donc tourné vers l'orientation de la perception et le pouvoir de l'être à souscrire à un tout pour y puiser du sens.

### **2.2.3 LE CONSTRUCTIVISME**

Au-delà des perceptions étroites antérieures, d'autres recherches et études ont émergé et ont développé une vision de la motivation pour en faire un processus de recherche d'une situation ou d'une chose qui est absente ou n'existe pas encore. La motivation, selon cette perspective, devient la clé pour interpréter et comprendre le concept de comportement. L'individu est un être caractérisé par des relations préférentielles ou sélectives envers les choses ou les situations: la présence de plusieurs choses ne signifie pas l'existence d'une même relation entre elles et soi, de même que l'effet de leur absence diffère d'un individu à l'autre. Ainsi, l'orientation pratiquée vers des choses sans d'autres relève d'une volonté propre qui reflète un certain niveau de motivation.

Au sein de cette orientation, l'homme se caractérise par la capacité de construire ou d'imaginer de manière préventive l'absent (l'image avant l'existence réelle) parce qu'il a des fonctions mentales qui lui permettent de le faire. Le processus de recherche devient clair car il est une véritable source de continuité et de renouvellement de la motivation (processus de compréhension et de compatibilité avec les positions théoriques constructivistes, qui renvoient au rôle des représentations dans la montée de la motivation. En découle, donc, le fait que la motivation, à la fois comme source et destination de l'activité, appelle à penser un renouvellement permanent et un changement continu d'activités comme moteur de développement de la motivation (nous reviendrons sur cette idée infra).

### **2.2.4 LE SOCIOCONSTRUCTIVISME**

Une quatrième école (mais pas trop lointaine de la troisième) stipule que la motivation est un processus intentionnel (aspect intentionnel et expérientiel), qui fait de la nécessité d'une interaction efficace avec l'environnement une source pour fournir un noyau de relations qui orientent le comportement pour se confirmer ou s'étier, le cas échéant. La motivation devient argument de stabilité et de développement<sup>12</sup> (la recherche continue de l'individu pour atteindre un équilibre entre lui-même et les diverses relations souhaitables).

*Wood Worth*, dans son étude du domaine de la motivation, fait référence au mécanisme du comportement et aux déterminants de cet événement, en se concentrant sur le rôle de la motivation dans la réponse à la question: « *Pourquoi un comportement s'est-il produit ?* »<sup>13</sup> Pour ce faire, il décrit des facteurs comme Tendance, Impulsion, besoin, Motif d'action, Tension, Force et Energie. Il convient, donc, de noter le rôle de l'enseignant, des pairs et du groupe dans son ensemble pour augmenter la motivation en travaillant sur ces facteurs (dans l'esprit du concept de Zone Proximale de Développement).

Bref, si la plupart des recherches en psychologie expérimentale ont reporté l'étude de la motivation à un niveau de recherche moins important, c'est parce qu'elles sont toujours parties d'une explication du processus dynamique d'apparition d'un comportement basée sur les principes d'association et de connexion. La recherche a toujours été une prémisse pour essayer de comprendre l'occurrence du phénomène Y dans le cas de X, reportant la motivation de cette occurrence au niveau implicite de la recherche. On évoque par exemple la grande importance accordée par les chercheurs au concept d'attention (James, 1890 - Ribot, 1888). Enfin, il convient de noter le rôle de l'école de *Kulpe* pour réfuter une grande partie de cet argument en soulignant l'insuffisance du lien pour expliquer la survenue du comportement. L'acceptation de la question, par exemple,

---

<sup>12</sup> Nuttin, J., 1980, *Théorie de la motivation humaine*, Paris, PUF, p. 210-260

<sup>13</sup> Wood Worth, 1918, in Nuttin, J., op.cit. p. 36-37

créée chez l'individu la volonté d'agir d'une certaine manière et inversement, ce qui fait de la situation qui en résulte chez l'individu un élément décisif pour pousser à l'apparition ou non d'un comportement<sup>14</sup>.

Le concept de motivation est, donc, l'un des principaux piliers dans les événements et l'interprétation d'une partie importante du comportement humain. Du coup, l'on se demande comment les enseignants de langue en général et ceux de langue française au lycée marocain en particulier ont-ils traité le concept de motivation.

### **3 LA MOTIVATION: REGARD SUR LES APPROCHES PSYCHOPÉDAGOGIQUES ET ÉTAT DES LIEUX DE LA PRATIQUE EN CLASSE**

Lorsque l'on parle de motivation et de son lien avec l'acquisition de la langue en général et de la langue française au cycle qualifiant (lycée) en particulier, on examine ce qui pousse l'apprenant à s'engager activement et sérieusement dans l'apprentissage de cette langue. Comme nous l'avons déjà mentionné dans l'axe précédent, le rôle de la motivation diffère selon l'approche psychopédagogique de référence préconisée. Les méthodes d'enseignement des langues qui s'appuient sur le comportementalisme comme arrière-plan théorique, par exemple, ne fonctionnent pas avec la motivation de la même manière qu'elle est adoptée par les théories sociologiques ou cognitives, ni en termes d'importance ni en termes de type ou de forme de motivation en question.

Étant liée au rapport de l'apprenant aux savoirs d'une part, la motivation à apprendre la langue française change selon la nature du savoir, selon toute l'ingénierie mise à disposition de tout apprentissage et selon l'impact des intervenants directs. La motivation pour apprendre le français comme langue maternelle, par exemple, est différente de la motivation pour apprendre cette langue comme langue étrangère. De même, le rôle de l'enseignant, sa formation et ses représentations vis-à-vis de la motivation peut faciliter comme il peut freiner cet apprentissage.

#### **3.1 ACQUISITION DE LA LANGUE FRANÇAISE ET POSITION DE LA MOTIVATION**

L'intérêt accordé au sujet de la motivation varie, dans une échelle graduelle, entre absence, pseudo-présence et importance remarquable. L'on se confronte, donc, à des voies où l'intérêt à la motivation paraît absent, du moins dans la construction théorique du modèle, des voies qui l'entourent d'une présence distinguée sans en faire un réel moteur d'apprentissage de la langue française, et d'autres qui lui accordent une place centrale.

##### **3.1.1 MÉTHODES NÉGLIGEANT LA QUESTION DE MOTIVATION**

Un ensemble de méthodes d'enseignement du français, ayant occulté l'apprenant dans leurs fondements théoriques, semblent négliger la question de motivation. Il s'agit essentiellement des méthodes traditionnelles et de la méthode grammaire-traduction (thème version), méthodes en vogue depuis la période 1840-1900.

Mentionnons à titre d'exemple la méthode directe, cherchant à imiter le processus d'acquisition des langues naturelles, qui, bien qu'elle ait renouvelé les outils et les supports utilisés comme les images et les objets pour rapprocher l'apprenant du vocabulaire à apprendre, a contourné la traduction et le passage par la langue maternelle. Ainsi, l'oral l'emporte, l'écrit y est relégué au second plan et la simulation paraît un passage obligé. Bien de situations qui, ayant focalisé sur l'objet d'apprentissage, n'avaient pas trop puisé dans les intérêts des entités concernées par ledit apprentissage.

Conséquemment, les deux premières méthodes dépendent de la grammaire comme entrée, tandis que la méthode directe privilégie le lexique et le vocabulaire comme entrée. Il semble clair qu'il n'y avait pas de perception de ce qui pousse l'apprenant à apprendre. Du coup, et davantage accidentelle et loin d'être interne, le moindre degré de motivation possible est lié à l'agir professoral.

##### **3.1.2 MÉTHODES IMPRÉGNÉES DE LA QUESTION DE MOTIVATION**

Nous accordons, ici, l'attention à deux méthodes qui invoquent la motivation dans la construction des situations d'apprentissage sans en faire une préoccupation ou un moteur de cet apprentissage: la méthodologie audiovisuelle (MA) portant sur la période 1950-1960, et la méthodologie Structuro-globale audio-visuelle (SGAV) portant sur la période 1950-1970.

---

<sup>14</sup> Fraisse P. et Piaget J., 1975, Op. Cit., p.9

S'agissant d'une méthode créée dans le contexte de la seconde guerre mondiale pour répondre aux besoins militaires de l'armée américaine, la MA a adopté la conception extrinsèque de la motivation prise dans une perception comportementale behavioriste honorant les rôles du stimulus et du renforcement. Appliquée en éducation, elle prête toujours attention à la motivation spécifiquement externe. Sa négligence de la motivation interne a affecté l'implication des apprenants dans leurs apprentissages. Il suffit de rappeler l'adoption intensive d'exercices synthétiques pour acquérir la grammaire; ce qui ennuie les apprenants vu que cela relève peu de leurs intérêts.

Quant à la deuxième méthode, le structuralisme holistique audiovisuel repose sur le triptyque situation de communication/dialogue/image. Elle ne diffère pas beaucoup de la première car elle n'est considérée que comme la version française du produit américain (la MA); version ayant pourtant misé sur le holisme dans tout processus d'apprentissage.

### **3.1.3 MOTIVATION EN POSITION CENTRALE**

Dans ce volet, le regard est orienté vers trois méthodes d'enseignement du français en tant que langue étrangère et qui ont, également, été utilisées dans l'enseignement du français comme langue maternelle. Ces méthodes s'accordent à centrer le processus sur l'apprenant plutôt que sur l'enseignant ou sur les contenus. Cette focalisation sur l'apprenant a conduit à reconnaître la motivation comme base motrice de l'apprentissage, bien que ses types et ses formes diffèrent d'une méthode à l'autre.

- Les méthodes actives, parues depuis les années 1920, se distinguent par l'ouverture sur la langue maternelle pour apprendre une langue étrangère lorsque l'apprenant trébuche. Dans la méthode active, le travail en groupe et l'attention portée à ce qui rend l'apprenant actif sont de véritables caractéristiques. Puisque l'objectif était de rendre l'apprenant actif dans l'apprentissage, sa motivation à apprendre la langue française était considérée comme la clé de voûte qu'il faut nourrir en mobilisant tout. C'est le cas aussi dans les approches culturelles;
- Quant aux approches communicatives, concernant la période 1970-1990, elles profitent de la montée de la réflexion sur la communication et partent, donc, des besoins communicatifs des apprenants. Les motivations internes et externes occupaient une place particulière dans ces approches. Cela se traduit par leur objectif majeur étant de répondre aux aspirations professionnelles de personnes très diplômées immigrées et désireuses d'intégrer le marché du travail. Ainsi, elles permettent, dans une conception fonctionnelle, d'apprendre la langue française 'français fonctionnel' et agissent sur la motivation externe des immigrés. Les apprenants sont motivés par l'enseignant à l'école tout comme par les adultes dans l'échange culturel ailleurs. Elles honorent également la motivation interne par l'effort de sélection des documents de départ dans des situations communicatives; ce qui répond aux préoccupations internes des apprenants. à titre d'illustration, parmi les critères de choix d'un support audio/vidéo ou d'un texte figurait l'appréciation de ces documents par l'apprenant;
- Enfin, l'approche actionnelle, étant plus récente (après 2000), concerne la réalisation de projets déclinés en tâches. L'apprenant concentre ses apprentissages pour réaliser des tâches qui font de lui un acteur social. combinant l'enjeu d'intégration dans la société et celui de réalisation de soi, elle rend l'apprenant pleinement engagé dans l'apprentissage. Différente des approches précédentes, cette approche ne considère pas la motivation d'apprendre le français isolément de la motivation d'action sociale.

De l'ensemble des méthodes passées en revue, la dominance de l'école comportementale semble sauter aux yeux. Cela se reflète dans la mobilisation de son paradigme dans tout investissement en matière de motivation externe: créant des stimuli, ramenant l'attention vers des images ou des textes, captivant la concentration par des clips audio ou vidéo pour obtenir des réponses linguistiques spécifiques, parfois mécaniques et peu utiles dans des situations davantage signifiantes.

Toutes les méthodes mentionnées précédemment ont été influencées par la théorie de *Maslow* où l'on retrouve présentes les trois niveaux supérieurs de la pyramide: besoins d'amour et d'appartenance, besoins de respect et d'appréciation et besoins de réalisation de soi.

L'approche actionnelle, de surcroît, va au-delà de ces besoins pour atteindre le plus haut niveau de la hiérarchie: les besoins de réalisation de soi. S'attacher à lier l'apprentissage du français à l'action sociale et à lier les objectifs d'apprentissage de cette langue à l'action au sein d'une communauté, en agrégation avec d'autres savoirs et compétences, amène l'apprenant à se sentir épanoui. D'autant plus que cette méthode lui permet de souligner les projets et les tâches qu'il souhaite accomplir en apprenant la langue française.

### 3.2 ETAT DES LIEUX

Après avoir brossé une première image sur les approches psychopédagogiques en vogue à l'école marocaine, y compris le lycée, nous réservons cette section à une enquête de terrain pour en ressortir l'image d'investissement du concept de motivation. Il est à rappeler que l'étude s'est focalisée sur l'apprentissage de la langue française.

#### 3.2.1 OUTILS ET STATISTIQUES DE L'ENQUÊTE

Notre étude s'est basée, outre l'analyse de contenu, sur une investigation par questionnaire auprès des apprenants et par entrevues auprès des enseignants de français au lycée.

Le questionnaire est adressé à quatre cents apprenants appartenant à dix lycées (40 exemplaires par lycée) relevant du territoire de la direction provinciale MEN à Rhamna. Ceux qui ont participé ne dépassent pas 346 apprenants d'un taux de participation de 86,50% (13,50% n'ont pas donné suite à notre questionnaire). Ils appartiennent au tronc commun, à la première année et à la deuxième année du baccalauréat. Le tableau suivant récapitule les données de l'échantillon:

Statut	Genre		Tranche d'âge		Niveau scolaire		
	G.	F.	[15-18]	[19-22]	Tronc Commun	1 <sup>ère</sup> A. Bac.	2 <sup>ème</sup> A. Bac.
Participants	162	184	148+180	14+4	51+63	83+92	28+29
86,5%	40,5%	46%	82%	4,5%	28,5%	43,75%	14,25
Non participants	38	16	29+11	9+5	12+5	7+3	19+8
13,5%	9,5%	4%	10%	3,5%	4,25%	2,5%	6,75%

Fig. 1. Statistiques de la catégorie « apprenants »

Quant aux entrevues, Les trente-cinq (35) professeurs avec qui nous avons mené un entretien semi directif appartiennent à différentes tranches d'âge. L'étendue couvre l'intervalle [2 ans – 29 ans] d'ancienneté. Ils ont tous un haut niveau universitaire et ont suivi tous une formation professionnelle qualifiant aux métiers d'enseignement.

#### 3.2.2 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

##### • Le questionnaire (apprenants)

À raison de deux cents (200) exemplaires pour chaque sexe, le taux de perte chez les garçons double celui constaté chez les filles. Le taux de non-participation est assez élevé par rapport à la tranche d'âge [19-22]. Certes, le pourcentage par rapport à l'ensemble de l'échantillon paraît faible mais il devient assez représentatif par rapport au nombre total des non participants (14/54 d'un taux dépassant 25%). Voir Fig. 1

Le taux de participation le plus faible est constaté chez les apprenants de classe terminale. Alors que le plus haut chez ceux de l'année certificative quant à la langue française. Le constat de non-participation rejoint inversement ces statistiques.

Outre le volet d'identification, Le questionnaire comporte sept questions fermées. Nous présentons les résultats parfois en chiffres, parfois en diagrammes:

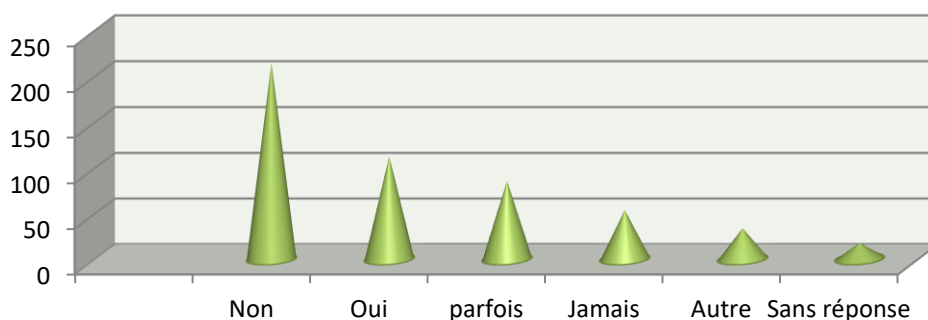


Fig. 2. Aimez-vous les séances de français ?

Dès la première question, s'articulant autour du rapport affectif entre l'apprenant et l'enseignement actuel de la langue française en classe de français, les réponses tombent alarmantes. Les modalités négatives (non, jamais, sans réponse) dépassent cinquante-cinq pour cent contre un taux frôlant trente-neuf pour cent pour les modalités positives (oui, parfois). Ceux qui ont préféré contourner la question font presque sept pour cent.

Lire, analyser, ...	Ecrire	Ecouter et interagir	Répéter, imiter, ...	Se conformer à des consignes	Prendre position	Prendre l'initiative / Etre créatif	Parler / écrire en langue correcte	Sans réponse
<b>35</b>	<b>28</b>	<b>136</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>89</b>	<b>22</b>	<b>64</b>	<b>05</b>

**Fig. 3. Pour vous, pratiquer le français en classe est-il ?**

La deuxième question sonde les représentations des apprenants quant à ce qui serait, pour eux, une pratique de la langue française en classe. Le besoin d'interaction et celui de confirmation de soi en se permettant de prendre position se sentent énormes chez nos lycéens. L'impact des attitudes souvent autoritaires se ressent aussi bien qu'en moindre mesure vu l'esprit de conformisme en trois modalités à taux assez modestes (répéter, imiter,...; parler /écrire en langue correcte; se conformer à des consignes). La lecture, l'écriture, la créativité arrivent en dernier lieu.

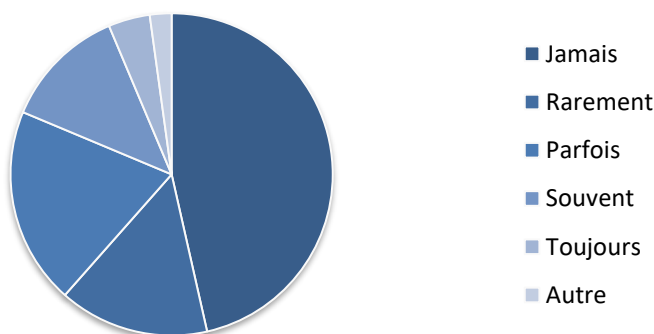
Lectures	Débats	Jeux de rôles	Prises de parole	Exposés	Rédactions	Sketchs ou saynètes	Ecoute de supports sonores	Autre
<b>14</b>	<b>82</b>	<b>123</b>	<b>97</b>	<b>56</b>	<b>13</b>	<b>154</b>	<b>185</b>	<b>8</b>

**Fig. 4. Quelles sont les activités que vous aimez pratiquer en classe ?**

Musique	<b>246</b>
Films et shows	<b>231</b>
Jeux	<b>229</b>
Emissions sportives	<b>189</b>
Informations	<b>133</b>
Contenus technologiques	<b>120</b>
Emissions documentaires et culturelles	<b>24</b>
Littérature	<b>22</b>
Autre	<b>03</b>
Sans réponse	<b>06</b>

**Fig. 5. Quels contenus, en langue française, préférez-vous ?**

Quant aux activités et aux contenus souhaités par les apprenants, les réponses aux deux questions suivantes rejoignent les centres d'intérêts précédents: écoute de supports sonores, films, théâtre et divertissement, jeux et sports, contenus technologique et prise de parole. Les compétences lectorale et rédactionnelle sont reléguées au dernier plan.



**Fig. 6. Les activités et les contenus de français en classe répondent-ils à vos intérêts ?**

Par rapport aux constats précédents, les réponses à la cinquième question pourraient ne plus constituer une surprise. Les intérêts des apprenants se verront trahis dans les activités et les contenus proposés dans le programme de français au lycée.

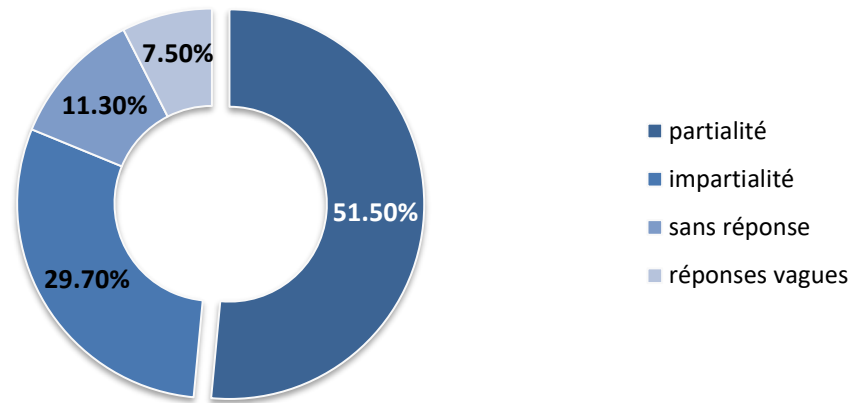


Fig. 7. A ton avis, l'évaluation en classe de français est-elle partielle ?

Le flux de crédibilité de la discipline se rétrécit si l'on croit les réponses à la question suivante. La pratique de l'évaluation est accusée d'être partielle. Seul un tiers des apprenants sont encore confiants.

Avoir facilement un emploi	243
Se vanter du luxe qu'elle paraît offrir	164
Réussir le passage à l'enseignement supérieur / sa vie	154
Maîtriser la langue	132
Se passer des tests imposés par les écoles à l'extérieur	32
Autre	02

Fig. 8. Pour vous, quels avantages le français présente-t-il ?

La dernière question sonde l'utilité supposée d'un tel cours. La maîtrise de la langue arrive en quatrième rang. C'est la vision plutôt pragmatique qui l'emporte chez nos apprenants. Pour cette étude, le taux accordé au second item (se vanter...) fait émerger une nouvelle donne à réinterroger.

• **Les entretiens (enseignants)**

Les items reprenaient autrement les questions adressées aux apprenants en questionnaire. Dès que possible, nous regroupons leurs réactions dans des graphiques (voir les figures infra).

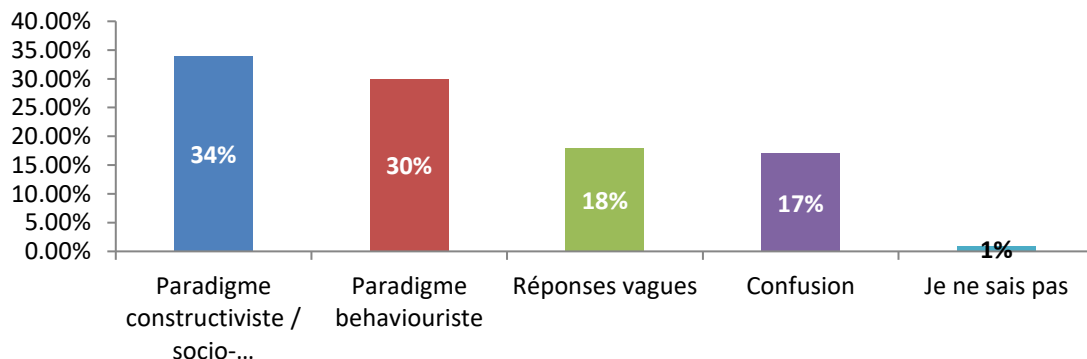


Fig. 9. Théories et approches adoptées par les enseignants

Le désordre que soulignent les chiffres susmentionnés (fig. 9) résulte, à notre avis, du manque de clarté des choix pédagogiques et d'une formation probablement lacunaire. Adopter le paradigme constructiviste ou socioconstructiviste sans

formation revient au caractère autodidacte des professeurs qui ont, jusqu'à présent, travaillé selon les théories behavioristes (la PPO comme illustration); d'où l'amalgame et la confusion constaté.

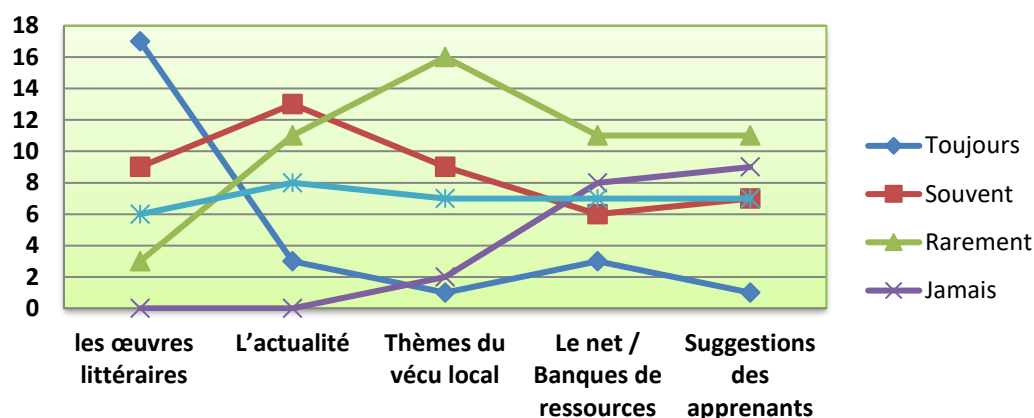


Fig. 10. Ressources de planification des contenus et des activités selon les enquêtés

La rigidité de la planification des projets pédagogiques, des séquences et des séances se lit dans les ressources mobilisées par les enseignants. L'avis de l'apprenant et son vécu sont les dernières occupations des enseignants.

Parallèlement à la question adressée aux apprenants quant à la question de partialité, l'entrevue avec les enseignants a accordé une marge à cette question. Le taux des praticiens qui acceptent d'être partiaux frôle les deux tiers. Ils affirment que « de peur de représailles, le professeur a le plus souvent tendance à modifier les notes » et qu'« un entourage menaçant, en réalité, ne peut que compromettre tout le processus ». Dans un essai de justification, quelques-uns croient que «...personne ne protège le professeur...», que « l'enseignement est devenu un métier très dur » et que l'impartialité ne se fait qu'«... au détriment de sa sécurité personnelle » ». C'est l'orphelinat ressenti par le corps professoral qui aurait, dorénavant, tout le droit d'être résigné, corrompu et conséquemment partial !

Veiller aux conditions optimales de travail est une « responsabilité de l'État » selon eux. D'autres avancent des réactions plus ardentes. Ils pensent même qu'un professeur doit être partial car « même dans un entourage neutre, on n'est jamais neutre, ni juste ni équitable non plus » et puisqu'« il y a toujours une part de subjectivité » pourquoi cherche-t-on à être impartial ? Ces derniers défendent l'idée que la méritocratie n'est qu'un enjeu et que la faiblesse humaine est si manifeste. Un dernier parti assure, quant à lui, que le dilemme devoir/pouvoir rappelle que « c'est une situation qui le (s) dépasse »<sup>15</sup>, que la sociologie et la psychologie doivent intervenir; ceux-ci réclament haut et fort la part du tragique dans toute action humaine.

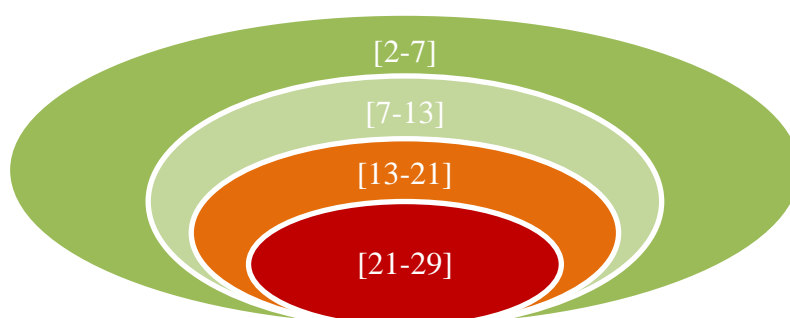


Fig. 11. Rapport ancienneté / degré de motivation

Le tragique insinué se ressent proportionnellement avec l'avancement en ancienneté. Plus l'enseignant accumule davantage d'expériences plus sa motivation tend à extinction. Détail de taille !

<sup>15</sup> Ce paragraphe contient des propos recueillis lors des entrevues. Ils sont mis entre guillemets

### 3.3 ANALYSE ET DISCUSSION

A travers ce qui précède, nous constatons que l'adoption de la motivation dans l'apprentissage de la langue française diffère en termes d'importance et de forme. Nous résumons ici les constats sur le rapport de la motivation à l'enseignement du français au lycée marocain.

- Un manque de motivation, un mauvais rendement en langue française

L'enseignement de la langue française au Maroc, comme d'autres disciplines, subit des changements et des innovations. Le renouvellement des programmes, étant le cas le plus patent, est dû à un certain nombre de variables liées aux besoins sociétaux et aux résultats des évaluations nationales et internationales, mais souvent moins à l'évolution des connaissances spécialisées ou des approches et des méthodes pédagogiques, encore moins aux attentes du public cible.

La crise de lecture et la platitude supposée des contenus disciplinaires en langue française, entre autres, ont mené vers un changement curriculaire assez profond au cycle secondaire qualifiant. Les auteurs du programme ont adopté une approche plus flexible libérant l'acte pédagogique des restrictions des manuels et des exercices usuels. Les enseignants connaissent, dorénavant, l'intérêt du projet pédagogique en tant réflexion et moyen de répondre aux besoins des apprenants. Or, un constat émerge fortement de la nouvelle configuration: les acquis linguistiques sont en nette régression et ne sont pas à la hauteur des aspirations de la communauté scolaire. L'hypothèse la plus émise expliquant cette situation est le manque de motivation.

- Partir des besoins et des intérêts de l'apprenant

Il est logique que le choix d'une langue par l'apprenant le rend plus motivé et plus impliqué dans son apprentissage; ce qui lui fournit les conditions de réussite. La liberté du choix rend l'apprentissage du français désirable et motivé par un désir intérieur. Ainsi, il est possible de penser à rendre l'apprentissage, non point optionnel, mais davantage ouvert sur les besoins réels et les centres d'intérêt de chaque génération. Brosse la réalité, théoriser, transposer, hiérarchiser selon les choix éducatifs, formuler et donner forme dans des programmes parlants, etc. La didactique de la discipline y est pour une grande responsabilité.

La manœuvre microcurriculaire va au-delà du temps d'apprentissage de la langue pour englober le choix des objectifs et des modalités de mise en œuvre et d'évaluation. *Vianin* affirme, dans ce sens, que ce type d'enseignement en général et en langues en particulier stimule la motivation interne de l'apprenant et le fait sentir maître de son destin: « *parfois, l'enseignant peut laisser l'initiative à l'apprenant dans le choix du but, de ses actions, des méthodes utilisées, voire des formes d'évaluation. Lorsque l'enseignant laisse une partie de l'initiative à l'enfant (...), il développe en lui un sentiment de maîtrise de soi et de son destin* »<sup>16</sup>.

Dès lors, partir des envies et des besoins de l'apprenant constitue un rôle déterminant dans le déplacement de sa motivation au travail, mais cela ne suffit pas, car il faut travailler sur des moyens et des activités pour faire maintenir et faire progresser cette motivation. Le risque utilitaire des apprentissages présente une dérive quant à l'esprit d'ouverture sur les centres d'intérêt de l'apprenant. Très réducteur, nous semble-t-il, est l'effort de fléchit l'apprentissage d'une langue aux paramètres pragmatiques assez étroit d'un monde présent, un monde d'ailleurs for changeant.

- Méthodes, activités et outils à renouveler

En plus d'impliquer l'apprenant via ces besoins et ces centres d'intérêt, il doit être impliqué dans le choix des activités et des méthodes, comme le pense *Viau*<sup>17</sup>. Ceci est également confirmé par des chercheurs en psychologie de l'éducation tels *Crookes* et *Schmidt*<sup>18</sup>. Ces derniers ont traité la relation d'une motivation renouvelée pour et à travers un apprentissage renouvelé. Ils soulignent que le renouvellement continu des activités et des méthodes éloigne le spectre de l'ennui et (re) - nourrit la motivation à apprendre.

Le déficit d'accès aux connaissances se dresse également comme écueil à tout engagement. Les apprenants affichent un réel besoin d'acquérir des stratégies cognitives, métacognitives et sociocognitives garantissant leur implication dans le travail réalisé. La lecture, par exemple, s'appuie sur le texte littéraire comme un pilier incontournable: elle doit sonder la profondeur

<sup>16</sup> Vianin P., 2006, La motivation scolaire : comment susciter le désir d'apprendre ?, Bruxelles, De Boeck. p.30.

<sup>17</sup> Viau R., 2007, La motivation en contexte scolaire, Bruxelles, De Boeck, p.7

<sup>18</sup> Crookes G., Schmidt R., 1991, Motivation : Reopening the research agenda, *Language Learning*, 469-512

du texte, diversifier les stratégies de lecture et adopter diverses approches textuelles selon la spécificité du texte. Or, la réalité est que l'enseignant recourt à l'exercice, hautement confortant par, de "lecture méthodique", profitant de sa rigueur méthodologique mais suivant un cheminement souvent techniciste. L'applicationnisme, au lieu d'exhorter l'apprenant à réfléchir et à penser ou du moins à prendre plaisir à lire, amène souvent ce dernier à obéir à une lecture et à une certaine interprétation du texte comme si le texte avait une construction sémantique et interprétative unique pour ne pas dire officielle. Faut-il relire «le plaisir du texte » de Roland Barthes ?

Quant aux outils et aux aides pédagogiques, leur attractivité doit être liée à leur fonctionnalité à favoriser le plaisir d'apprendre. Pour parvenir à joindre l'utile à l'agréable, il faut prendre en considération l'âge des apprenants dans le choix des moyens, veiller à la diversification continue pour conjurer l'ennui et tenter de prendre en compte les différentes attentes des apprenants.

Les images, l'audio, la vidéo, le texte, les témoignages en direct ou les outils numériques peuvent même être utilisés en classe comme en dehors de la salle de classe. Les critères majeurs seront donc la fonctionnalité et l'attractivité.

- Profil professionnel d'un enseignant résigné

Discuter la motivation nous mène à tenir compte de toutes les parties impliquées dans le processus d'enseignement-apprentissage. Et parce que le professeur a un rôle central dans le manœuvre scolaire, sa motivation affecte directement la motivation de l'apprenant dans un lien de responsabilité morale et même déontologique<sup>19</sup>.

Les échecs répétés chez l'enseignant dans le parcours de son métier, souvent résultant des perceptions erronées qu'il établit sur son travail, affecte ses dispositions personnelles et professionnelles. Au fil des années, cet aspect ne manque pas de faire une histoire professionnelle marquée par des échecs répétés, qui brossent le portrait d'un enseignant inefficace dans son action; c'est-à-dire incapable d'influencer positivement les comportements des apprenants en s'investissant dans des formules pédagogiques du moins correctives privilégiant ainsi de répéter ses pratiques dans un souhait d'uniformisation, de recourir à l'achèvement du cours coûte que coûte, et de sacrifier le volet motivationnel en refusant les différents rythmes estudiantins qui apparaissent.

Le facteur de motivation à enseigner le français dans le contexte marocain est un élément essentiel dans l'explication de la détérioration du niveau de motivation des apprenants et donc de leur faible acceptation de cette langue. Il ressort clairement de ce qui précède des manifestations présentées que les deux facteurs entrent dans une relation interactive, et c'est ce à quoi Gardner s'est généralement rendu pour expliquer la relation entre eux, car il a souligné que le premier facteur affecte le second. La motivation est alors considérée comme résultat d'une expérience d'apprentissage positive<sup>20</sup>.

#### **4 MANIFESTATIONS POTENTIELLEMENT MOTIVANTES POUR L'ACQUISITION DE LA LANGUE FRANÇAISE AU LYCÉE MAROCAIN**

Supra, nous avons interrogé la situation actuelle de l'apprentissage de la langue française au lycée marocain. Infra, nous nous attelons à convoquer certains éléments curriculaires et certains aspects de la pratique, y compris l'organisation de classe, pour essayer de comprendre quelques raisons d'un tel rendement en langue française

##### **4.1 LES TEXTES OFFICIELS**

Rien d'étonnant à ce que l'on dise que les curricula et les programmes ne correspondent pas à la situation de la langue française au Maroc, situation qui ne tient pas compte des données sociolinguistiques et pédagogiques environnantes.

Les contenus ainsi que le cursus tracés dans les Orientations Pédagogiques (2007 pour le lycée) sont très poussés et leurs ambitions semblent proches des enjeux du français langue maternelle<sup>21</sup>. Les besoins linguistiques individuels et collectifs réels sont différents; ce qui traduit un certain risque d'aliénation et donc un fort taux d'échec scolaire. L'effort de contextualisation et de localisation semble faire défaut.

De ce fait, et contrairement à la nécessité de susciter la motivation en agissant sur la possession de stratégies pour donner une plus grande autonomie à l'apprenant, ce document officiel d'enseignement de la langue française n'adopte pas

---

<sup>19</sup> Tardif J., 1997, La construction des connaissances, les consensus, Pédagogie collégiale, p. 14

<sup>20</sup> Gardner R., 1985, Social Psychology and Second Language Learning : The Role of Attitude and Motivation, Edward Arnold, London, p. 85

<sup>21</sup> Miled M., janvier 2011, Le Français dans le monde, Contextualiser l'élaboration d'un curriculum de français langue seconde : quelques fondements épistémologiques et méthodologiques, pp 64-75

l'enseignement explicite de stratégies et ne stipule point de directive méthodologique d'enseignement de la discipline allant dans ce sens.

Le discours sur une bonne liberté accordée aux praticiens dans le texte mentionné<sup>22</sup> comme l'une des entrées essentielles du programme de la langue française au lycée n'était pas accompagnée d'un niveau procédural étayant les mécanismes d'atteindre cette liberté. Hors un tel outillage, il paraît difficile de miser sur les stratégies créatives des enseignants pour garantir un travail motivant et autonomisant l'apprenant.

#### 4.2 LA NATURE DES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES

Si la littérature pédagogique insiste sur l'importance des activités d'apprentissage et incite à les diversifier, à les enrichir et à les renouveler afin de susciter l'intérêt et la curiosité des apprenants, la réalité de la salle de classe dresse un sombre tableau à cet égard.

La décision éducative quant à l'apprentissage de cette discipline dans ce cycle semble sacrifier la diversité insinuée au profit d'une portée littéraire assez patente. Loin de toute évaluation, qui d'ailleurs semble ne pas avoir lieu jusqu'à présent, il s'agit d'un remaniement qui, au lieu de reconforter les praticiens ne serait-ce que par l'élaboration de guides d'usage, leur a confié le soin de planifier et de réaliser les projets organisant des apprentissages. Cependant, la pratique en classe montre que les activités proposées semblent en nette difficulté à asseoir les nouvelles orientations qui, si elles prétendent faire le bonheur des enseignants, semblent intéresser peu les apprenants.

La mobilisation de textes littéraires est souvent mise à profit pour étudier des concepts grammaticaux et rhétoriques ou pour étudier la structure narrative et des contenus similaires; des contenus qui s'écartent souvent du fonctionnalisme comme une donnée plus urgente. De plus, ces activités en termes de formulation ne posent pas de défis à l'apprenant, car elles sont souvent formulées selon un modèle stéréotypé fermé et qui ne prend pas en compte ni la diversité de structures ni celle des sens. De tels modèles sont ainsi fermés puisqu'ils ne tirent profit du paradigme pluraliste basé sur la multiplicité des intelligences, des méthodes de formulation et des principes de gradation et de diversification. Aussi, ces activités ne mobilisent pas les qualités et les capacités des apprenants et ne suscitent pas un intérêt à être créatifs.

#### 4.3 MODÈLES DE TRAVAIL ET INTERDISCIPLINARITÉ

La surcharge des effectifs dans les classes, résultat d'un enseignement de masse, est l'un des obstacles les plus éminents à tout travail d'épanouissement. L'ingénierie des activités ne tient pas compte de l'importance d'interagir avec les autres et de celle de coopérer avec eux pour accomplir des tâches. L'organisation physique de l'espace est fléchée à la dualité espace-densité; ce qui n'aide pas à adopter le travail de groupe comme un moyen permettant de provoquer le conflit sociocognitif combien utile à tout apprentissage.

De même, les consignes de travail participent à créer l'aversion. Le brouillage, tantôt linguistique tantôt procédural, réduit le taux d'implication et même d'attention, l'obsession du praticien à gérer la situation en classe fait passer assez d'efforts sous silence et l'absence de retour d'évaluation immédiat rendent le processus de motivation assez difficile.

D'autre part, la perméabilité apporte assez de diversité et de richesse à l'acte d'enseigner, toutes disciplines confondues. Plus l'activité mobilise des connaissances de divers horizons et domaines, plus elle devient source d'intérêt. Les élèves à intérêts cognitifs différents peuvent en profiter pleinement. A cet égard, une partie importante des professeurs ont du mal à abandonner leurs zones de confort et n'ose donc pas s'aventurer, ce qui engendre des attitudes parfois dogmatiques négligeant ainsi de soulever les ramifications du sujet à l'étude et à l'analyse dans d'autres champs disciplinaires si besoin est.

De ce fait, les cours de français sont soumis à l'autorité et aux connaissances de l'enseignant au sein d'une classe spécialisée dans laquelle les barrières entre les matières sont renforcées et les structures méthodologiques sclérosées et monotones qui refusent de prendre des risques en pensant à des noyaux de travail en commun dans lesquels les intersections sont investies avec souplesse. Faut-il rappeler que la nature de la langue française en tant que support véhiculant des valeurs et en tant que langue de communication permet une belle ouverture qui renforce les incitations à l'acquisition.

<sup>22</sup> MEN, Orientations Pédagogiques, Novembre 2007, Rabat

#### **4.4 LE CLIMAT DE TRAVAIL**

L'ambiance de travail que le professeur crée dans la classe est étroitement liée à l'excitation de la motivation et il n'est point besoin de souligner la profondeur de l'influence du style de leadership sur le climat émotionnel. La classe n'est pas seulement un espace d'enseignement, mais un champ d'interactions et un réseau de relations émotionnelles diverses (haine, sympathie, discorde, attirance...). La classe d'enseignement du français au lycée marocain est caractérisée par l'hésitation ou la peur de prendre la parole face aux attitudes souvent « puristes » des enseignants. L'obsession de s'exprimer dans une langue exempte d'erreurs rend tout nouvel apprentissage une véritable source d'inquiétude. Et l'appréhension, au lieu de faire de l'apprenant l'acteur de ses apprentissages, freine ses désirs et même sa motivation et noie la situation dans des relations répulsives, agressives et haineuses.

Dans le meilleur des cas, la participation de l'apprenant à l'expression consiste à remâcher des mots ou des phrases courtes complémentaires au discours du professeur. Que des pots-de-vin de paroles insérées dans le discours professoral.

L'ambiance de travail empoisonnée et empoisonnante fait émerger deux constats qui ne favorisent pas l'adhésion des apprenants: d'une part, un système autoritaire où l'enseignant domine dans le cadre d'une relation autocratique qui oblige l'apprenant à se conformer aux consignes et à se soumettre aux valeurs de respect du système, et de l'autre, un déplacement de focalisation qui place le contenu et la méthode au cœur du travail et de l'attention au détriment de la motivation intégrée de l'élève.

#### **4.5 LES PRATIQUES ÉVALUATIVES**

En plus des activités d'apprentissage et de leur impact sur la motivation, les modèles et mécanismes d'évaluation ont des rôles qui renforcent ou inhibent la motivation de l'apprenant. La pratique pédagogique du processus d'évaluation de la langue française au secondaire qualifiant porte principalement sur les connaissances acquises. Le contrôle continu tel que le stipule la note ministérielle 142-05<sup>23</sup>, cible les composantes de compréhension et de langue d'une part, et la production écrite d'autre part, est soumis à un processus de quantification des résultats qui examine les connaissances ponctuelles des apprenants au détriment de leur travail longitudinal durant tout le processus. Ce système d'évaluation sert principalement les meilleurs éléments du point de vue mémoire. Ce qui s'applique au contrôle continu s'applique également à l'examen régional de la première année du baccalauréat<sup>24</sup>. Les mécanismes de correction (correction, critères de notation) tels qu'ils sont effectivement préparés, et tels qu'ils sont formulés dans le document cadre de référence, ne reconnaissent pas, dans leur formulation, le chemin que l'apprenant emprunte pour répondre à la question, mais considèrent plutôt le résultat qui punit l'erreur et ne tient pas compte de ce que l'apprenant investit dans ses réponses. Le produit l'emporte donc sur le processus de production. Cette pratique se reflète négativement sur l'aspect relationnel au sein de la classe, car les bons apprenants reçoivent souvent beaucoup d'attention et de motivation de la part du professeur et de ses collègues, tandis que les défailants deviennent vulnérables à la marginalisation. Nous n'avons pas prévu de questions quant à l'impact de cet aspect dans la prolifération de quelques attitudes réactionnaires telles la violence, la partialité ou encore la tricherie.

### **5 CONCLUSION**

Le concept de motivation est l'un des piliers fondamentaux pour expliquer une grande partie du comportement humain dans la vie en général. L'apprentissage des langues en général et de langue française en particulier tire profit du concept comme élément indispensable à investir pour impliquer l'apprenant à construire son parcours et à lui donner sens.

Pour vérifier cette hypothèse, Nous avons scruté la relation entre le degré d'investissement de ce concept et la qualité d'apprentissage du français au cycle secondaire qualifiant marocain.

La situation brossée est marquée par beaucoup de crise, d'où une efficacité et une rentabilité assez faibles dans un environnement éducatif, culturel et socio-économique qui se transforme et se développe; le déficit cruel en matière de compétences langagières témoignant. La faiblesse de la pratique en classe dépend de l'incapacité de la pratique professorale à accéder à la mentalité et au psychisme de l'enfant.

---

<sup>23</sup> MEN, 2007, Note ministérielle 142-05 relative à l'évaluation pédagogique au cycle secondaire qualifiant pour la discipline de la langue française

<sup>24</sup> MEN, 2010, L'examen normalisé régional pour l'obtention du baccalauréat, cadre de référence de langue française, Rabat.

La réalité de la situation révèle que l'apprenant, à son entrée, porte en lui une histoire marquée par des perceptions et des représentations vis-à-vis de la langue française en général, et de son utilité dans ce cycle en particulier. Laquelle réalité étant le produit d'un cheminement pédagogique fait d'échecs plus que de réussites, peuplé de modèles stéréotypés et de préjugés, d'attitudes occultant les besoins estudiantins qui régissent l'apprentissage de cette langue.

Pourtant, la motivation, à elle seule, paraît incapable de donner un nouveau souffle au processus éducatif. Loin d'être la raison dont l'absence explique toutes les manifestations d'échec scolaire dans le système éducatif, elle peut, une fois prise grandement en considération, enclencher des remaniements et des mesures passibles de renouer avec une école de qualité.

Nous réitérons, donc, le besoin de rassurer d'abord avant d'aspirer à briller de mille feux. Une école qui voudrait rassurer se met en permanence à l'écoute de ses « clients » non point pour les convoyer mais, bien mieux, pour ployer leurs besoins et leurs attentes aux souhaits de sa noble démarche. La noblesse de sa mission, dès qu'elle s'y attèle, motive ce choix et écarte le sens contraire.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a pu avoir lieu grâce au soutien exemplaire de nos aimables familles, à l'encouragement de nos respectueuses directrices de thèses et à la collaboration des praticiens enquêtés et leurs aimables apprenants. À toutes et à tous, nous exprimons nos remerciements les plus obligeants.

## REFERENCES

- [1] E. A. Peel, Fondements psychologiques en éducation, Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 1967.
- [2] Fraisse, P. § Piaget, J., Traité de psychologie expérimentale V, Paris, PUF, 3<sup>ème</sup> édition 1975.
- [3] Nuttin, J., Théorie de la motivation humaine, Paris, PUF, 1980.
- [4] Vianin P., La motivation scolaire: comment susciter le désir d'apprendre ?, Bruxelles, De Boeck, 2006.
- [5] Viau R., La motivation en contexte scolaire, Bruxelles, De Boeck, 2007.
- [6] Benoît G., « La motivation en situation d'apprentissage: les apports de la psychologie de l'éducation », in Revue française de pédagogie N° 155, 2006.
- [7] Crookes G., Schmidt R., Motivation: Reopening the research agenda, Language Learning, 1991.
- [8] Gardner R., Social Psychology and Second Language Learning: The Role of Attitude and Motivation, Edward Arnold, London, 1985.
- [9] Miled M., Le Français dans le monde, Contextualiser l'élaboration d'un curriculum de français langue seconde: quelques fondements épistémologiques et méthodologiques, janvier 2011.
- [10] Tardif J., La construction des connaissances, les consensus, Pédagogie collégiale, 1997.
- [11] Raynal F., Rieunier A., Pédagogie, dictionnaire des concepts clés: apprentissages, formation, psychologie cognitive, ESF, 2018.
- [12] Dictionnaire Larousse, 2013, entrée 'Motivation'.
- [13] Dictionnaire Le Petit Robert, 2012, entrée 'Motivation'.
- [14] MEN, Orientations Pédagogiques, Rabat, Novembre 2007.
- [15] MEN, Note ministérielle 142-05 relative à l'évaluation pédagogique au cycle secondaire qualifiant pour la discipline de la langue française, Rabat, 2007.
- [16] MEN, L'examen normalisé régional pour l'obtention du baccalauréat, cadre de référence de langue française, Rabat, 2010.
- [17] Dictionnaire lexicologos en ligne, consulté le 07 Septembre 2022.
- [18] P.PICHOT, Les tests mentaux, p.76 dans FOULQ. 1971 consulté sur Lexicologos en ligne le 16 Janvier 2023.

## Plantes médicinales utilisées dans le traitement des affections fréquentes par les producteurs de cacao de Séria et leurs familles (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

### [ Medicinal plants used to treat common diseases by Séria cocoa farmers and their families (Centre-West, Côte d'Ivoire) ]

*Kouadio N'Dah Kouamé Cyriac<sup>1</sup>, Koulibaly Annick<sup>1</sup>, Diomande Valouthy Paul-Alex<sup>1</sup>, Dramane Koffi Bakari<sup>2</sup>, Diaby Fatoumata<sup>1</sup>, and Boko Brou Bernard<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 Ivory Coast, plant-based medicine is the mainstay of primary healthcare for the majority of the population, thanks to its geographical, economic and cultural accessibility. As with this population, cocoa farmers in the Daloa region and their families continue to use plant species from the surrounding environment or their cocoa agroforestry systems on a daily basis for their health care. Despite its importance, this medicinal phytodiversity is threatened with extinction by the dynamic expansion of cocoa plantations and maintenance activities. The aim of our study is to contribute to a better understanding of the medicinal flora used by cocoa growers. Ethnobotanical surveys of 100 growers and their families showed that they suffer from 38 diseases, of which malaria, hemorrhoids, general fatigue, stomach ulcers and typhoid fever are the most common. The medicinal flora used is rich in 21 species divided into 20 genera and 17 families. It is collected mainly from fallow land and cocoa agroforestry systems. The health profile of producers and their families could help guide decisions to improve their living conditions. In addition, the results of this study could contribute to better preservation of medicinal flora in cocoa agroforestry systems in the current context of the biodiversity crisis.

**KEYWORDS:** Phytodiversity, Technobotanical, Cocoa, Producers' health, Daloa.

**RESUME:** En Côte d'Ivoire, le recours à la médecine par les plantes constitue le pilier des soins de santé primaire pour la majorité de la population grâce à son accessibilité géographique, économique et culturelle. A l'instar de cette population, les producteurs de cacao de la région de Daloa et leurs familles continuent d'utiliser quotidiennement les espèces végétales des milieux environnants ou de leurs systèmes agroforestiers à cacaoyers pour assurer leurs soins de santé. Malgré son importance, cette phytodiversité médicinale est menacée de disparition par la dynamique d'extension des plantations de cacaoyers et les activités d'entretien. Notre étude s'est fixée donc pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance de la flore médicinale utilisée par les producteurs de cacaoyers. Les enquêtes ethnobotaniques réalisées auprès de 100 producteurs et leurs familles ont montré qu'ils souffrent de 38 affections dont le Paludisme, les Hémorroïdes, la Fatigue générale, les Ulcères à l'estomac, la Fièvre typhoïde sont les plus fréquentes. La flore médicinale utilisée est riche de 21 espèces réparties entre 20 genres et 17 familles. Elle est collectée majoritairement dans les jachères et les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Le profil sanitaire des producteurs et leurs familles pourrait permettre de mieux orienter les décisions d'amélioration de leurs conditions de vie. De plus, les résultats de cette étude pourraient contribuer à une meilleure préservation de la flore médicinale dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers dans le contexte actuel de la crise de la biodiversité.

**MOTS-CLEFS:** Phytodiversité, Ethnobotanique, Cacao, santé des producteurs, Daloa.

## 1 INTRODUCTION

Le recours à la médecine par les plantes demeure toujours attractif dans les pays d'Afrique, particulièrement pour traiter les déséquilibres entraînés par la vie moderne, qu'il s'agisse du stress ou des problèmes de poids [1]. En effet, l'efficacité de la phytothérapie est prouvée et ses bienfaits incontestables pour la santé a permis à la médecine naturelle d'entrer dans les habitudes des populations [2]; [3]. En Afrique de l'Ouest, l'utilisation des plantes en médecine connaît un essor sans précédent et constitue le pilier des soins de santé primaire pour la majorité de la population grâce à son accessibilité géographique, économique et culturelle [4]; [5]; [6].

En Côte d'Ivoire, premier producteur mondial de fèves de cacao, la phytodiversité médicinale est menacée par la dynamique d'extension des plantations de cacaoyers. En effet l'intensification de la cacao-culture entraîne la réduction drastique des forêts et la perte conséquente de la biodiversité [7]; [8]; [9]. Malgré cette réalité, des travaux antérieurs ont signalé la présence des plantes médicinales dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de la région de Daloa, à l'Ouest du pays [10], [11], [12], [13]. Les producteurs de cacao de cette région associeraient des espèces ligneuses médicinales aux pieds de cacaoyer. Ceci leur permettrait d'assurer la disponibilité de ces espèces pour leurs soins de santé. Cependant, l'importance de cette flore médicinale pour la santé des producteurs et pour leurs familles demeure peu connue. Cette information pourrait permettre de mieux préserver les espèces médicinales et assurer la performance de la force vive agricole pour la production cacaoyère [14]; [10]; [15]; [13]; [16].

Ainsi, notre étude s'est fixée pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance de la flore médicinale utilisée par les producteurs de cacaoyers. Plus spécifiquement, il s'agira d'identifier les affections touchant les producteurs, de caractériser la flore médicinale impliquée et de décrire les méthodes de traitement des affections.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans la localité de Séria située dans la région du Haut Sassandra (Figure 1). Elle a pour coordonnées géographiques 06°46'36.0 de latitude Nord et 006°23'30.4 de longitude Ouest. Séria est situé à 15 km de Daloa, chef-lieu de région et bénéficie des mêmes caractéristiques biophysiques. Ainsi la localité bénéficie d'un régime pluviométrique subéquatorial avec deux saisons, une sèche et une pluvieuse [17]; [18]; [19]. La température moyenne annuelle est de 26,47 °C et la précipitation moyenne annuelle est de 930,60 mm de pluie [20]. Elle est située dans une zone de forêt dense semi-décidue à *Celtis* spp et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile [19]. Les activités génératrices de revenu sont dominées par l'agriculture avec les cultures de rente pérennes telles que le café, l'hévéa, le palmier à huile et le cacao. Estimée à 1873 habitants, Séria dispose d'un centre de santé rural (dispensaire) pour la prise en charge sanitaire de la population [21].

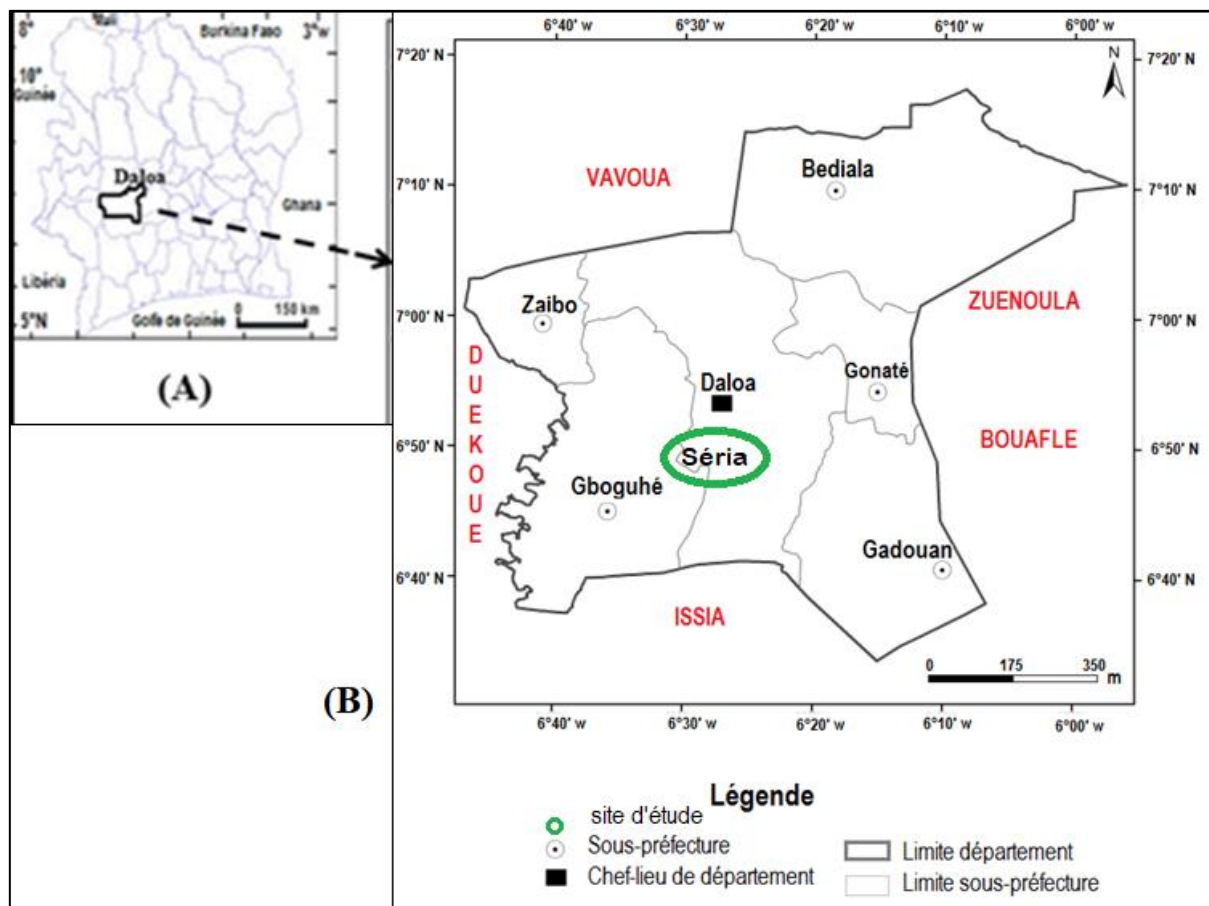


Fig. 1. Localisation du site d'étude en Côte d'Ivoire. (A): région du Haut-Sassandra; (B): Site de collecte des données (source: [22] modifiée)

## 2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Dans cette étude, des entretiens semi-directifs ont été réalisés en se basant sur un questionnaire préétabli auprès de 100 producteurs de cacao dans la localité de Séria sur la base des critères de choix suivants: disponibilité des producteurs dont l'âge est supérieur ou égale à 20 ans. En effet, à cet âge ces personnes développent déjà une connaissance de l'usage des plantes et peuvent mieux en parler [23]. Accompagné d'un guide traducteur, les questions ont été posées en français et en langue pour les interlocuteurs ne parlant pas le français. Les informations recueillies auprès des enquêtés ont porté, sur les Affections, les espèces médicinales, les organes des plantes utilisés, les techniques de préparation des médicaments traditionnels et les lieux de collecte. Des prélèvements de plantes ont été effectués au cours des interviews ou des jours après, sur rendez-vous et ont été mis en herbier.

## 2.3 ANALYSE DES DONNÉES

La fréquence d'apparition ou de citation de chaque affection a été calculée à l'aide de la formule utilisée par les références [24], [25], [11] et [13]

$$FC = \frac{\text{Nombre de personnes ayant cité l'affection}}{\text{Nombre total de personnes interrogées}} \times 100$$

Le niveau de fréquence de chaque affection a été apprécié selon l'échelle adoptée par référence [26] qui se présente comme suit:

- FC < 5%: Affection moins fréquente;
- 5% ≤ FC < 15%: Affection fréquente;
- FC ≥ 15%: Affection très fréquente

## 2.4 CARACTÉRISATION DE LA FLORE MÉDICINALE UTILISÉE PAR LES PRODUCTEURS ET LEURS FAMILLES

La liste des espèces a été dressée selon la nomenclature de référence [27] et [28]. La richesse floristique qui fait référence aux espèces citées, à leur répartition par familles, par genres, par types biologiques et chorologiques a été obtenue à partir de la synthèse des listes floristiques issues des entretiens. Les types biologiques sont assignés à référence [29] tandis que les affinités phytogéographiques se réfèrent à référence [30] et [31], [32], [33].

A l'aide de l'option tableau croisé dynamique du tableur Excel 2016, la proportion en espèce par familles, par types biologiques et par types chorologiques a été calculée.

## 2.5 DÉTERMINATION DES LIEUX DE COLLECTE ET DESCRIPTION DES MODES D'USAGE DES ESPÈCES MÉDICINALES

A l'aide de l'option tableau croisé dynamique du tableur Excel 2016, la proportion en espèce par lieu de collecte, par organe utilisée, par mode de préparation et par mode d'administration a été calculée. Ces valeurs traduisent la connaissance empirique liée à l'aire de distribution et l'usage d'une espèce médicinale.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 AFFECTIONS TOUCHANT LES PRODUCTEURS ET LEURS FAMILLES

L'analyse des données de l'enquête sur le type d'affections touchant les producteurs et leurs familles a révélé l'existence de 38 affections (figure 2). Parmi ces affections, huit (08) ont été plus fréquentes contre et 25 moins fréquentes. Les affections plus fréquentes sont le Paludisme (FC = 83 %), les Hémorroïdes (FC = 76 %), les Douleurs lombaires (FC = 73%), la Fatigue générale (FC = 70 %), les Ulcères à l'estomac (FC = 65 %), les Douleurs articulaires (FC = 53 %), la Fièvre typhoïde (FC = 49 %) et les Céphalées (FC = 28 %).

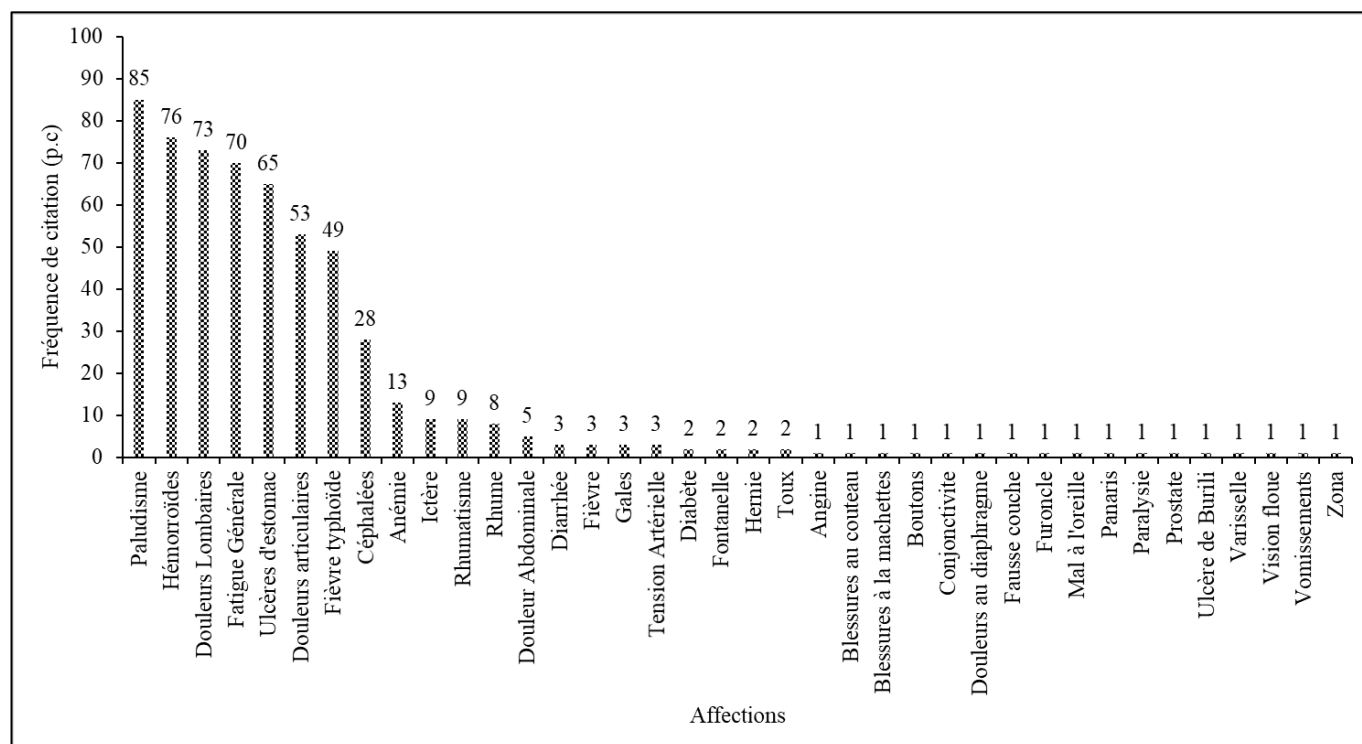


Fig. 2. Fréquence des affections rencontrées par les producteurs de Séria et leurs familles

### 3.2 CARACTÉRISTIQUES DE LA FLORE MÉDICINALE UTILISÉE PAR LES PRODUCTEURS ET LEURS FAMILLES

21 espèces médicinales ont été utilisées par les producteurs et leurs familles pour traiter les affections rencontrées (Annexe 1). Ces espèces se répartissent entre 20 genres et 17 familles botaniques dominées en nombre d'espèces par les Rubiaceae (14,29 %), les Bignoniaceae (9,52 %) et les Euphorbiaceae avec 9,52 % (figure 3). La répartition des espèces selon le type biologique a permis d'enregistrer quatre types biologiques dominé par les mésophanérophytes à 68,75 % (figure 4). La distribution des espèces selon les zones phytogéographiques révèle que 37,5%, des espèces viennent de la zone Guinéo-Congolaise (GC) (figure 5) et 31,25% introduite (i) parmi les catégories les plus dominantes. Les espèces de la zone Soudano-Zambéziennes sont les moins représentés (6,25%).

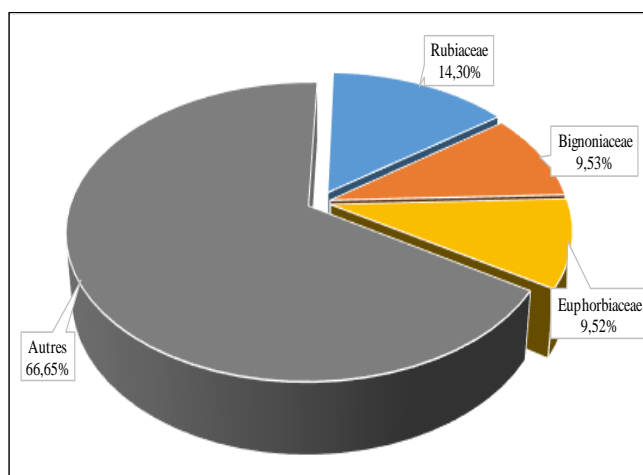


Figure 3 : Familles botaniques des espèces médicinales

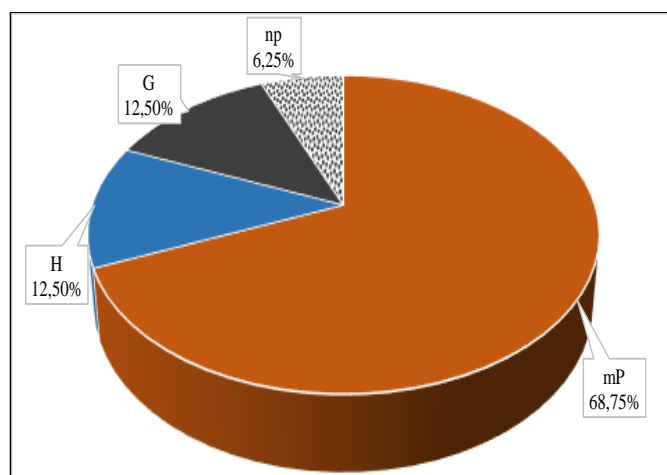


Figure 4 : Types biologiques des espèces médicinales  
mP : Mésophanérophytes ; H : Hépiphytes ; G : Géophytes ; np : Nanophanérophytes

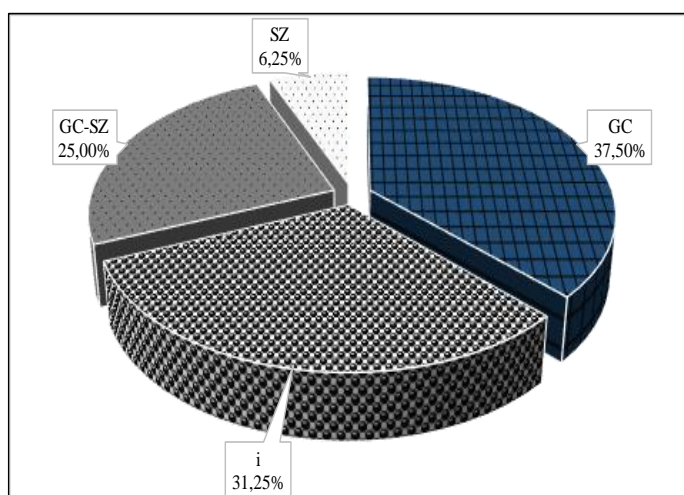


Figure 5 : Distribution phytogéographique des espèces médicinales  
GC : Guinéo-Congolais ; i : introduite ; GC-SZ : Guinéo-Congolais et Soudano-Zambézienne ; SZ : Soudano-Zambézienne

### 3.3 LIEUX DE COLLECTE

Cette flore médicinale utilisée par les producteurs et leurs familles a été collectées dans quatre lieux différents: jachères, cacaoyères, habitations (autour des habitations) et dans les champs de vivriers (figure 6). 56,25% des espèces sont collectées dans les jachères, 50% dans les cacaoyères et 18,75% dans les champs de vivriers et les habitations.

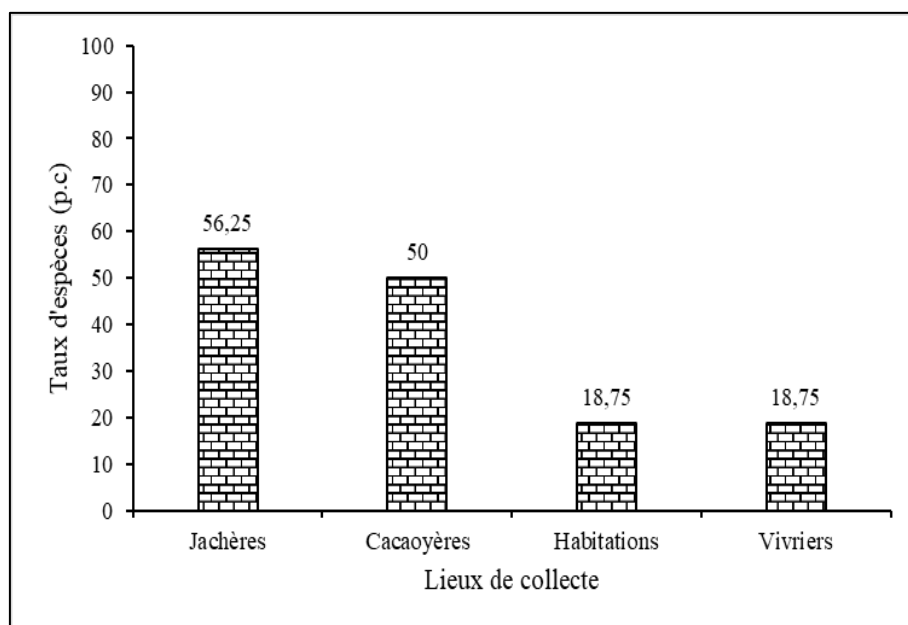


Fig. 6. Lieux de collecte des espèces médicinales

### 3.4 USAGES DES ESPÈCES MÉDICINALES

Les producteurs et leurs familles prélèvent cinq types d'organes sur les plantes médicinales. Il s'agit des feuilles, des écorces, des racines, des fruits et des tubercules (figure 7). Parmi les organes, les feuilles sont les plus collectées (75%). Elles sont suivies des écorces (25%) et des racines (12,5%). L'utilisation de ces organes a nécessité six (06) modes de préparation que sont la décoction, le broyage, le malaxage, l'infusion, en forme de crème et sous forme pilé (figure 8). La décoction des organes (75%) est le mode de préparation le plus utilisé. Ensuite vient le broyage (25%) et le malaxage (18,75%). Les recettes obtenues des organes après préparation sont administrées sous sept (07) façons (figure 9). Les modes d'administrations les plus utilisés sont la boisson (56,25%) et le Bain (31,25%).

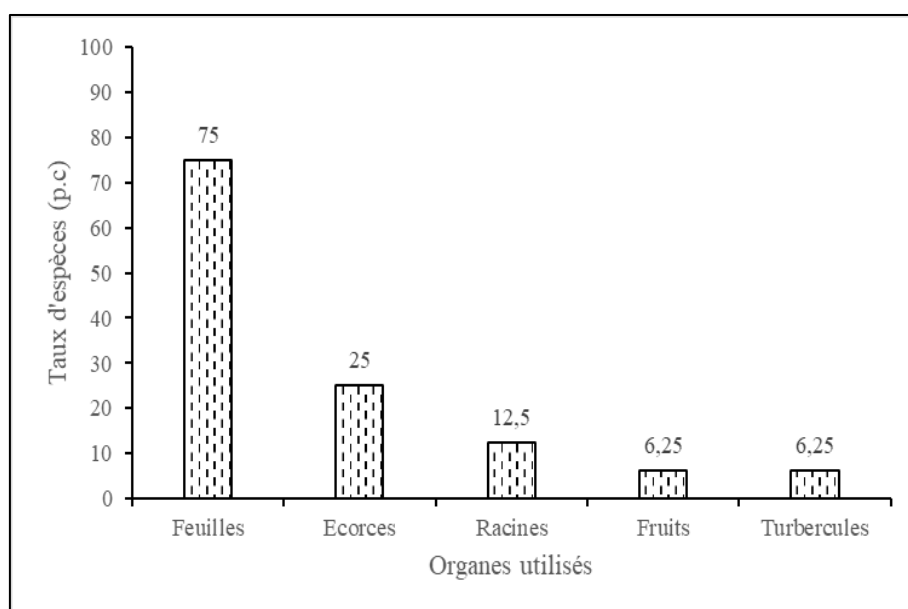


Fig. 7. Organes utilisées

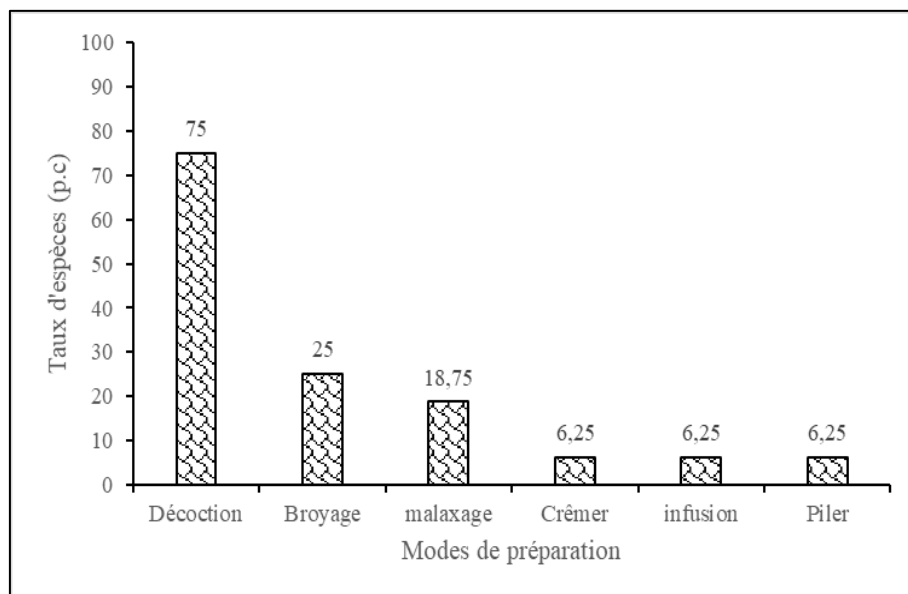


Fig. 8. Modes de préparation des recettes

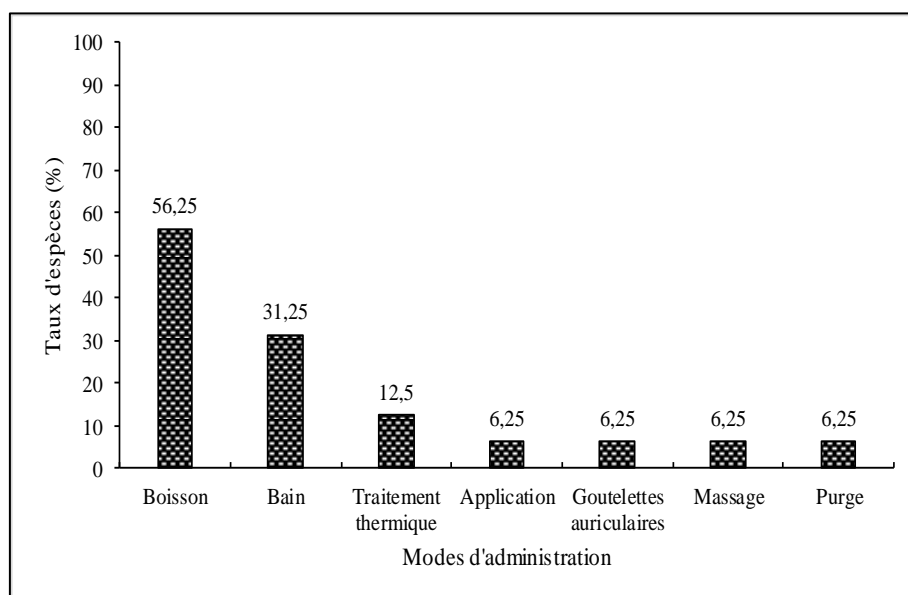


Fig. 9. Modes d'administration des recettes

#### 4 DISCUSSION

Les espèces médicinales citées par les producteurs et leurs familles ont été utilisées pour traiter 38 affections dont les plus fréquentes sont le Paludisme, les Hémorroïdes, les Douleurs lombaires, la Fatigue générale, les Ulcères à l'estomac, les Douleurs articulaires, la Fièvre typhoïde et les Céphalées. La dominance du Paludisme, des Hémorroïdes, des Ulcères à l'estomac et de la Fièvre typhoïde a été signalée par plusieurs études dans la région de Daloa [5]; [26]. Ces maladies sont souvent associées aux conditions de vie précaires pouvant entraîner une baisse de la performance des producteurs et des revenus surtout en milieu agricole [34]; [35]; [36].

Les producteurs de Séria et leurs familles ont eu recours à 21 espèces qui se répartissent entre 20 genre et 17 familles botaniques pour traiter leurs affections. Ces espèces sont entre autre, pour le paludisme, les hémorroïdes et la fièvre typhoïde: *Albizia ferruginea*, *Passiflora foetida*, *Spathodea campanulata*, *Vernonia amygdalina*, *Vitellaria paradoxa*, *Alchornea cordifolia*, *Alstonia boonei*, *Morinda lucida*, *Musa paradisiaca* et *Nauclea diderrichii*. Le nombre d'espèces médicinales citées est inférieur

à celui obtenu par référence [5] dans la ville de Daloa et ses environs, ainsi que celui de référence [6] et [26] dans la sous-préfecture de Gonaté. La variation du nombre d'espèces serait due à la disponibilité et l'accessibilité des espèces dans les milieux. Cependant, la plupart des espèces citées se retrouvent dans les listes floristiques de travaux antérieurs telles que *Albizia ferruginea*, *Alchornea cordifolia*, *Ananas comosus*, *Carica papaya*, *Dioscorea alata*, *Manihot esculenta*, *Morinda lucida* et *Musa paradisiaca*, *Alchornea cordifolia* et *Elaeis guineensis* [37]; [5]; [38]; [6]; [26].

Les espèces médicinales utilisées pour traiter les 38 affections sont collectées majoritairement dans les jachères (56,25%) et dans les SAF à cacaoyers (50%). La dominance de ces lieux serait due au fait qu'ils constituent les lieux de refuge et de préservation des espèces [8]; [19]; [15]; [11]; [12]; [13]; [39].

Les feuilles (75%), les écorces (25%) et les racines (12,5%) sont les organes les plus utilisés pour la confection des recettes. La forte utilisation de ces organes serait due à leur disponibilité continue dans le temps et leur efficacité dans le traitement d'une affection [40], [41], [42], [26]. Cette connaissance endogène a été scientifiquement prouvée lors des études phytochimiques sur certains organes des espèces médicinales. Référence [43], [44] et [25] ont montré que les feuilles constituent le lieu de stockage des métabolites secondaires responsables des propriétés chimiques de la plante. Les parties des plantes sont majoritairement décoctées (75%) et broyées (25%). Ils sont administrés fréquemment en boisson (56,25%) ou en bain (31,25%). Ce résultat est similaire aux travaux de référence [45], [38] et [26] qui ont montré que la boisson est la forme pharmaceutique la plus sollicitée.

## **5 CONCLUSION**

Les producteurs de cacao de la localité de Séria et leurs familles souffrent de 38 affections. Le Paludisme, les Hémorroïdes, les Douleurs lombaires, la Fatigue générale, les Ulcères à l'estomac, les Douleurs articulaires, la Fièvre typhoïde et les Céphalées sont les affections les plus fréquentes. Pour traiter ces affections, ils utilisent une flore médicinale riche de 21 espèces réparties entre 20 genres et 17 familles. Ces espèces sont collectées majoritairement dans les jachères et les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Les feuilles et les écorces sont les parties les plus utilisées pour la confection des recettes. La boisson demeure le mode d'administration dominant. Le profil sanitaire des producteurs et leurs familles pourrait permettre de mieux orienter les décisions d'amélioration de leurs conditions de vie. Les résultats de cette étude pourraient contribuer également à une meilleure préservation de la flore médicinale dans les SAF à cacaoyers dans le contexte actuel de la crise de la biodiversité.

## **REMERCIEMENTS**

Nos remerciements vont à l'endroit du Groupe de Recherche InterDisciplinaire en Agroforesterie (GRIDA) pour le soutien financier et moral lors de la réalisation de cette étude. Nous exprimons notre reconnaissance aux responsables de la Société Coopérative Agricole Elié-Tikpa de Daloa (SCAETD), qui ont facilités les échanges avec les producteurs de cacao. Des remerciements chaleureux à l'endroit des producteurs de Séria pour leur disponibilité.

## **REFERENCES**

- [1] Adomou A.C., Yedomonhan H., Djossa B., Legba S. I., Oumorou M. Et Akoegninou A. (2012). Etude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 6 (2): 745-772.
- [2] Dongock N.D., Bonyo L.A., Mapongmestem P.M, Bayegone E. (2018). Etude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 (1): 203-216.
- [3] Effe S., Gbekley E.H., Mélila M., Aban A., Tchacondo T., Osseyi E., Karou D.S. & Kokou K. (2020). Étude ethnobotanique des plantes alimentaires utilisées en médecine traditionnelle dans la région Maritime du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 14 (8): 2837-2853.
- [4] OMS, (2002). - Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005, WHO/EDM/TRM/2002, Genève: 65 p.
- [5] Koulibaly A., Kouamé D., Grogga N., Kouassi K. E., Bakayoko A. & Porembski S. (2016). Floristic characteristics of the mosaic and how forest progress on savanna in the Lamto Reserve region (Côte d'Ivoire). 2016. *International Journal of Development Research*, 6 (5): 7792-7799.
- [6] Dro B., Coulibaly S., Kouassi K.M., et Salla M. (2021), Usages ethnobotaniques des plantes par les populations de la Sous-Préfecture de Gonaté (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 34 (2), pp. 369-379.

- [7] Delvaux C, Sinsin B, Van Damme P, Beeckman H, Van Damme P. (2010). Wound reaction after bark harvesting: microscopic and macroscopic phenomena in ten medicinal tree species (Benin). *Trees*, 24 (5): 941–951.
- [8] Koulibaly A., Kouamé F., Traoré., Porembski S., (2010). Structure et régénération de la végétation ligneuse, le long de transect forêts-savanes, dans la région de la réserve de Lamto (Côte d'Ivoire). *Annales de Botanique de l'Afrique de l'Ouest*, vol. 6, pp. 56-72.
- [9] Cissé A., Ouattara M., N'guessan E. A., Abrou N. E. J., (2020). Diversité végétale et usages des plantes dans une zone de savane soudanienne: Cas de la localité de Ferkessédougou (Nord, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 14 (8): 2807-2825.
- [10] Koulibaly A. 2019. Développement agricole durable: la phytodiversité comme outil de gestion des plantations de cultures de rente en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, (8): 138-149.
- [11] Diomandé V.P.A, Koulibaly A., Voui bi B.N.B, Boko B.B, Dramane K.B., Kouadio N.K.C & Traore K (2021). Stratégie paysanne de préservation de la flore ligneuse associée dans les plantations de Cacaoyer de la zone cacaoyère de Djekro (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 33 (1): 29 - 39.
- [12] Kouadio N.K.C., Koulibaly A, Coulibaly S., Boko B.B., Dramane K.B., Diomandé V.P.A, Kouadio Y.J. (2021). Potentiel de régénération naturelle des espèces ligneuses associées dans les agrosystèmes cacaoyers traditionnels de la zone rurale de Djekro (Daloa, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*. 33 (1): 97 - 108.
- [13] Boko B.B., (2022). Contribution des agrosystèmes cacaoyers à la conservation de la biodiversité et au stockage de carbone dans la région de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Mention: Ecologie, Biodiversité et Evolution, Spécialité: Ecologie Végétale à l'Université Jean Lorougnon Guédé en Côte d'Ivoire. pp 210.
- [14] Audibert M., Brun J.F, Mathonnat j. Henry M.C. (2009). Effets économiques du paludisme sur les cultures de rente: l'exemple du café et du cacao en côte d'ivoire. *Revue d'économie du développement*, 1 (17): 145-166.
- [15] Bamba I., Golou G. Z., Kambiré B., Yao C. S. & Barima. Y. S. S. (2019). Agrosystèmes et Conservation de la Diversité Végétale dans la Périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), *European Journal of Scientific Research* pp.443 -457.
- [16] Kouadio Y.J.C., Kpangui K. B., Yao N. O., Tiébré M.S., Ouattara D., et N'Guessan K.E. (2020). Disponibilité des plantes utilitaires dans la zone de conservation de biodiversité du barrage hydroélectrique de Soubré, Sud-Ouest, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 16 (6): 65 - 74 65.
- [17] Eldin M., 1971. Le climat. In: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, 50, Paris France, pp 73-108.
- [18] Declert C. (1990). Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale: cultures de Côte d'Ivoire. 333p.
- [19] Koffie-Bikpo C. Y. & K.S. Kra. (2013). La région du haut Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en côte d'ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2: 95-103.
- [20] Anonyme (2020). Source des données de SODEXAM (Société d'exploitation de développement aéroportuaire aéronautique météo). Station de Daloa.
- [21] INS. (2014). Données socio-démographiques et économiques des localités. Institut National de la Statistique: Résultats définitifs par localité: Région du Haut-Sassandra. Recensement général de la population et de l'habitat. 26p.
- [22] Boko B. B. Koulibaly A. Amon-Anoh D. E. Dramane K.B. M'Bo K.A.A. Porembski S. 2020.« Farmers Influence on Plant Diversity Conservation in Traditional Cocoa Agroforestry Systems of Côte D'Ivoire» *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 6 (12), pp. 1-11, <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0612001>.
- [23] Rachida M. & Azzedine K., 2007. Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène: cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira) « *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, section Sciences de la Vie, 29: 11–20.
- [24] Ladoh-Yemeda C.F., Vandi D., Dibong S.D., Mpondo M.E., Wansi J.D., Betti J.L., Choula F., Ndongo D. & Tomedi E.M. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales commercialisées dans les marchés de la ville de Douala, Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 99: 9450 – 9468.
- [25] Orsot B. Arobia M.B. Coulibaly K., Sanogo Y., et Zirihi G.N. (2021). Plantes médicinales, alternative de soins face aux maladies de la peau en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 49 (1): 8754-8773.
- [26] Kouadio N.K.C., Koulibaly A, N'guessan K.R., Boko B.B., Dramane K.B., Diomandé V.P.A, Diaby F. (2022). Connaissance des plantes médicinales et lieux d'approvisionnement d'intérêt: cas des producteurs de cacao et leurs familles de la localité de Gonaté (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *RAMReS*; 21 (1): 20-32.
- [27] Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants, Columbia University Press, 1262 p.
- [28] APG, 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Bot.
- [29] Raunkiaer C., 1934. The life form of plants and statistical plant geography. Clarendonpress, Oxford, 632 p.
- [30] Lebrun J.P. (1981). Les bases floristiques des grandes divisions chorologiques de l'Afrique sèche. Etude botanique, 483 p.

- [31] Aké-Assi L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire: étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Tome I, II et III. 1205 p.
- [32] Aké-Assi L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie. Genève. *Boissiera* 57: 1-396.
- [33] Aké-Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie. Genève. *Boissiera*, 58: 1-401.
- [34] Kouadio, A.S., Cisse, G. Brigit, O. Kaspar, W. & Zingsstag, J. (2006). Fardeau économique du paludisme sur les menaces démunies des quartiers défavoriser d'Abidjan, côte d'ivoire. <https://doi.org/10.4000/vertigo.1776>.
- [35] Kadet G. B., Adjelou K. et Anoh K.P., (2018). La Mortalite Infanto-Juvenile A Bouafle: Contribution A L'analyse Des Conditions De Vie Dans Une Ville Ivoirienne. *European Scientific Journal*.14 (2). PP 1857 – 7881.
- [36] Sanouna A., Idrissa S. M. & Soumana B. (2023). Principales affections de la vallée du fleuve et leur influence sur l'économie des ménages du département de tillabery-niger. *Revue Internationale du Chercheur*: 4 (2), pp 1-17.
- [37] Piba SC., Koulibaly A., Goetze D., Porembski S & Traore D. (2011). Diversité et importance sociale des espèces médicinales conservées dans les agrosystèmes cacaoyers au centre- ouest de la cote d'ivoire. *Annale Botanique de l'Afrique de l'Ouest*. 07: 80-96.
- [38] Béné K, Camara D, Fofie N B Y, Kanga Y, Yapi A B, Yapo Y C, Ambe S A, Zirihi G N. 2016. Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 27 (2): 4230-4250. <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
- [39] Dramane K.B., Koulibaly A., Boko B.B. (2022). Impact of Cropping Systems on the Yield of Cocoa Trees in the Daloa Department. *International Journal of Science and Research*. 7 (942): 2319-7064.
- [40] Kpabi I., Agban A., Hoekou Y., Pissang P., Tchacondo T. et Batawila K. (2020). Etude ethnobotanique des plantes à activités antiparasitaires utilisées en médecine traditionnelle dans la préfecture de Doufelgou au nord du Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 148. pp 15176 – 15189.
- [41] Ngunde te N. S., Liyongo C. I., Koto R. K., Gozo T. Z., Kwezi B. M. and Bekomo J. I. (2021). Etudes ethnobotanique des plantes utilisées en médecine traditionnelle à Gini (Yakoma, Nord-Ubangi, République Démocratique du Congo). *International Journal of Applied Research*, 7 (1): 36-43.
- [42] Rehab M. (2020). Plantes utilisées pour les maladies bucco-dentaires dans la région de Sétif (Algérie): Aspects ethnobotanique. Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique. Faculté: des sciences, Département: des sciences de la nature et de la vie, domaine: des sciences de la nature et de la vie, Filière: de biologie, option: biodiversité et physiologie végétale, Université Mohamed Boudiaf - M'sila (Algérie). 149 p.
- [43] Ambe A.S.A., Ouattara D., Tiebre M.S., Vroh B.T.A., Zirihi G.N., N'Guessan K.E. (2015). Diversité des plantes médicinales utilisée dans le traitement traditionnel de la diarrhée sur les marchés d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*. 26 (2). 4081-4096.
- [44] Latoundji A.F., Koko K.I. E.D., Djego S.D. et Djego J.G. (2019). Diversité et phytochimie des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel des maladies mentales aux nord de la République du Bénin. *Afrique SCIENCE*, 15 (2), pp 44 - 56.
- [45] Zerbo P., Millogo-Rasolodimby J., Nacoulma-Ouedraogo O. G. & Van Damme P. (2007). Contribution à la connaissance des plantes médicinales utilisées dans les soins infantiles en pays San, au Burkina Faso. *International Journal Biological and Chemical Sciences*. 1 (3): 262-274.

ANNEXE 1 : ESPÈCES MÉDICINALES CITÉES PAR LES PRODUCTEURS DE CACAO DE SÉRIA ET LEURS FAMILLES

N°	Espèces	Genre	Famille	Type biologique	Type chorologique
1	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Albizia	Fabaceae	mP	GC-SZ
2	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Alchornea	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ
3	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Alstonia	Apocynaceae	mP	GC
4	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	Ananas	Bromeliaceae	H	i
5	<i>Carica papaya</i> var. <i>papaya</i> Linn.	Carica	Caricaceae	mP	i
6	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Celtis	Cannabaceae	mP	GC
7	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Cymbopogon	Poaceae	H	GC-SZ
8	<i>Dioscorea alata</i> Linn.	Dioscorea	Dioscoreaceae	G	i
9	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Elaeis	Arecaceae	mP	GC
10	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Manihot	Euphorbiaceae	mP	i
11	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Morinda	Rubiaceae	mP	GC-SZ
12	<i>Musa paradisiaca</i> Linn.	Musa	Musaceae	G	i
13	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.& T. Durand) Merr.	Nauclea	Rubiaceae	mP	GC
14	<i>Nauclea latifolia</i> Sm.	Nauclea	Rubiaceae	mp	GC-SZ
15	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Newbouldia	Bignoniaceae	mP	GC-SZ
16	<i>Ocimum gratissimum</i> Linn.	Ocimum	Lamiaceae	np	GC
17	<i>Parquetina nigrescens</i> (Afzel.) Bullock	Parquetina	Periplocaceae	mP	GC
18	<i>Passiflora foetida</i> Linn.	Passiflora	Passifloraceae	mP	GC
19	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Spathodea	Bignoniaceae	mP	GC
20	<i>Vernonia amygdalina</i> Delile	Vernonia	Asteraceae	mp	GC-SZ
21	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	Vitellaria	Sapotaceae	mP	SZ

## Tomographies de Résistivité Electrique appliquées à l'implantation de forages AEP à Bouna et Doropo dans la région du Bounkani (Nord-est) de la Côte d'Ivoire

### [ Electrical Resistivity Tomography applied to the installation of AEP boreholes at Bouna and Doropo in the Bounkani region (North-East) of Côte d'Ivoire ]

*Armel Kouadio KOUAME<sup>1</sup>, Marc YOUAN TA<sup>1,2</sup>, Yapo Assi Martia<sup>3</sup>, Bertrand Hounnigbo AKOKPONHOU<sup>4</sup>, Omer Zéphir de LASME<sup>5</sup>, Amandine Carine Mbiafeu NJEUGE<sup>2</sup>, Kouamé Loukou Nicolas<sup>3</sup>, and Yalo Nicaise<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Laboratory of Soil, Water and Geomaterials Sciences, University Felix Houphouët Boigny of Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>University Research Center of Remote Sensing and Application (CURAT), University Felix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétique, University Felix Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>4</sup>Laboratoire of Applied Hydrology, National Water Institute (INE), University of Abomey-Calavi, 01BP. 526 Cotonou, Benin

<sup>5</sup>Department of Geosciences, Training and Research Unit, University Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 meet this need for permanent water availability for rural populations in the departments of Bouna and Doropo in Bounkani, Côte d'Ivoire (north-east), this study set out to identify ten sites for the installation of future boreholes designed to boost the production of water for human consumption. Five (05) panels of electrical resistivity tomography (ERT) were carried out using a Syscal-Pro Switch 36 resistivity meter (Iris Instruments, France) connected to 04 flutes of 36 metal electrodes regularly spaced 10 metres apart by 1070 m according to the pole-dipole (PD) configuration. The results identified conductive corridors within the crystallophyll basement, corresponding to fractures oriented preferentially E-W, NE-SW and NW-SE. The 2D electrical resistivity tomography panels also reveal a structure composed of two layers (alterites and fissured zone) superimposed on the sound bedrock. Hydrogeological analysis of lithological variations and geometric parameters of structural discontinuities (thickness of alterites, thickness, range of electrical resistivities and extension of fissured zone) have led to the proposal of eleven (11) sites suitable for the installation of high-volume boreholes. These future drilling points will help to alleviate the shortage of drinking water in the targeted localities in the area.

**KEYWORDS:** Electrical Resistivity Tomography (ERT), groundwater, Fracture, Bouna, Doropo, Ivory Coast.

**RESUME:** Pour répondre à ce besoin de disponibilité permanente en eau des populations rurales des départements de Bouna et Doropo dans le Bounkani, en Côte d'Ivoire (Nord-est), cette étude s'est proposé d'identifier dix sites pour l'implantation de futurs forages destinés à renforcer la production d'eau pour la consommation humaine. Cinq (05) panneaux de tomographies de résistivité électrique (TRE) ont été réalisés à l'aide d'un résistivimètre Syscal-Pro Switch 36 (Iris Instruments, France) connecté à 04 flûtes de 36 électrodes métalliques régulièrement espacées de 10 mètres sur 1070 m selon la configuration pôle-pôle (PD). Les résultats obtenus ont permis d'identifier, au sein du socle cristallophyllien, des couloirs conducteurs qui correspondent aux fractures orientées préférentiellement E-W, NE-SW et NW-SE. Les panneaux de tomographie de résistivité électrique-2D révèlent également une structure composée de deux couches (altérites et zone fissurée) superposés au substratum rocheux sain. L'analyse hydrogéologique des variations lithologiques et des paramètres géométriques discontinuités structurales (épaisseurs d'altérites; épaisseur, gammes de résistivités électriques et extension de zone fissurée) ont permis de proposer onze (11) sites favorables à l'implantation de forages à gros débits d'exploitation en eau. Ces futurs points de forages permettront de pallier au déficit en eau potable dans les localités ciblées de la zone.

**MOTS-CLEFS:** Tomographie résistivité électrique (TRE), eaux souterraines, Fracture, Bouna, Doropo, Côte d'Ivoire.

## **1 INTRODUCTION**

A l'instar des pays d'Afrique subsaharienne, la question de la disponibilité et de l'approvisionnement en eau potable n'est guère reluisante dans le nord-est de la Côte d'Ivoire. L'inégale répartition de ce patrimoine fragile, le réchauffement climatique de la planète avec son corollaire de désertification et/ou d'inondation, les différentes formes de pollution et le contexte géologique dominé essentiellement par les terrains cristallins et cristallophylliens sont autant de facteurs qui concourent à la raréfaction de cette ressource naturelle dont la demande se fait toujours plus en plus pressante [1]. Dans la région du Bounkani, Nord-est de la Côte d'Ivoire, ces difficultés se posent avec acuité dans les zones rurales: Malgré un réseau hydrographique dense, la quasi-totalité des cours d'eaux de la région tarissent pendant la saison sèche, les rendements des forages baissent considérablement et les populations sont obligées parfois d'adopter des pompages intermittents pour espérer des remontées d'eau [2]. Dans un tel contexte, la recherche de ressources pérennes capables de résister aux fluctuations saisonnières devient cruciale. Les eaux souterraines sont la seule source d'approvisionnement en eau potable pour les populations locales et ces réserves sont localisées à travers les aquifères isolés de socle granitique fissuré, d'arènes sablo-argileuses et d'alluvions qui présentent une configuration très complexe pour laquelle l'hétérogénéité est a priori non prédictive [3]. Les progrès réalisés dans l'utilisation des données à référence spatiale ont mis en évidence l'utilité de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques (SIG) comme outils indispensables dans la cartographie des fractures et leurs tendances [4], [1], [5], [6]. Il a été déjà montré comment les images satellitaires et aéromagnétiques sont utilisées pour la cartographie de fractures majeures dans le secteur d'études [6]. L'apport de nouveaux outils et méthodes avec des stratégies d'investigation plus fine comme la tomographie de résistivité électrique (TRE) permettent d'apporter des informations additionnelles et très précises sur la localisation des sites d'intérêt hydrologique. Selon [7], il est indispensable de faire appel à des méthodes complémentaires notamment les méthodes géophysiques non destructives dans la prospection des aquifères du socle. Les tomographies TRE apportent un niveau de définition plus élevé du sous-sol. Par ailleurs, Plusieurs études ont montrés que le succès de l'emplacement d'un forage dépend du fait qu'il intercepte les fractures dans le substratum rocheux et que ce dernier soit recouvert d'une forte épaisseur d'altération qui assure la fonction de stockage des eaux souterraines [8], [9]. Dans cette étude, une tentative est faite pour identifier sur les profils TRE, les sites présentant les indices de productivité. L'objectif principal de ce travail est donc de caractériser la structure interne des aquifères fracturés afin de proposer des sites favorables à l'implantation de forages à gros débits d'exploitation en zone de socle capables de résister aux fluctuations saisonnières extrêmes.

## **2 CADRE GEOGRAPHIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

La zone d'étude couvre un ensemble géographique composé de deux départements: Bouna et Doropo, localisés dans la région du Bounkani au nord-est de la Côte d'Ivoire. Elle est située entre les latitudes 8°31' et 9°58'N et les longitudes 2°35' et 4°19'W et s'étend sur une superficie de 16 318.9 km<sup>2</sup> soit 5 % de la superficie nationale (figure 1). Toutefois, plus la moitié de sa superficie est occupée par le Parc national de la Comoé (PNC) qui se déploie sur 11 090 km<sup>2</sup>. La population y est estimée à 442 982 habitants [10]. Malgré son étendue, la zone d'étude se trouve entièrement dans un milieu physique homogène. Le relief est principalement constitué de plateaux et de plaines, subhorizontaux, extrêmement monotones. On note cependant de hautes collines et barres de roches vertes d'orientation nord-sud s'élevant à 500-600 mètres dans le nord-ouest (Monts Yévélé et Wabélé). Le réseau hydrographique présente une architecture très dense marquée par les affluents des deux principaux cours d'eaux de la région que sont la Comoé et la volta noire (figure 1). Géologiquement, la zone se situe dans le domaine paléoproterozoïque. Elle est recouverte par un ensemble complexe de formations géologiques classées répartis de façon inégale dans le domaine quaternaire (Holocène) et le domaine birimien [11], [12] (figure 2).

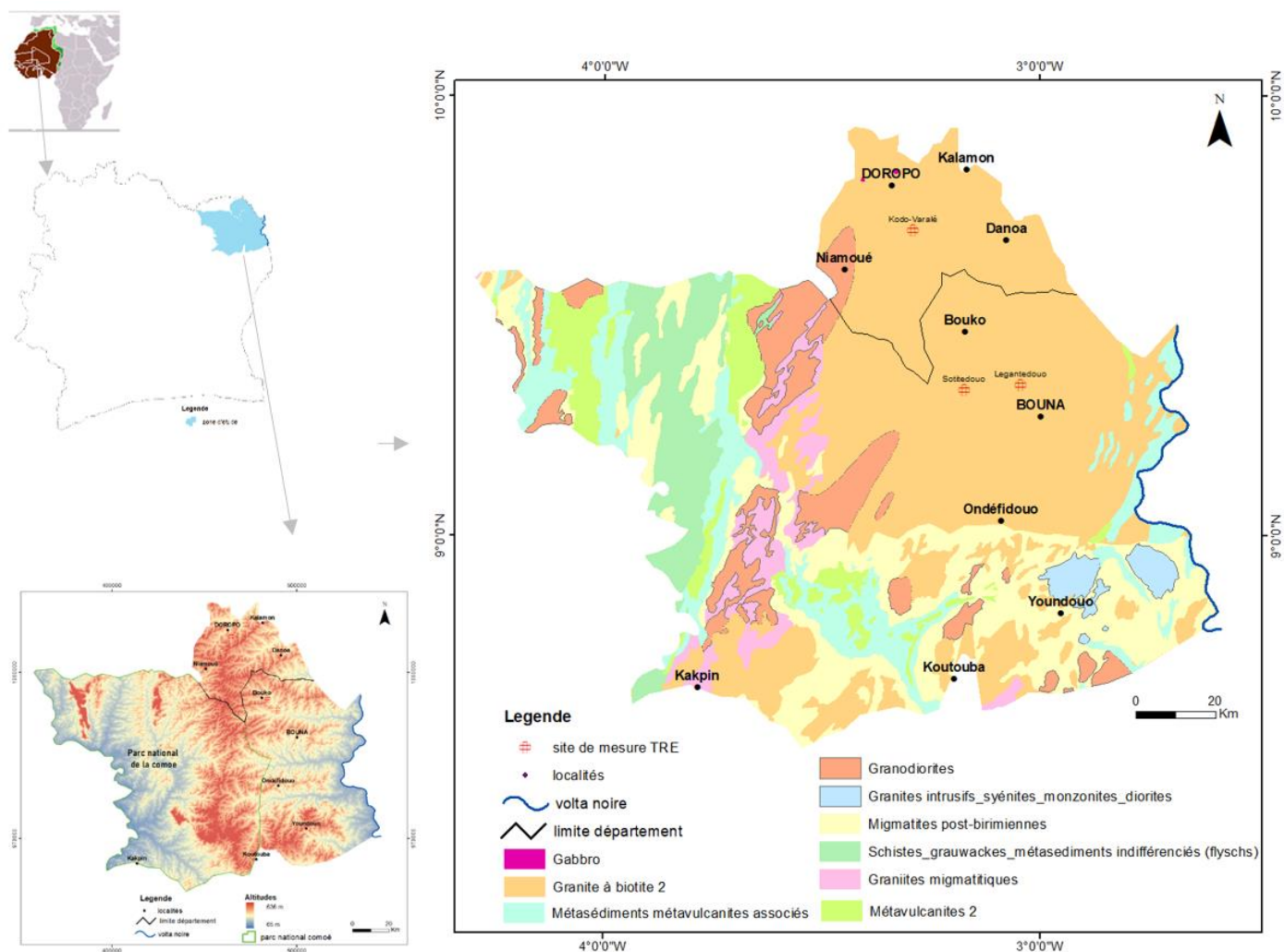


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

### 3 MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 DONNÉES ET ÉQUIPEMENTS UTILISÉS

L'acquisition des panneaux électriques a été effectuée avec un système multi-électrodes automatique comprenant une boîte de commutation, un résistivimètre Syscal-Pro Switch 36 (Iris Instruments, France), plusieurs câbles de 18 sorties le tout étant paramétré à l'aide d'un ordinateur. Des tiges métalliques en acier placées à intervalles réguliers de 10 mètres sur 1070 m constituent les électrodes. Elles sont toutes connectées à une sortie individuelle située sur les câbles et, suivant leur position, permettent soit d'injecter le courant dans le sol, soit de mesurer un potentiel. Le reste du matériel de mesure est composé de flûtes et connecteurs de flûtes, de files d'attaches plastiques, de décimètre et d'équipements de terrain (marteaux, GPS, véhicule etc...).

#### 3.2 MÉTHODES D'ACQUISITION DES PANNEAUX ÉLECTRIQUES

##### 3.2.1 ACQUISITION DES MESURES DE RÉSISTIVITÉ

L'acquisition des données de terrain s'est faite le 17 mai 2021, selon la procédure de « roll-along » qui correspond à une succession de sondages électriques et de trainés électriques les uns à côté des autres par recouvrement 1/2 le long de la ligne des électrodes. Pour des raisons d'investigation de grandes profondeurs et en se référant aux travaux réalisés en milieux cristallins et cristallophylliens [13], [14], [5], c'est la configuration Pôle-Dipôle qui a été adoptée. Avec cette géométrie, les dipôles de réception MN et d'injection AB sont séparés, la profondeur d'investigation est plus grande [15] et elle nécessite de mettre deux électrodes théoriquement à l'infini.

### 3.2.2 ACQUISITION DES MESURES DE RÉSISTIVITÉ

Les données acquises sur de terrain ont subies une série de prétraitements et des traitements avant leurs interprétations. Un filtrage a été opéré à l'aide du programme Prosys II (version 2.29, Iris Instruments) selon le paramètre de qualité,  $Q (< 5\%)$  et le niveau de voltage  $V (> 0.3 \text{ mV})$ .

Les données de résistivité obtenues à l'issue du filtrage sont représentées sous la forme d'une pseudo-section qui met en évidence des résistivités apparentes, ( $\rho_a$ ). Celles-ci ne sont pas directement interprétables et doivent faire l'objet d'un traitement appelé inversion. Ce processus de modélisation réalisée à l'aide du logiciel Res2DInv permet, par l'application d'un algorithme mathématique d'optimisation du jeu de données, le calcul des résistivités modélisées par la méthode des moindres carrés (least-squares inversion). Le pourcentage d'erreur RMS (Root Mean Square) établi à l'issue de la convergence entre les mesures effectuées sur le terrain (résistivités apparentes mesurées) et les résistivités apparentes calculées sur le modèle discrétisé définit la compatibilité du modèle avec le jeu de données. La littérature s'accorde à considérer les modèles finaux comme fiables lorsque l'erreur est inférieure à 5 % [16]. Ce sont au total quatre (4) profils de résistivité électrique qui ont été réalisées dans trois (03) localités retenues en fonction de l'occurrence des fractures repérées sur les images satellitaires et aéromagnétiques et surtout des de la proximité des localités riveraines (tableau 1). Ces profils ont été disposés de sorte à recouper perpendiculairement ces fractures.

**Tableau 1. Sites sélectionnés pour la TRE**

Sites	Coordonnées UTM		TRE réalisées	Longueur (m)	Direction
	X (m)	Y (m)			
Legantedouo	489620	1039818	2	1 070	NW-SE
Kodo	468341	1069335	1	1 200	NE-SW
Sotitedouo	498407	1023719	1	1 200	NW-SE

### 3.2.3 MÉTHODES DE CARACTÉRISATION HYDROGÉOPHYSIQUE DES AQUIFÈRES FRACTURÉS

Les résultats après inversion des données de résistivité apparente donnent des images électriques de résistivités "vraie du sous-sol qui permet à la fois une interprétation qualitative des différentes unités géologiques des sections 2D, la caractérisation et la validation des discontinuités structurales, l'interprétation hydrogéologique des modèles géophysiques 2D et l'identification des sites favorables à l'implantation de forages à gros débits d'exploitation.

L'interprétation des unités géologiques se fondent sur la moyenne des gammes de résistivité obtenues à partir des diagraphies de résistivité électrique réalisées à Sanon (Burkina Faso) localisé le bassin de la volta dans le même contexte géologique que la zone d'étude [17], [18]. Ces gammes de résistivité sont en accord avec la table des résistivités des roches et minéraux établie par [19]. Ainsi ce sont les valeurs 200 et 1666  $\Omega.m$  qui ont été choisis comme limite afin de distinguer chacune des trois principales couches (altérites, zone fissurée et roche saine). L'analyse 2D des sections de l'imagerie électrique a permis de discriminer aisément des discontinuités structurales importantes qui peuvent être des fractures, des contacts géologiques et les zones filoniennes. Sur les sections, ces discontinuités sont représentées par des couloirs souvent remplies par des produits d'altération marquées par de faibles valeurs de résistivité (inférieur à 200  $\Omega.m$ ) enfoncés dans les couches successives. L'interprétation hydrogéologique des imageries haute définition des différents panneaux électriques de la TRE a consisté à faire une corrélation des paramètres géophysiques (résistivité) avec les différents compartiments constituant la zone de socle dans le but de mieux apprécier les couloirs.

L'identification de sites favorables à l'implantation de forages a obéi à un certain nombre de critères visant à cibler dans un premier temps les séries représentant une succession de couches aquifère avec une épaisse couche d'altérites (fonction de stockage d'eau) et une bonne extension et épaisseur de la zone fissurée/fracturée [9], [5]. Il a consisté également à éviter les discontinuités verticales marquées par les résistivités trop faibles traduisant de probables terrains colmatés par les argiles tout en privilégiant la localisation en aval des bassin-versant hydrogéologiques [20]. Aussi, la présence d'une d'enclaves de faibles résistivités en profondeur dans la zone fissurée est considérée comme une zone préférentielle dite zone humide indiquant le stockage des eaux souterraines. L'analyse comparative des paramètres géométriques des anomalies sur les modèles hydrogéologiques (épaisseurs d'altérites; épaisseur, gammes de résistivités électriques et extension de zone fissurée; direction des axes conducteurs) a permis d'identifier les sites préférentielles des futures implantations dans chaque localité.

## 4 RESULTATS ET INTERPRETATION

### 4.1 ANALYSE 2D ET INTERPRÉTATION DES SECTIONS TRE

Les résultats après inversion des données de résistivité apparente donnent des images électriques de résistivités vraies du sous-sol (figure 2), ce qui permet une interprétation quantitative des données.

On a systématiquement observé, sur chacune des images électriques, la présence de zones très conductrices dont la résistivité est très faible représentées en des tons de bleu sur toutes les images électriques ( $< 200 \Omega.m$ ) et dont l'extension latérale et verticale est variable. Ces zones, faiblement résistantes correspondent avec forte probabilité aux niveaux argileux humides et aux altérites. Le deuxième niveau représenté en tranches jaune-orangé apparaît dans les images électriques comme une plage de valeurs moyennes de résistivité ( $200$  à  $1600 \Omega.m$ ). Ce niveau correspond à la zone fissurée et est aussi caractérisé par une extension variable latéralement et verticalement. La troisième catégorie de zones d'anomalies de résistivité représentées par les couleurs rouges-violet ( $> 1600 \Omega.m$ ) au bas de toutes les sections forme le socle sain.

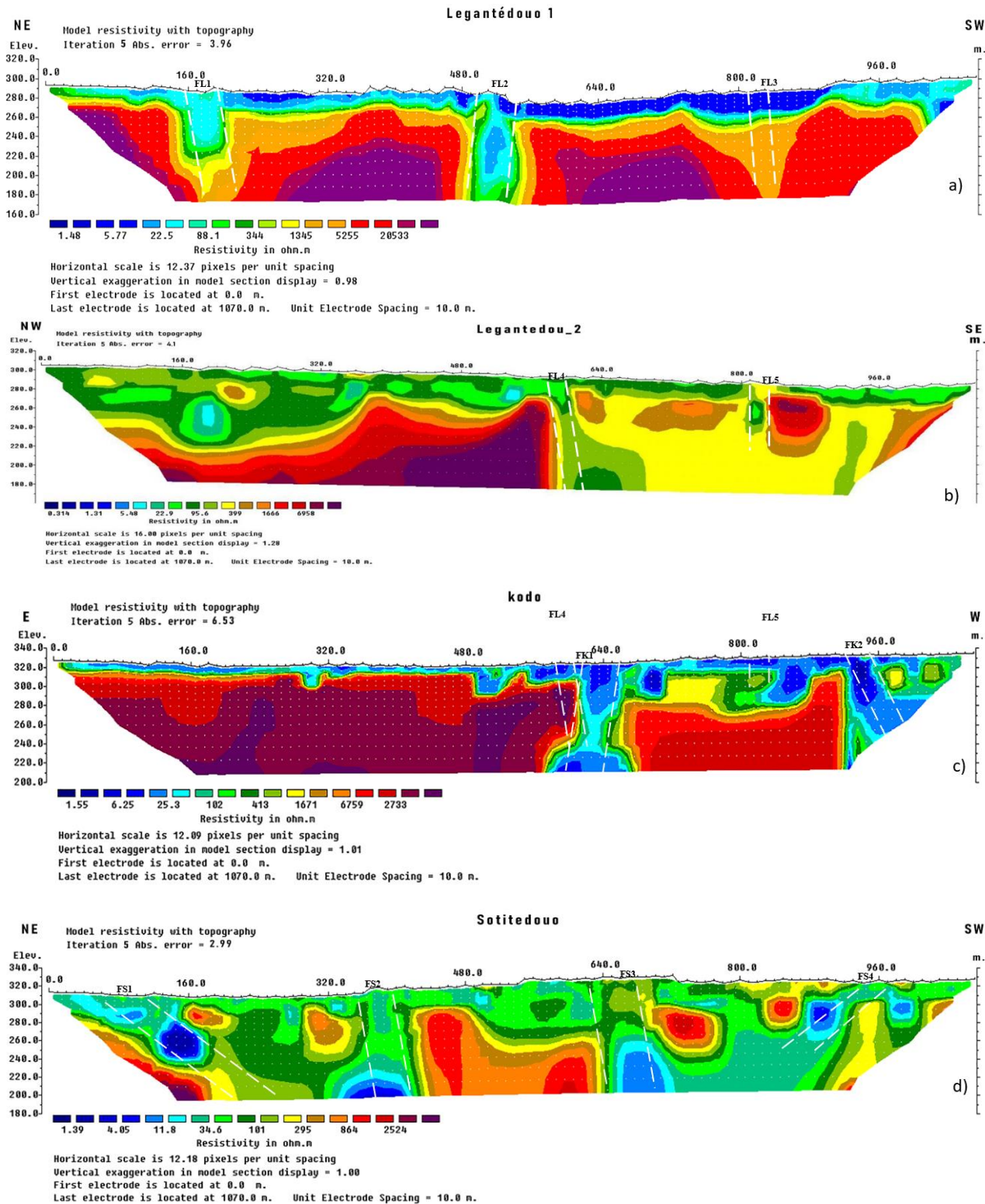


Fig. 2. Panneaux électriques caractérisant les structures régionales: a) Legantédouo; b) Kodo; c) Sotitedouo

#### 4.2 CARACTÉRISATION GÉOMÉTRIQUE ET VALIDATION DES DISCONTINUITÉS STRUCTURALES

L'analyse 2D des sections de l'imagerie électrique permet de discriminer aisément des discontinuités géologiques importantes (figure 2). Ces discontinuités peuvent être des fractures, des contacts géologiques et les zones filoniennes. Sur les sections, ces discontinuités sont représentées par des couloirs souvent remplis par des produits d'altération marquées par de faibles valeurs de résistivité (inférieur à 1000  $\Omega.m$ ) enfoncés dans les couches successives.

Les deux sections réalisées dans les granites de Legantédouo rendent compte de la présence de limites franches. Sur les profils de Legantédouo 1 (figure 2a), trois (03) couloirs (FL1, FL2 et FL3) bien marqués au niveau des abscisses 150-190 m, 500-550 m et 790-810 m. Les deux premiers sont orientés NE-SW et le troisième EW. Ils présentent une grande extension favorable à une bonne accumulation des eaux. Le second profil de Legantédouo 2 (figure 2b) quant à lui, présente deux couloirs (FL4 et FL5) très expressifs au niveau des abscisses 580-600 m et 810-830 m. Le profil réalisé à Kodo (figure 2c) d'une longueur de 1070 m montrent l'existence de deux zones conductrices avec faibles résistivités observée entre les abscisses 620 - 660 m et 930 - 960 m. Ces zones conductrices correspondent à des débris et des produits d'altération argileux. Les basses résistivités peuvent aussi indiquer la saturation en eau. L'extension moyenne de cette zone conductrice est de l'ordre de 50 m. La zone conductrice semble bien se corrélérer avec les discontinuités majeurs observés sur les images aéromagnétiques et les indices de terrain. Une alternance de zone résistante avec fortes résistivités ( $>$  à 2000 Ohm.m) est mise en évidence. Ces zones résistantes peuvent être attribuées à des granites plus compacts et secs. La section de Sotitédouo (figure 2d) présente quatre couloirs (FS1, FS2, FS3 et FS4) situés respectivement entre les abscisses 120 – 160 m, 340 – 420 m, 630 – 690 m et 940 – 970 m) qui mettent en évidence des anomalies pouvant atteindre 110 m de profondeur orienté NS et NW-SE. Les zones de très faibles résistivités sur ces axes conducteurs traduisent une saturation en eau.

Les orientations de ces différents axes sont semblables à celles des linéaments issus du traitement des images satellitaires et aéromagnétique visés par les panneaux. Le tableau 2 résume les caractéristiques géométriques des zones de fractures identifiées sur les sections de TRE.

**Tableau 2.** caractéristiques géométriques des zones de fractures: *x* = distance sur le profil; *Gr* = Gamme de résistivité; *EF* = épaisseur de la zone fracturée et *ZF* = extension de la zone fissurée

Fracture	x (m)	Gr ( $\Omega.m$ )	Coordonnées		EF (m)	ZF (m)	O
			X (m)	Y (m)			
FL1	180	30-5255	494628	1035545	30	40	NO-SE
FL2	510	1,48-344	494802	1035266	0	40	NS
FL3	830	1,48-5255	494900	1034963	70	30	NO-SE
FL4	600	30-95,6	495148	1035159	00	20	NO-SE
FL5	820	30-399	495285	1034970	40	20	NS
FK1	640	1,55-102	468608	1069526	0	40	NO-SE
FK2	930	1,55-25.3	468425	1069856	0	30	NE-SO
FS1	100	1,39-295	481022	1030967	30	30	NE-SO
FS2	580	1,39-50	481392	1030658	0	40	NO-SE
FS3	650	11,8-200	481436	1030617	0	50	NO-SE
FS4	950	4,05-34,6	481673	1030415	0	20	N-S

#### 4.3 INTERPRÉTATION HYDROGÉOPHYSIQUE DES MODÈLES GÉOPHYSIQUES 2D

La corrélation établie entre les paramètres géophysiques (résistivité) et les différents unités géologiques de la zone a permis de réaliser les modèles hydrogéologiques interprétés (figures 3). Il ressort les informations ci-après: (i) la présence d'une épaisseur d'altération dans la zone qui varie de 8 m (Kodo) à 60 m (Legantédouo\_2 et Kodo); (ii) une zone de fracture qui se traduit par une zone fissurée altérée bien développée et (iii) la roche saine où se situe localement et très probablement des failles ayant permis l'approfondissement de la zone fissurée altérée. Un recouvrement résistant (résistivité supérieure à 228  $\Omega.m$ ) apparaît au niveau des profils de Legantédouo et Sotitédouo au nord de la zone d'étude, correspondant aux carapaces indurées de cuirasse latéritiques secs.

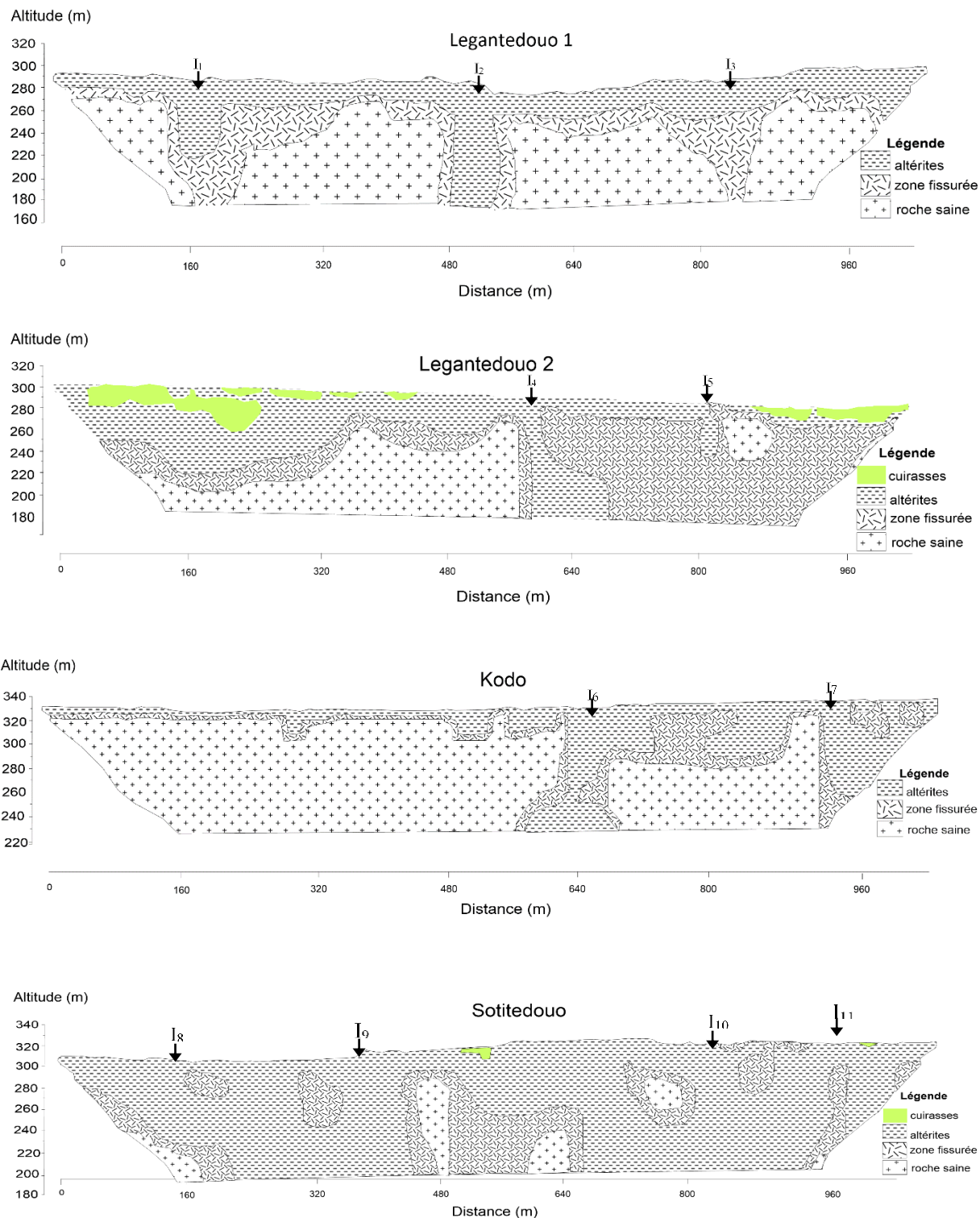


Fig. 3. Modèles hydrogéologiques des sections TRE et potentiels points d'implantation de forages à Legantedouo, Kodo et Sotitedouo

#### 4.4 IDENTIFICATION DE SITES FAVORABLES À L'IMPLANTATION DE FORAGES AEP

Une analyse comparative des propriétés et paramètres géométriques des anomalies sur les sections TRE: épaisseurs d'altérites; épaisseur, gammes de résistivités électriques et extension de zone fissurée; orientation des axes conducteurs (tableau 3) a permis d'identifier des sites favorables à l'implantation de futures forages AEP à gros débit d'exploitation.



satellitaires sont vraisemblablement associés à des fractures. Ainsi, contrairement aux travaux de [14], l'utilisation de la TRE dans la présente étude a permis de valider certains linéaments. Tout comme dans le socle cristallin du département de la Donga au Bénin [5], la tomographie de résistivité électrique à l'aide du dispositif Pôle-Dipôle a également fourni de très bons résultats. On note également de bons résultats dans plusieurs régions du monde notamment dans le Massif Armoricaire situé au nord-ouest de la France avec [27]. L'utilisation de l'imagerie géophysique de la TRE dans 04 localités dans la région du Bounkani a permis également de déterminer avec précision trois couches: la zone altérée (ZA) ou altérites au-dessus de la zone fracturée au-dessus du socle sain. En effet, l'épaisseur moyenne de la ZA sur tous les panneaux électriques est comprise en moyenne entre 8 et 60 m avec des résistivités inférieures à 200  $\Omega$ .m. De très importantes couches altérites pouvant atteindre 100 m au-dessus de la zone fracturée ont été enregistrées. Quant à l'épaisseur de l'horizon fracturé, elle est très variable sur les différents profils. Elle a été estimée entre 5 et 100 m avec des résistivités moyennes comprises entre 200 et 1666  $\Omega$ .m. la troisième couche avec des résistivités très élevées pouvant aller au-delà de 5000  $\Omega$ .m témoigne de la nature saine de la roche (RS). Les fractures identifiées ont principalement été caractérisées en fonction des trois compartiments: Zone des altérites, zone fissurée et la Roche saine. De nombreux travaux similaires de différents auteurs: [29], [14], [28], réalisés dans le même contexte ont abouti à ce type de caractérisation dans les roches cristallines. L'application de la TRE dans les départements de Bouna et Doropo a permis de mieux caractériser la géométrie des principales cibles hydrogéologiques. Ainsi, 12 sites d'implantation ont été proposés dans au terme de cette étude consécutivement à la caractérisation de l'environnement immédiat. Plusieurs travaux réalisés dans le socle Précambrien de l'Afrique de l'Ouest témoignent que le taux de succès de forage [30], [28] et la productivité des forages [31], [30] sont liés à l'utilisation des méthodes géophysiques.

## 6 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de caractériser la structure interne des aquifères fracturés afin de proposer des sites favorables à l'implantation de forages à gros débits d'exploitation en zone de socle. Elle a prouvé l'utilité de la tomographie de résistivité électrique-2D dans la caractérisation des aquifères de socle. Les résistivités électriques le long des profils réalisés révèlent une structure composée de deux couches (altérites et zone fissurée) superposés au substratum rocheux sain. Elles ont permis également la mise en évidence des variations lithologiques et des discontinuités pouvant être attribuées à la présence de fractures, des contacts géologiques et les zones filoniennes. Onze (11) des couloirs identifiés présentent des caractéristiques favorables à l'implantation de forages à gros débits. Les résultats préliminaires de cette campagne de prospection géophysique dans les départements de Bouna et Doropo ont permis de montrer que: La tomographie de résistivité électrique apparaît comme une méthode géophysique particulièrement intéressante pour la cartographie des sites hydrauliques actifs. Il serait intéressant de réaliser régulièrement de nouvelles compagnes de prospection géophysique supplémentaires (Résonance magnétique des protons (RMP)) pour quantifier ces ressources.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Swiss Centre for Scientific Research for the funding of project N°234/2020 between the Strategic Research Support Program (PASRES) and the Soil, Water and Geomaterials Sciences Laboratory (SSEG) of the UFR of Earth Sciences and Mining Resources (STRM), Abidjan, Côte d'Ivoire.

## REFERENCES

- [1] Youan Ta M. Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: cas de la région de Bondoukou Nord Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat unique, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 236 p., 2008.
- [2] Armel Kouadio KOUAME, Marc YOUAN TA, Bertrand Hounnigbo AKOKPONHOU, Omer Zéphir de Lasmé, Fernand Koffi KOUAME, Contribution of LandSat OLI imagery and field indices to the structural cartography of the aquifer system of Black Volta catchment in Côte D'Ivoire, International Journal of Innovation and Applied Studies, IJIAS, ISSN: 2028-9324, Vol. 39, No. 2, (sous presse).
- [3] Biemi J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants sub-sahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. ès Sc. Nat., Université. Abidjan, 493 p.
- [4] Jourda J. P. (2005). Méthodologie d'application des techniques de Télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'Ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale: cas des zones tests de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'État, Université de Cocody, 430p.
- [5] Akokponhoue H. B., Yalo N., Lasmé T., Youan TA M., Alassane A., Kouamé K. J., Akokponhoue Y. N., Hounton C.C., Suanon F. (2017). Contribution of Remote Sensing to the Structural Mapping of Aquifers with Large Water Flows in the Crystalline Hard-Rock in the Department of Donga (North-West of Benin). Int. J. of Emerging Tech. and Adv. Eng., Vol. 7, p.392-403.
- [6] Armel. K. Kouame, Marc Youan Ta, O. Zéphir De Lasmé, Derving Baka, Carine. A. M. Njeugeut, Fernand K. Kouame, Analysis of Fracture Networks of the Black Volta Catchment in Côte D'ivoire, 2019; Journal of Geography, Environment and Earth Science International (JGEESI) ISSN: 2454-7352, n°46635, Feb. 2019, 1-14p.

- [7] Guerin R. Et Chalikakis K. (2015). Les outils pour détecter les ressources hydrologiques. Eau à découvert. Chapitre III.28, p.148-149, CNRS, France.
- [8] Olayinka Ai., Yaramanci U. (2000). Assessment of the reliability of 2D inversion of apparent resistivity data. *Geophysical Prospecting* 48 (2), p. 293-316.
- [9] Lasm T. (2000). Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle: Analyses statistiques et géostatistique de la fracturation et des propriétés hydrauliques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire (Domaine Archéen). Thèse de doctorat Université de Poitiers, 272 p.
- [10] Recensement Général de la Population et de l'Habitat, INS, 2021.
- [11] Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique: Le craton Ouest-africain. Mémoire. B.R.G.M., France, n° 88, 403 p.
- [12] Lüdtke G., Hirdes W., Konan G., Kone Y., Yao C., Diarra S. et Zamblé Z. Géologie de la région haute Comoé nord, avec carte géologique 1/100000. Bulletin n°1, ed.: République du Côte d'Ivoire; Ministère des ressources minières et pétrolières.; direction de la géologie, 178.
- [13] Barker R, Moore J (1998) The application of time-lapse electrical tomography in groundwater studies. *The Leading Edge* 17: 1454–1458.
- [14] Soro D.D., Koita M., Biaou C.A., Outoumbe E., Vouillamoz J.-M., Yacouba H., Guerin, R. (2017). Geophysical demonstration of the absence of correlation between lineaments and hydrogeologically useful fractures: case study of the Sanon hard rock aquifer (central northern Burkina Faso). *J. Afr. Earth Sci.* pp. 842-852.
- [15] Loke MH (2015) Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys, E-mail: drmhloke@yahoo.com, geotomo@gmail.com, p 176.
- [16] Loke MH (2014) Rapid 2-D resistivity & IP inversion using the least-squares method, geoelectrical imaging 2D & 3D, GEOTOMO SOFTWARE, Malaysia.
- [17] Thiéblemont D, Goujou JC, Egal E, Cocherie A, Delor C, Lafon JM, Fanning CM. 2004. Archean evolution of the Leo Rise and its Eburnean reworking. *Journal of African Earth Sciences* 39 (3–5): 97–104.
- [18] Lompo M. 2010. Paleoproterozoic structural evolution of the Man-Leo Shield (West Africa) Key structures for vertical to transcurrent tectonics. *Journal of African Earth Sciences* 58 (1): 19–36.
- [19] Loke, M.H., (2011). Electrical resistivity surveys and data interpretation. in Gupta, H (ed.), *Solid Earth Geophysics Encyclopaedia* (2nd Edition) «Electrical & Electromagnetic» Springer-Verlag, pg. 276-283.
- [20] Baltassat J-M, Maurice B., Reninger P-A (2017). Tomographies de résistivité électrique appliquée à l'implantation d forages AEP sur sites à Mayotte. Rapport final. BRGM/RP- 67169-FR, 71 p., 32ill., 4 tabl., 14 ann.
- [21] Adepelumi A. A., Yi M. J., Kim J. H., Ako B. D., Son J. S. (2006). Integration of surface geophysical methods for fracture detection in crystalline bedrocks of southwestern Nigeria. *Hydrogeology Journal*, 14 (7), p. 1284-1306.
- [22] Koussoube Y, Savadogo A. N., Nakolendousse S. (2003). Les différentes signatures des fractures de socle cristallin en zone sahélo-soudanienne du Burkina Faso (bassin versant de Bidi, province du Yatenga)«, *Revue de Télédétection*, vol. 3, n° 5, p. 419-427.
- [23] Coulibaly A. (2014). Contribution de la méthode de résistivité électrique (Traînés et Sondages électriques) à la localisation d'aquifères en zone de socle cristallin et cristallophyllien: cas de la région de Tanda, (Nord-est de la Côte d'Ivoire) Thèse de doctorat. Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire). 211p.
- [24] K. E. G. Kouakou, B. C. Sombo, Z. B. Digbehi, F. W. Kouassi, A. P. Sombo Et L. N. Kouame, Utilisation de la prospection géophysique par résistivité électrique pour la recherche d'eau souterraine dans le département de Tanda (Est de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 83, N° 2 (2012) 230– 244.
- [25] Sombo A. P. Application des méthodes de résistivités électriques dans la détermination et la caractérisation des aquifères de socle en Côte d'Ivoire. Cas des départements de Sikensi et de Tiassale (Sud de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 20.
- [26] A. YAPO, A. P. SOMBO and K. F. TANO, Lithostructural mapping by geophysical imagery of a granite deposit at Gbamakro in the department of Bouaké (Central Côte d'Ivoire) *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*. Vol. 7, Issue 5 Ser. I (2019) 10– 18.
- [27] Roques C. (2013): Hydrogéologie des zones de faille du socle cristallin: Implications en termes de ressources en eau pour le Massif Armoricaïn. Thèse de doctorat Université de Rennes 285p.
- [28] Alle I. C., Descloitres M., Vouillamoz Jm., Yalo N., Lawson F.M.A., Adihou A. C., (2018). Why 1D electrical resistivity techniques can result in inaccurate siting of boreholes in hard rock aquifers and why electrical resistivity tomography must be preferred: the example of Benin, West Africa, *Journal of African Earth Sciences* 139, p. 341-353.
- [29] Descloitres M., Ruiz L., Sekhar M., Legchenko A., Braun J.-J., Mohan Kumar M. S., Subramanian S. (2008). Characterization of seasonal local recharge using electrical resistivity tomography and magnetic resonance sounding. *Hydrological Processes*, 22 (3), p. 384-394.
- [30] Vouillamoz JM, Lawson FMA, Yalo N, Descloitres M. 2015. Groundwater in hard rocks of Benin: Regional storage and buffer capacity in the face of change. *Journal of Hydrology* 520: 379–386.
- [31] Dibi B., Inza D., Goula B.T.A., Savane I. et Biemi J. (2004). Analyse statistique des paramètres influençant la productivité des forages d'eau en milieu cristallin et cristallophyllien dans la région d'Aboisso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Sud Sciences & Technologie*, Vol. 13, pp. 22-31.

## Analyse de l'évolution des maladies prioritaires dans la zone d'influence du centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou, près de Bamako au Mali

### [ Analysing the evolution of priority diseases in the area affected by the Noumoubougou domestic waste landfill near Bamako, Mali ]

*Hippolyte Traore<sup>1</sup>, Housseini Dolo<sup>2</sup>, Djibril Traore<sup>3</sup>, and Djibril Bamba<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Chercheur en santé publique, Institut National de Santé Publique du Mali (INSP), Doctorant à l'EDSTM, USTTB Bamako, BP 1771, Mali

<sup>2</sup>Enseignant Chercheur, PhD en Epidémiologie au MRTC, FMOS-Bamako, Mali

<sup>3</sup>Directeur Technique du CSCOM de Tienfala, District sanitaire de Koulikoro, Région de Koulikoro, Mali

<sup>4</sup>Chargé du Système d'Information Sanitaire (SIS) au CSRéf de Koulikoro, Région de Koulikoro, Mali

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The study area includes four villages in the vicinity of the Noumoubougou landfill, 30 km from Bamako. The objective is to analyze the evolution of priority diseases in the area from 2015 to 2022. Since its construction, no health monitoring or study has been carried out to analyze the impact of the landfill on the health and well-being of the local population. After collecting, analyzing and applying epidemiological criteria, the study uncovered six notable environmental health phenomena: (i) the treatment of more than 2,969 cases of confirmed severe malaria, with no recorded deaths; (ii) the scissors phenomenon, characterized by a decrease in indicators of various traumas, diarrhea and low ARI, and a simultaneous increase in indicators of malaria and high ARI; (iii) the drastic increase in the indicators of malaria and high ARI between 2017 and 2020; (iv) the collective immunity developed against the covid-19 pandemic before its emergence; (v) the unhealthy environment in and around the open dump, influencing three concentric zones of exposure to malaria; (vi) the construction of unregulated housing within 300 meters of the dump. The study thus established a link between the drastic increase in malaria and ARI indicators in the area and the Noumoubougou landfill as a contributing factor.

**KEYWORDS:** malaria, acute respiratory infections, compacted controlled dumping, drastic, factor.

**RESUME:** Le site d'étude concerne quatre villages avoisinant la décharge contrôlée compactée de Noumoubougou située à 30 kilomètres de Bamako. L'objectif visé est d'analyser l'évolution des maladies prioritaires de la zone de 2015 à 2022. De la construction à nos jours, aucune suivi ou étude sanitaire n'y a été menée, pour analyser les effets de ladite décharge sur la santé et le bien-être des populations avoisinantes. A la suite de la collecte et analyse et application de critères épidémiologiques, l'étude a découvert six phénomènes sanitaires environnementaux remarquables: (i) la prise en charge de plus de 2 969 cas de paludisme grave confirmé sans aucun cas de décès enregistré; (ii) le phénomène de ciseau caractérisé par la baisse des indicateurs de traumatismes divers, diarrhées et IRA basses, et à la même période, on note l'augmentation des indicateurs du paludisme et des IRA hautes; (iii) l'augmentation drastique des indicateurs de paludisme et d'IRA hautes entre 2017 et 2020; (iv) l'immunité collective développée contre la pandémie à covid-19 avant son avènement; (v) l'environnement malsain à l'intérieur et autour de la décharge à ciel ouvert, influençant trois zones concentriques d'exposition au paludisme; (vi) la construction d'habitats non règlementaires à moins de 300 mètres du site de la décharge. C'est ainsi que l'étude a alors établi le lien d'association entre l'augmentation drastique des indicateurs du paludisme et des IRA dans la zone, et le facteur favorisant qui est la décharge de Noumoubougou.

**MOTS-CLEFS:** paludisme, infections respiratoires aiguës, décharge contrôlée compactée, drastique, facteur.

## 1 INTRODUCTION

Le Centre d'enfouissement des déchets ménagers appelé Décharge contrôlée compactée de Noumoubougou, est située près du village de Noumoubougou dans la Commune rurale de Tienfala dans le District sanitaire de Koulikoro à 30 km de Bamako. Il est le

deuxième du genre au Mali après celui de la Commune urbaine de Sikasso. Il a été initié en 2001 par les autorités administratives du District de Bamako, afin d'enfouir, compacter et contrôler les déchets provenant des Communes I, II, III et IV du District de Bamako [1]. Sa réalisation n'a commencé qu'en 2014 et sa mise en œuvre en 2016. Ce retard s'explique par le fait que les populations de la Commune de Tienfala se sont montrées réticentes au motif que le dépôt final dont les déchets provenant de Bamako, constituerait une menace pour leur santé et cadre de vie. La décharge est devenue opérationnelle en 2016 grâce à la coopération avec l'Opérateur économique marocain 'OZONE'.

Depuis que l'installation et l'exploitation du site ont commencé, aucune étude sanitaire n'a été menée pour suivre ses effets sur la santé des populations avoisinantes. Puisque la décharge est devenue un sujet de discord, d'inquiétude, de plaintes permanentes, voire de révolte, notre étude s'est proposée de chercher à savoir si la santé et le bien-être des populations avoisinantes peuvent être affectés par cette décharge devenue problématique. L'hypothèse de recherche a été la suivante: « le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou n'a pas d'influence sur la santé des populations avoisinantes », d'où l'intérêt de la présente étude pour répondre à la question et vérifier l'hypothèse. L'objectif fixé par notre étude est d'analyser l'évolution des maladies prioritaires dans la zone d'influence de la décharge avant et durant son exploitation durant la période 2015 - 2022.

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

### 2.1 DESCRIPTION DU SITE ET DE LA POPULATION DE L'ÉTUDE

Le site de notre étude se situe dans la Commune de Tienfala, près du hameau de culture de Noumoubougou, situé à 1 km du village de Fougadouguo et à environ 1 kilomètre au nord-est du village de Tienfala. La décharge est localisée à 30 km au nord-est de Bamako, à environ 700 mètres du côté gauche de la route RN-27 et à 2 km du fleuve Niger en partant de Bamako vers la ville de Koulikoro. La superficie totale de l'emplacement de la décharge est de 50 hectares, dont 30 sont exploités pendant les 10-15 premières années et les 20 autres sont gardés en réserve pour une future extension [2]. Le centre d'enfouissement comporte: un bâtiment administratif, des toilettes, cinq engins lourds, deux grandes portes, un mur de clôture, une enceinte avec deux grands bassins (déchets et lixiviats), deux hangars, un incinérateur, deux citernes d'eau et un château d'eau. La décharge, bien qu'ayant des portes et une enceinte en dégradation, est facilement accessible aux trieurs et aux animaux en divagation. Les déchets déversés dans le bassin ne sont pas recouverts journalièrement de matériaux de remblai inertes comme prévu dans la conception du plan d'aménagement et le cahier de charges [3].

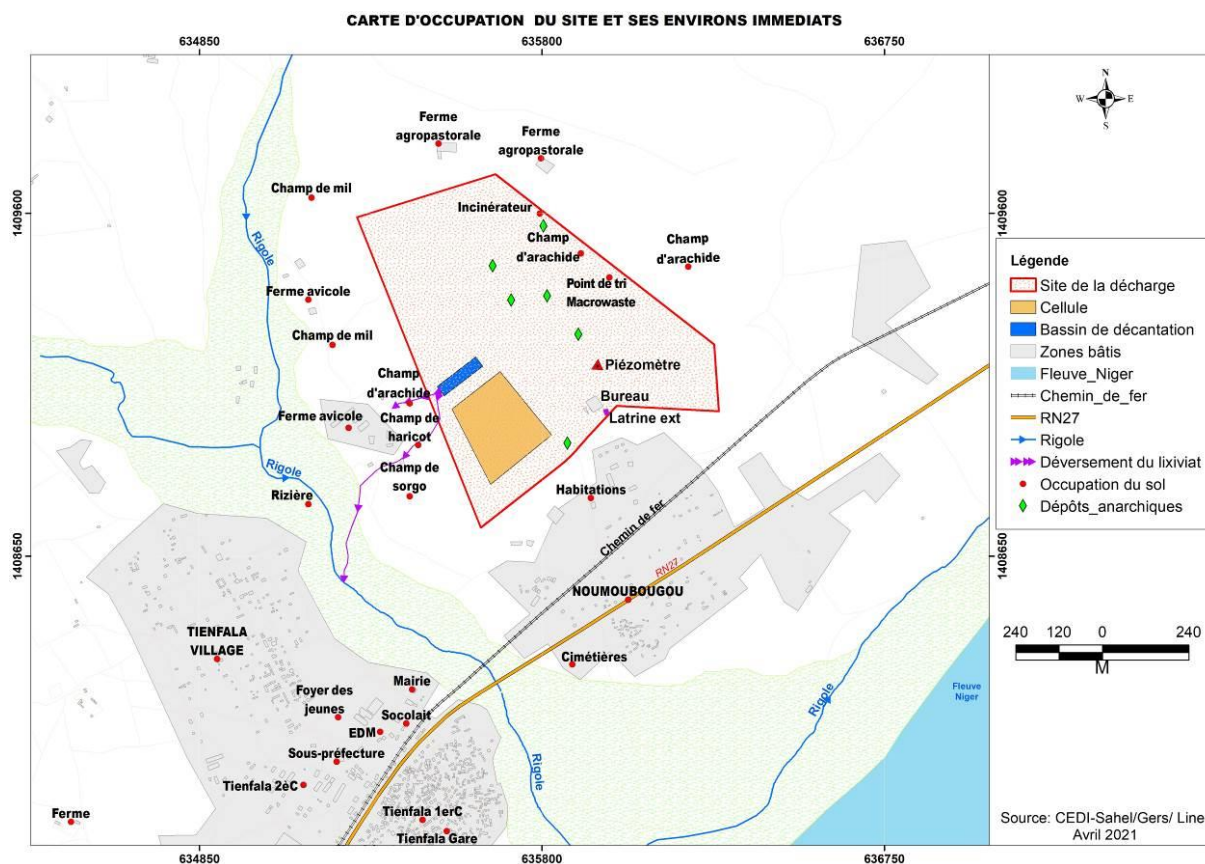


Fig. 1. Carte d'occupation du site de la décharge Noumoubougou et ses environs immédiats



*Photo de la décharge de Noumoubougou: Bassin contenant les déchets stockés à l'air libre avec une étendue d'eau stagnante pendant la saison des pluies (hivernage)*

## 2.2 POPULATION D'ÉTUDE

La population d'étude est celle de l'aire de santé de Tienfala, située à mi-chemin à 30 km de part et d'autre entre le CSRéf de Koulikoro et la ville de Bamako. L'aire de santé de Tienfala regroupe 15 villages [4]. Sa population actualisée est de 9.716 habitants en 2022. La population directement impactée par le centre d'enfouissement de Noumoubougou est de 3.841 habitants en 2022, comprend quatre villages: Tienfala village, Tienfala Gare, Fougadougou et le hameau de Noumoubougou [5].

## 2.3 APPROBATION ÉTHIQUE

La présente étude a été approuvée par le Comité d'Éthique de l'Institut National de Santé Publique (INSP) avant sa mise en œuvre. Les considérations éthiques ont été rigoureusement respectées sur le terrain par le chercheur principal, doctorant à l'EDSTM/USTTB. Le respect des considérations éthiques a permis d'avoir l'adhésion de toutes les parties prenantes, recueillir des données et minimiser les biais de l'étude.

## 2.4 OUTILS DE COLLECTE ET D'ANALYSE

La méthodologie de l'étude visait essentiellement à recueillir, à comparer et analyser les données quantitatives recueillies à partir des registres de consultation et rapports annuels colligés durant la période de 2015 à 2022. A cet effet, les bases de données DHIS2 du CSCOM de Tienfala et du CSRéf de Koulikoro ainsi qu'une grille de cotation des maladies ont été utilisées comme outils de collecte. La saisie, l'épuration et les analyses statistiques ont été effectuées exclusivement sur Excel, Access et Epi Info 7.3.3.

## 3 RÉSULTATS

Les données colligées concernent la période de 2015 à 2022, incluant deux ans avant l'exploitation du site et six ans que dure l'exploitation. Après dépouillement des registres de consultations curatives, rapports mensuels et annuels du CSCOM de Tienfala et de la base de données DHIS2 du CSRéf de Koulikoro, nous avons agrégé toutes les données concernant toutes les maladies répertoriées et cela pour toutes les années ciblées. De cette agrégation, sont ressorties cinq maladies prioritaires que nous avons classées à l'aide de critères, tels que l'ampleur, la fréquence, l'évolution et vulnérabilité. Cette classification nous a permis de déceler les maladies les plus importantes dans la zone: les diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra, les Infections respiratoires aiguës basses (IRA basses), les infections respiratoires aiguës hautes (IRA hautes), le paludisme et les traumatismes divers (les accidents des voies publiques non comprises). La cotation a permis de faire ressortir les maladies prioritaires en diminution (IRA basses, traumatismes divers et diarrhées infectieuses en dehors du choléra) et celles en augmentation (paludisme et IRA hautes). Les totaux, les taux de prévalence et d'incidence et la cotation ont été calculés puis reportés dans le tableau ci-après:

Tableau 1. Cotation des maladies prioritaires

AFFECTIONS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAUX	POURCENTAGE (%)	MOYENNE /AN	TAUX D'INCIDENCE Moy/pop	EVOLUTION DES MALADIES	COTATION
Diarrhée présumée infectieuse	207	169	141	128	103	74	61	35	918	1.69	115	1.18	Diminution	
Toux < 15 jours, IRA basses	835	789	694	634	298	169	258	131	3 808	7.02	476	4.90	Diminution	
IRA hautes	91	72	55	134	194	266	396	373	1 581	2.91	198	2.03	Augmentation	
Paludisme	1 928	2 657	2 675	3 868	5 974	4 664	7 426	10 153	39 345	<b>72.49</b>	4 918	50.62	Augmentation	
Traumatismes divers	412	245	200	219	151	181	128	140	1 685	3.10	211	2.17	Diminution	
<b>TOTAL</b>	<b>4 477</b>	<b>4 892</b>	<b>4 913</b>	<b>6 007</b>	<b>7 141</b>	<b>5 917</b>	<b>9 060</b>	<b>11 871</b>	<b>54 278</b>		<b>6 785</b>			

Population totale: 9 716 habitants

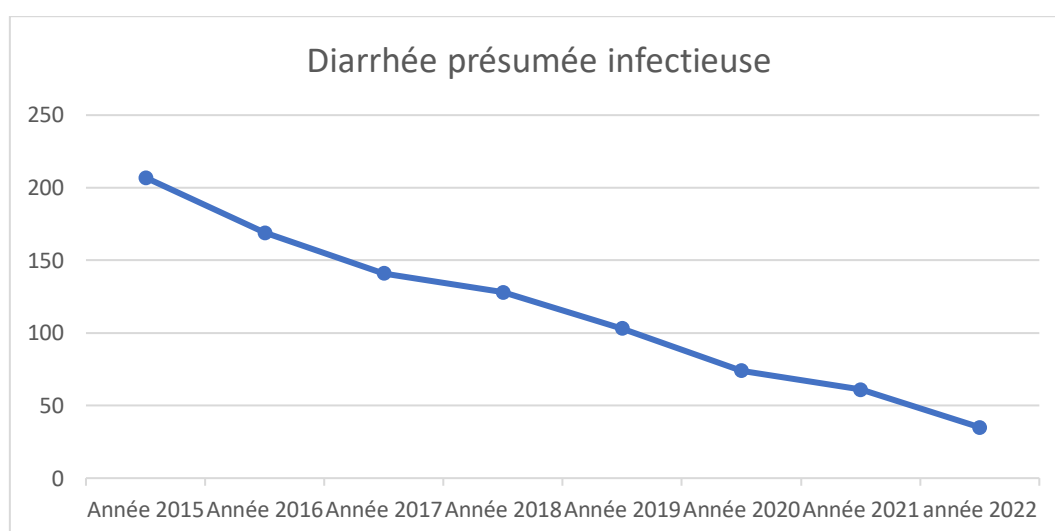


Fig. 2. Evolution des diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra

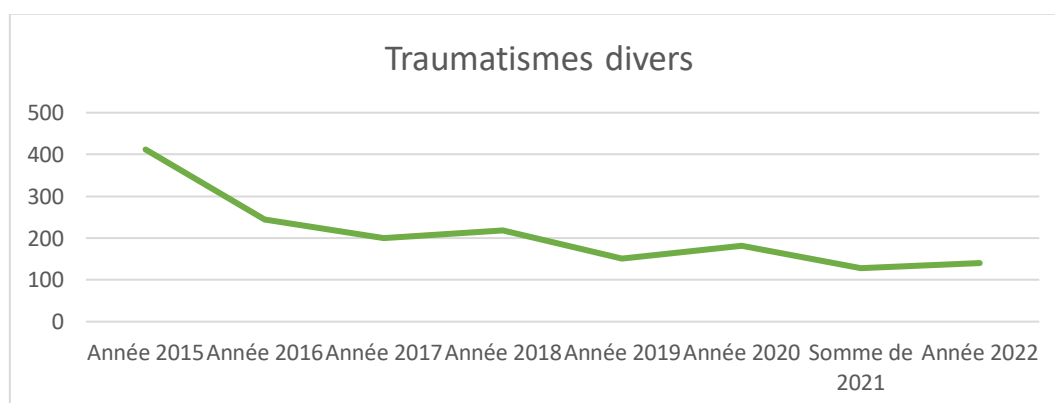


Fig. 3. Evolution des traumatismes divers

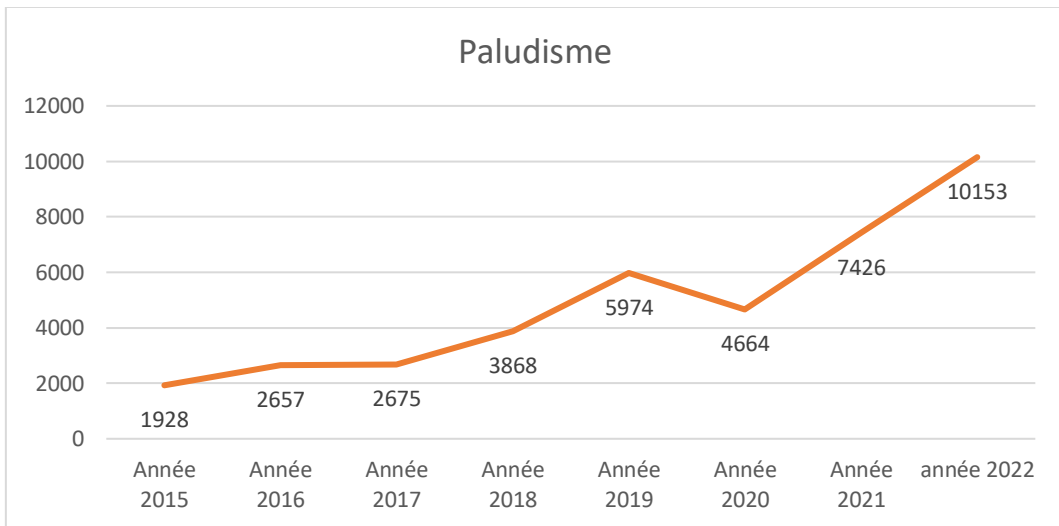


Fig. 4. Evolution du paludisme

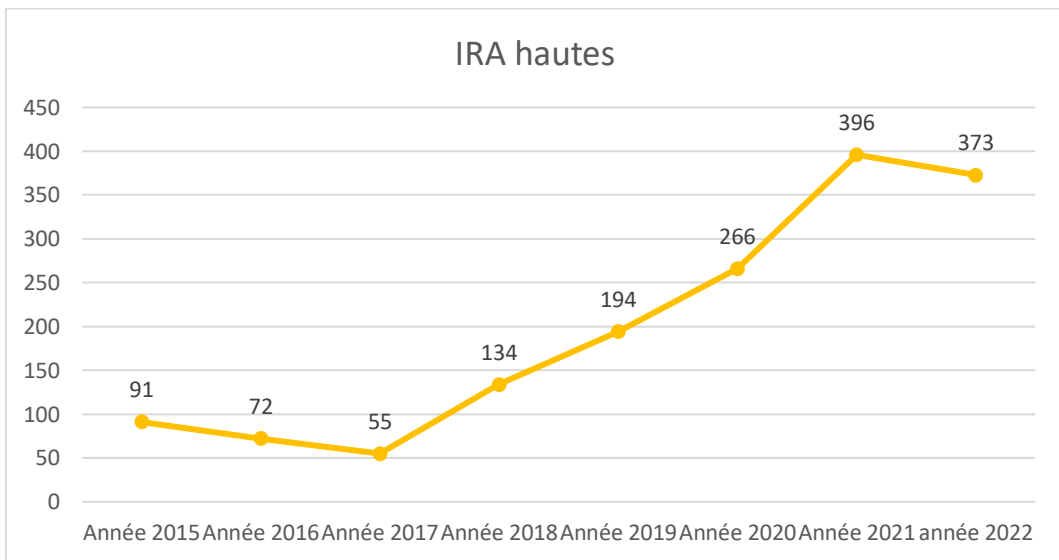


Fig. 5. Evolution des IRA hautes

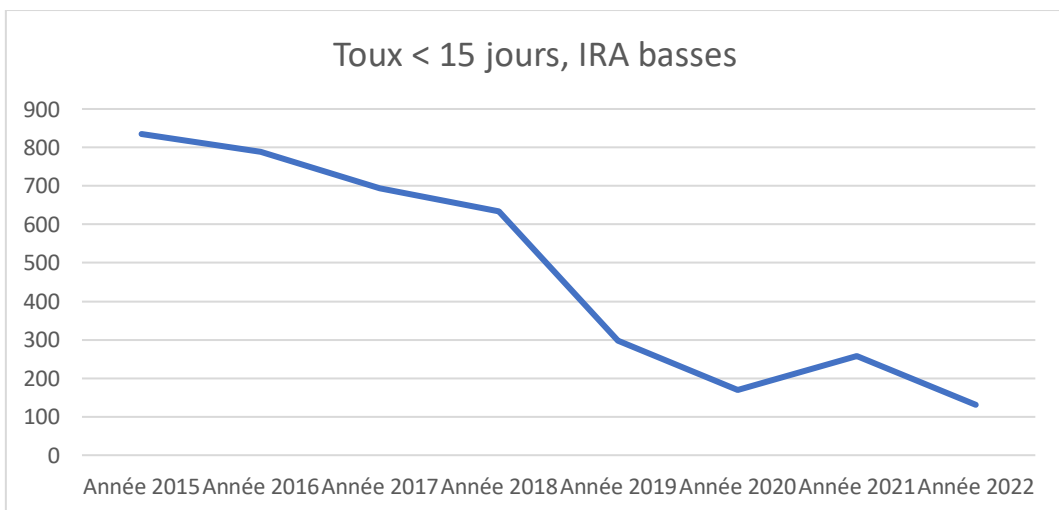


Fig. 6. Evolution des IRA basses

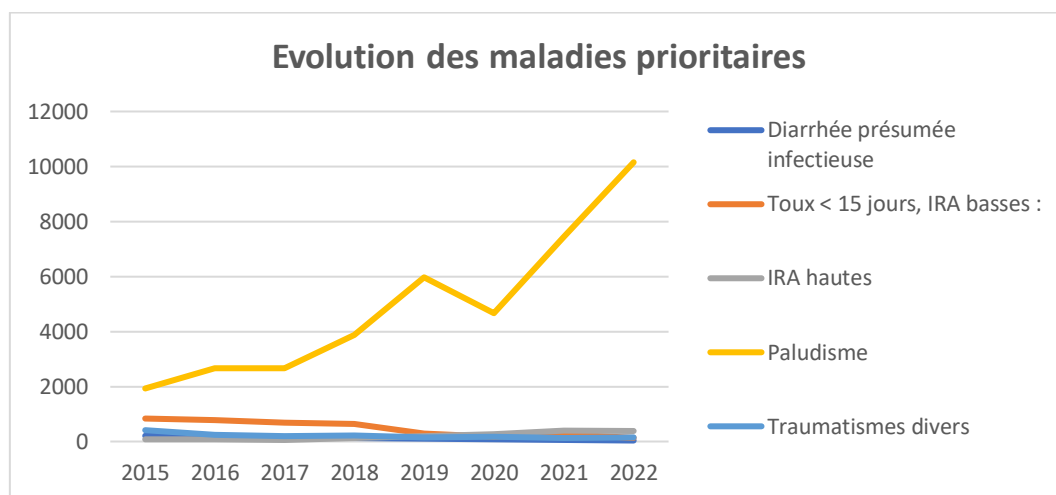


Fig. 7. Evolution des maladies prioritaires avant et pendant l'exploitation du centre d'enfouissement de Noumoubougou.

### 3.1 ANALYSE DU TABLEAU N°1 ET DES FIGURES 2 À 7 (CI-DESSUS)

- Environ 54 278 malades ont été consultés en 8 ans (période de 2015 à 2022) dans le CSCOM et le cabinet médical privé de Tienfala, soit en moyenne 6 785 malades / an. Environ 69% des consultations de l'aire de santé proveniennent essentiellement des quatre villages impactés par la décharge de Noumoubougou.
- L'allure de la courbe du paludisme (figure 4) a considérablement fléchi en 2020, montrant la baisse du nombre de consultations pour le paludisme. Ceci s'explique par l'avènement de la COVID-19 qui a créé la psychose contribuant à baisser la fréquentation des structures de santé dans la localité.
- La classe d'âge de 15-44 ans est la plus atteinte par les maladies avec un taux de 35.12%.
- Le sexe féminin a été le plus touché dont 28 439 consultations, soit 52.4% contre 25 839 du sexe masculin, soit 47.6%.
- Neuf décès ont été enregistrés dont 06 des suites de complication de HTA, 01 des suites d'un accident domestique et 02 autres de causes diverses.
- Pour la période de 2015 à 2022, il ya 39 345 malades de paludisme pour 54 278 malades consultés pour diverses raisons, ce qui porte la prevalence du paludisme à d'environ 72.5%. Pour l'année 2022, il y a 10.153 cas de paludisme 11 871 malades consultés, soit un taux de prévalence d'environ 85.5% pour une marge d'erreur de  $0.025 < 0.05$  (les malades hors aire sont comptabilisés dans les 10 153 malades).
- Près de 2 969 cas (29.2%) de cas de paludisme grave ont été enregistrés en 8 ans, dont aucun décès notifié, ce qui constitue **un phénomène sanitaire d'une rare exception** dans un pays comme le Mali où la prise en charge des cas graves est souvent tardive avec des complications.
- Les analyses statistiques des résultats ont aussi montré que la maladie la plus fréquente dans l'aire de santé de Tienfala est le paludisme, suivi des IRA basses, traumatismes divers, IRA hautes et diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra (voir tableau et figure 7). Aussi, pour les 8 ans, le taux d'incidence du paludisme est le plus élevé (50.6%), suivi de celui des IRA basses (4.9%), traumatismes divers (2.17%), IRA hautes (2.03%) et diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra (1.18%). Pour l'année 2022, en comparant les taux d'incidence des IRA, on note que celui des IRA hautes est 2,8 fois supérieur (3.84%) à celui des IRA basses (1.35%).
- Il y a eu dédoublement des cas de paludisme (et d'IRA hautes entre 2017 et 2020, ce qui est un phénomène très significatif sur le plan épidémiologique;
- Les tranches d'âge les plus touchées par le paludisme ont été: chez les enfants de 1-4 ans (24%), les jeunes adolescents de 5-14 ans (31.62%) et les adultes de 15-44 ans (32.80%). Comparativement à 2016 où le nombre de cas de paludisme était de 2 657, en 2022 il est de 10 153, soit **3.8** fois plus qu'en 2016. L'analyse approfondie des données montre que le nombre des cas d'IRA a quadruplé en trois entre 2017 et 2020. Bien vrai que les IRA basses sont en diminution, leur nombre reste important par rapport à celui des IRA hautes. Les deux maladies réunies occupent 10% des motifs de consultation tandis que leur taux d'incidence est de 7%.
- Les divers traumatismes en dehors des accidents des voies publiques (AVP) constituent 3.10% des consultations, avec un taux d'incidence égal à 2.17%;

- Les diarrhées sont en diminution, mais leur taux d'incidence est élevé chez les enfants de 0- 5 ans et chez les adultes de 15-44 ans, surtout le sexe féminin;
- Le nombre de malades est en nette augmentation d'année en année pour le paludisme et les IRA hautes (rhinopharyngite, rhinite, trachéite), vus leurs taux de prévalence et d'incidence respectifs, tandis que ceux des diarrhées, IRA basses et traumatismes divers, sont en baisse d'année en année (voir courbes sur les figures 2 à 7);
- La cotation des maladies prioritaires a été définie en utilisant la combinaison des critères épidémiologiques basés sur la fréquence (prévalence), l'ampleur, l'incidence et l'évolution de la maladie. Après application des critères, les maladies prioritaires les plus dangereuses (cotation la plus élevée en couleur rouge dans le tableau ci-dessus) sont le paludisme et les IRA hautes, car leurs indicateurs sont en nette progression (courbe ascendante dans les figures 4, 5 et 7) tandis que ceux des autres maladies (IRA basses, traumatismes et diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra) sont en diminution avec une courbe d'allure décroissante (coloration verte et jaune dans le tableau et allure de la courbe dans les figures 2, 3, 6 et 7), ce qui constitue un **phénomène de ciseau**.
- Après cotation, nous avons effectué des visites du site de la décharge et dans les villages environnants, munis d'une grille d'observation. Nous nous sommes rendus à l'évidence que l'augmentation drastique des cas de paludisme et d'IRA hautes s'explique d'une part, par la présence d'eaux usées et de moustiques dans un milieu de vie insalubre et d'autre part par la présence de nuisances causées par divers polluants et/ou allergènes, notamment les fumées provenant de la brûlure des déchets, les odeurs nauséabondes et les poussières. La progression des cas d'IRA hautes a porté nos soupçons sur un facteur d'aggravation qui est la pandémie à corona virus. Mais après de multiples investigations et consultation de la base de données du système d'informations statistiques (SIS) du CSRéf de Koulikoro, il s'est avéré que l'aire de santé de Tienfala n'a enregistré aucun cas de covid-19 durant la période 2020-2022, ce qui constitue un **phénomène épidémiologique d'une rare exception** pour une localité très proche de Bamako qui était l'épicentre de la pandémie. Ceci indique que la population autour de la décharge semble avoir développé une **immunité collective** contre la pandémie à corona virus avant son avènement.

**3.2 INTERPRÉTATION DES ANALYSES**

**3.2.1 DÉTERMINATION DES FRÉQUENCES D'EXPOSITION ET DU RISQUE RELATIF POUR L'ANNÉE 2022**

- Population totale actualisée en 2022: (n) = **9 716 habitants**
- Population zone impactée (4 villages: Noumoubougou, Fougadougou, Tienfala village et Tienfala Gare) = **3 841 habitants**
- Nombre total de malades consultés en 2022 (toutes pathologies confondues): **11 871**
- Nombre total de cas de paludisme: **10 153**
- Prévalence du paludisme =  $10\ 153 / 11\ 871 = 85.5\%$
- Fréquence de consultation par individu:  $10\ 153 / 9\ 716 = 1.05$  fois

*Tableau 2. Fréquence de l'exposition parmi les cas et les témoins en 2022*

	CAS (+) (nbre)	TEMOIN (-) (nbre)	TOTAL
Exposé (+)	a = 1 959	b = 1 882	3 841
Moins exposé (-)	c = 2 128	d = 3 498	5 875
Total	<b>4 087</b>	<b>5 380</b>	<b>N= 9 716</b>

- Fréquence de l'exposition parmi les cas (exposés) =  $a/c = 1\ 959 / 2\ 128 = 0.92$
- Fréquence de l'exposition parmi les témoins (moins exposés) =  $b/d = 1\ 882 / 3\ 498 = 0.50$
- Incidence du risque chez les exposés =  $a/a+b = 1\ 959 / 3\ 841 = 0.51$
- Incidence du risque chez les moins exposés =  $c/c+d = 2\ 128 / 5\ 875 = 0.36$
- Odds ratio (OR) = Risque Relatif (RR) =  $a / (a+b) / c / (c+d) = 0.51 / 0.36 = 1.42$

Le risque relatif est > 1, signifie qu'il y a un facteur qui accroît le risque d'exposition du paludisme au sein de la population.

### 3.2.2 DÉTERMINATION DE L'INTERVALLE DE CONFIANCE DU RISQUE RELATIF

Puisque notre échantillon est grand ( $n > 30$ ), les valeurs sont normalement réparties, nous utiliserons l'estimation par intervalle de l'estimateur pour caractériser les paramètres des échantillons probabilistes. Les paramètres étant des proportions dans notre cas (exposés et moins exposés), sont censés varier dans l'intervalle  $[-1.96; +1.96]$  avec une erreur de 0.05 (1- 95% de précision). Nous déterminons l'intervalle de confiance (IC) en appliquant la formule suivante:  $95\%IC = \text{Log} (RR) \pm Z\alpha \sqrt{1/a-1 / (a+b) + 1/c-1 / (c+d)}$

Etant donné que  $RR = 1.42$ , nous aurons  $\text{log} (1.42) = 0.3507$

Donc  $IC = 0.3507 \pm 1.96 \times 0.0232 = 0.3507 \pm 0.046 = (0.3047 - 0.3967)$

En faisant l'exponentiel de cette valeur, on obtient  $IC = [1.0481; 1.4869]$  à 95% pour le risque relatif ( $RR$ ) = 1.42

### 3.2.3 DÉTERMINATION DES ZONES D'INFLUENCE DU SITE DE LA DÉCHARGE

Connaissant la probabilité des exposés et des moins exposés, nous allons déterminer les zones d'exposition en fonction de leurs volumes de consultation et du nombre de consultants par zone et ensuite déterminer la fréquence de consultation par individu:

- Volume de consultations pour paludisme venant des 4 villages impactés par la décharge ou zone A (51%) = **5 178**

Pour déterminer la fréquence des consultations venant des 4 villages (Zone A) par individu, nous appliquerons la formule suivante:  $FC = VC/E$

Où:  $FC$  = Fréquence des consultations

$VC$  = Volume des consultations

$E$  = Nombre d'exposés ou consultants

Donc pour la zone A, nous aurons  $FC = 5\ 178 / 1959 = 2.6$  fois

Cette formule sera appliquée pour déterminer la fréquence de consultation par individu de chaque zone

- Volume de consultations pour paludisme venant des villages proches des 4 villages ou Zone B (36%) = **3 655**

Fréquence des consultations venant de la Zone B =  $3\ 655 / 2\ 128 = 1.7$  fois

- Volume de consultations pour paludisme venant des villages éloignés de la zone d'influence ou Zone C (10.5%) = **1 071**

Fréquence des consultations venant de la Zone C =  $1\ 071 / 1\ 030 = 1.04$  fois

- Nombre de consultations pour paludisme venant des villages hors aire (2.5%) = **249 malades**

- Taux d'incidence du paludisme dans les trois zones =  $(5\ 366 - 249) / (10\ 153 - 249) = 5\ 117 / 9\ 904 = 51.6\%$

Ainsi, nous avons déterminé quatre zones d'exposition face au risque de paludisme, dont trois zones (A, B et C) dans l'aire de santé de Tienfala et une 4<sup>e</sup> zone hors aire. La fréquence des consultations par zone a été définie en faisant le rapport du volume des consultations sur le nombre de consultations.

Etant donné que la somme des probabilités qui est égale à 1, alors nous retrouvons obligatoirement trois zones d'exposition distinctes:

- Zone A où l'exposition au paludisme est élevée pour une probabilité de 0.51;
- Zone B où l'exposition est moyenne pour une probabilité de 0.36
- Zone 3 où l'exposition est la moins importante avec une probabilité de 0.13. A ce niveau, il y a lieu de tenir compte des consultations hors aire.

Tableau 3. Répartition des zones en fonction du volume de consultations

ZONE	PROBABILITE	CAS	TEMOINS	VOLUME DE CONSULTATION	FREQUENCE DES CONSULTATIONS
		(E)		(VC)	(FC=VC/E)
Zone A	0.51	1 959	1 882	5 178	2.6
Zone B	0.36	2 128	2 377	3 655	1.7
Zone C	0.13	1 030	528	1 071	1.04
Hors aire	-	249	0	249	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>5 366</b>	<b>4 787</b>	<b>10 153</b>	<b>-</b>

3.2.4 PRÉSENTATION GRAPHIQUE DES ZONES D'EXPOSITION AU PALUDISME

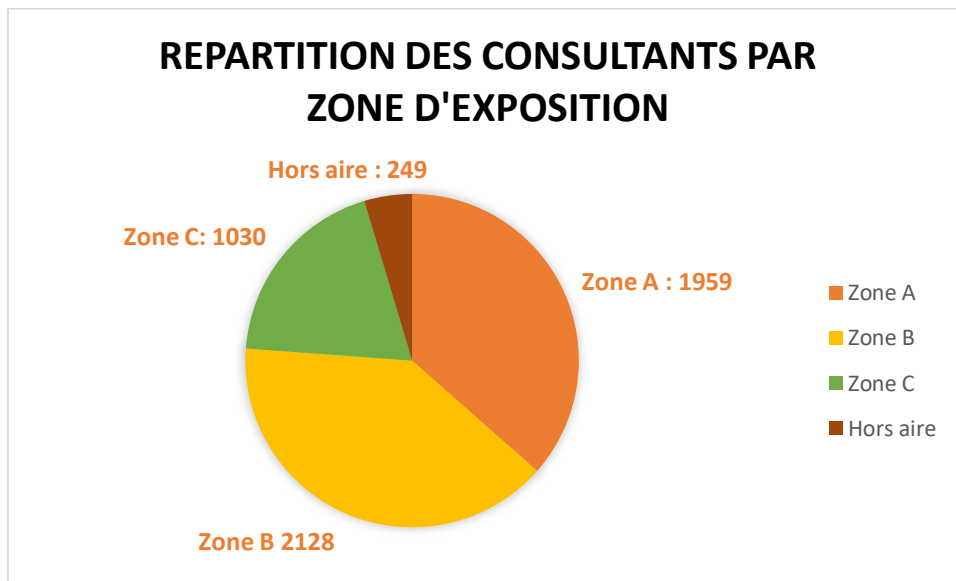


Fig. 8. Répartition des consultants par zone (données extraites du tableau N°3)

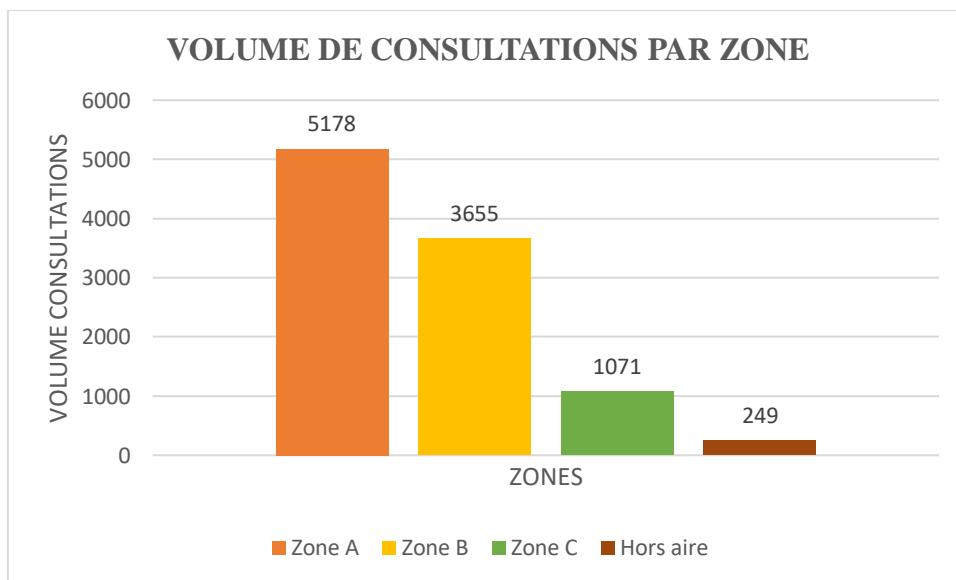


Fig. 9. Répartition du volume de consultations par zone (données extraites du tableau N°3)

**COMMENTAIRE DU TABLEAU N°3 ET DES DEUX GRAPHIQUES CI-DESSUS:**

- Le taux d'incidence du paludisme en 2022 est de 51.6% (5 117 / 9 904), ce qui est relativement inférieur à celui des 8 années précédentes (72.5%). Cette différence est due notamment au dédoublement des cas de paludisme entre 2017 et 2020, et à sa persistance dans la zone, un phénomène très rare quand on sait qu'au même moment toutes les stratégies et activités sont déployées par les autorités dans le district sanitaire de Koulikoro pour lutter contre le paludisme.
- Les malades de la zone B sont plus nombreux que ceux de la zone A (2 128 / 1959), mais ils fréquentent moins les structures de santé, vu le volume de consultations (3 655 / 5 178) et la fréquence aux consultations (1.7 / 2.6). Cette situation s'explique par l'éloignement du CSCOM, l'automédication et le manque de sensibilisation;
- Plus on s'approche de la zone A et du site de la décharge, plus le risque d'exposition au paludisme est élevée (de la probabilité de 0.13 en zone C à 0.51 en Zone A). Le volume et la fréquence des consultations augmentent au fur et à mesure qu'on quitte la zone C pour aller vers la zone A, exceptée la zone B.
- L'Odds Ratio ou risque relatif (1.42) est supérieur à 1. Ceci indique que le facteur déterminant accroît le risque d'exposition au paludisme dans les trois zones. Les données sanitaires et environnementales que nous avons colligées, analysées et interprétées montre que ce facteur favorisant n'est d'autre que la décharge de Noumoubougou, responsable des pollutions et nuisances qui affectent dangereusement la santé des populations avoisinantes.

**RECAPITULATIF DE LA SITUATION DE LA PÉRIODE 2015-2022**

En 2022, la population de la zone A qui est la plus proche du site de la décharge a un risque élevé de 0.51 de développer le paludisme, tandis qu'au fur et à mesure qu'on s'éloigne du site de la décharge, le risque diminue, respectivement 0.36 pour la zone B et 0.13 pour la zone.

Par ailleurs, le volume et la fréquence des consultations pour paludisme, montrent que le poids du paludisme est assez énorme et pèse sur les populations les plus proches de la décharge. Pendant les 8 dernières années, la population générale s'est faite consulter pour paludisme 0.5 fois en moyenne avec un taux de prévalence de 72.5% et un taux d'incidence d'environ 50.62% (marge d'erreur de 0.025 < 0.05). Les indicateurs du paludisme en 2022 sont en deçà des indicateurs cités, puisque la population s'est faite consulter au moins 1.05 fois, pour une prévalence de 85.5% et un taux d'incidence de 52.6%.

**4 DISCUSSIONS**

Notre étude a analysé l'évolution des maladies prioritaires dans la zone de Noumoubougou pendant les huit dernières années. Elle a montré six phénomènes sanitaires environnementaux qu'il nous est difficile de corroborer car les données retrouvées dans la bibliographie sur le type d'étude n'ont pas été colligées avec la méthodologie que nous avons adoptée.

Au Mali, selon l'annuaire du SLIS, 2020 [37], les pathologies les plus fréquentes ont été: le paludisme avec 22%, suivi des IRA (10%) et des diarrhées présumées infectieuses en dehors du choléra (3%) sur l'ensemble des pathologies, tandis que notre étude a retrouvé en moyenne 72.5% pour le paludisme, environ 10% pour les IRA et 2% pour les diarrhées.

Julie Koné-Bodou Possilétya et al. (2019), au cours de leur étude à Anyama, Abidjan, ont trouvé un taux de prévalence de la morbidité due aux maladies prioritaires de l'ordre de 66%, le paludisme en tête (62%), suivi de l'IRA (21%) et de la diarrhée (11%) [53]. Ce taux de prévalence du paludisme est nettement inférieur au nôtre, chiffré à 72.5%, mais leurs taux de prévalence des IRA (10%) et diarrhées (2%) sont supérieurs aux nôtres.

Le paludisme et les IRA hautes sont en nette progression dans la zone de notre étude depuis 2016. Les résultats de nos analyses bi-et multi-variées effectuées, montrent que le paludisme constitue la maladie prioritaire la plus pesante. Il représente 72.5% des consultations curatives dans les structures de santé de Tienfala et son taux d'incidence est de l'ordre de 0.51 dans la population générale, tandis qu'il est de 0.42 pour la région de Koulikoro et 0.42 pour l'ensemble du Mali [37]. Ces indicateurs du paludisme ci-dessus cités sont très élevés comparativement à ceux des autres maladies existant dans l'aire de santé de Tienfala. De plus, le nombre de malades atteints de paludisme a augmenté de **3.8** fois plus en 2022 par rapport à 2016. Malgré la pulvérisation intra-domiciliaire, la distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticides, les campagnes de sensibilisation et la chimio-prophylaxie saisonnière avec la sulfadoxine pyréthamine (CPS-SP). Il y a eu dédoublement des indicateurs de paludisme entre 2017 et 2020. L'augmentation de **3.8** fois en 8 ans et le dédoublement en trois ans, montrent qu'il y a un facteur sous-jacent qui est entrain de saper les efforts du gouvernement et de ses partenaires dans cette localité: il s'agit bien de la charge de Noumoubougou qu'il faut incriminer en premier lieu. Durant la même période, 2 969 cas, soit 29.2% de cas de paludisme grave ont été consultés, mais aucun cas de décès n'a été enregistré, tandis que le taux de létalité de la région tourne autour de 0.87‰ et 2.02‰ pour le Mali. Le fait de n'avoir enregistré aucun cas de décès dû au paludisme

grave est exceptionnel, mais cette situation s'explique par la promptitude dans l'évacuation des cas et une défaillance dans la rétro-information.

Les IRA hautes sont aussi en nette augmentation. Elles sont de l'ordre de **5.18** fois plus en 2022 par rapport à 2016, avec un taux de prévalence d'environ 3% et une incidence moyenne de 2.03%. Aussi, les IRA hautes ont quadruplé entre 2017 et 2020 (voir tableau N°4). Les causes de ces augmentations drastiques sont imputables à un **environnement malsain**, facteur de production de pollutions et nuisances capables de provoquer des allergies et des infections respiratoires à hautes intensités, de façon permanente et durable.

Ces deux maladies en progression continue, sont en lien avec des facteurs divers, dont le plus important en terme d'impacts est le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou qui se trouve à proximité. En effet, des visites à la décharge nous ont fait découvrir que les déchets ne sont nullement couverts. Ces derniers ne sont pas compactés, ils sont stockés à l'air libre dans le bassin à déchets et dans l'enceinte du centre, brûlés quotidiennement et dégageant des fumées épaisses et des odeurs nauséabondes. Or ces déchets devraient être journalièrement couverts par des matériaux de remblais. La décharge constitue en elle-même une véritable menace pour l'environnement et la santé des animaux, de trieurs de déchets, des surveillants du site et des populations avoisinantes. Cette situation n'est guère observée dans l'enceinte de la décharge contrôlée de la Commune urbaine de Sikasso au Mali. **Cette situation constitue un danger de proximité permanent contraire aux normes d'hygiène et de sécurité en vigueur.** Le lien entre ces risques environnementaux qui évoluent d'année en année et les risques sanitaires a donc été établi par notre étude, en ce sens que l'évolution drastique des taux de prévalence et d'incidence du paludisme et des IRA hautes qui affectent dangereusement la santé des populations avoisinantes est essentiellement due aux risques environnementaux identifiés. Pour preuve, le paradoxe qui subsiste est que l'utilisation massive de moustiquaires imprégnées d'insecticides et les multiples efforts déployés par le Gouvernement et ses partenaires pour prévenir et lutter contre le paludisme, n'ont pas pu fléchir la tendance de la courbe du paludisme dans le sens inverse.

Par ailleurs, des individus dans le village de Noumoubougou ont, dans un passé récent, construit leurs maisons à usage d'habitation à moins de 300 mètres du site, ce qui constitue une violation du cahier de charges. La comparaison a été faite avec le centre d'enfouissement de la Commune urbaine de Sikasso<sup>1</sup> dont les déchets sont enfouis et sécurisés à l'aide des remblais et duquel la population avoisinante est distante à plus de 500 mètres. A ce niveau, nos investigations n'ont enregistré aucune plainte des populations avoisinantes par rapport à d'éventuelles de pollutions et nuisances.

## 5 CONCLUSIONS

L'analyse de l'évolution des maladies prioritaires de la zone de Noumoubougou nous a conduit à jeter un regard sur les conditions environnementales. A la suite de de l'analyse de la situation sanitaire et environnementale, nous avons découvert six phénomènes sanitaires environnementaux remarquables: (i) la prise en charge de plus de 2 969 cas de paludisme grave confirmé sans aucun cas de décès enregistré, phénomène épidémiologique rarissime au Mali; (ii) le phénomène de ciseau caractérisé par la baisse des indicateurs de traumatismes divers, diarrhées et IRA basses, et à la même période, on note l'augmentation des indicateurs du paludisme et des IRA hautes; (iii) l'augmentation drastique des indicateurs de paludisme et d'IRA hautes entre 2017 et 2020; (iv) l'immunité collective développée contre la pandémie à covid-19 avant son avènement; (v) l'environnement malsain à l'intérieur et autour de la décharge à ciel ouvert à l'origine de pollutions et nuisances, influençant trois zones concentriques d'exposition au paludisme; (vi) la construction d'habitats non réglementaires à moins de 300 mètres du site de la décharge, situation gravissime qui entrave la sécurité et à l'hygiène du milieu.

Après analyse des indicateurs et phénomènes cités, nous concluons que le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou est le principal facteur qui influence l'augmentation des morbidités liées au paludisme et aux IRA dans la zone, puisqu'il ne répond pas aux normes fixées pour une décharge contrôlée compactée. Cette situation a motivé la formulation de recommandations, pour améliorer la situation sanitaire et environnementale à l'intérieur et autour du site de la décharge. Nos conclusions et recommandations serviront à: (i) éclairer la lanterne des populations et des autorités administratives sur la situation sanitaire et la gestion environnementale du site; (ii) faciliter l'installation de nouvelles décharges plus sécurisées à travers le pays.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

- EDSTM: Ecole doctorale des sciences et Technologies du Mali
- FAST: Faculté des Arts et Sciences Techniques
- USTTB: Université des Sciences Techniques et de Technologie de Bamako
- MRTC: Malarial research and Training Center
- FMOS: Faculté de Médecine et d'Odonto-stomatologie

<sup>1</sup> Ce centre est la première décharge contrôlée et compactée du Mali. Il est opérationnel depuis 2006.

- CSRéf: Centre de santé de référence
- DRS: Direction régionale de la santé
- CSCOM: centre de santé communautaire
- SIS: système d'information sanitaire
- INSP: Institut National de Santé Publique
- IRA: Infection respiratoire Aigüe
- Route R-N: numéro de la route nationale
- DHIS2: district health information system 2<sup>nde</sup> version
- Covid-19: pandémie à coronavirus 2019
- AVP: accident des voies publiques
- OR: Odds ratio
- RR: risque relatif
- CPS-SP: chimio-prophylaxie saisonnière avec la sulfadoxine pyréméthamine

### CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun conflit d'intérêts déclaré

### REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements sont adressés au personnel de santé, aux surveillants de la décharge de Noumoubougou, aux autorités locales, communales, régionales et nationales pour avoir facilité les contacts, les démarches et la collecte des données.

### REFERENCES

- [1] Ministère de l'Environnement du Mali. Étude d'impacts environnementaux des décharges contrôlées compactées de Noumoubougou et Dialakorobougou, Projet de développement urbain et de Décentralisation du District de Bamako, Tecsalt International Limitée, Montréal, Canada, novembre 2001.
- [2] Tecsalt International Limitée. Etude de la stratégie de gestion des déchets à Bamako – Travaux d'investigation pour l'aménagement d'une décharge contrôlée compactée à Noumoubougou au Mali, Montréal, Canada, 19 p, 2001.
- [3] Banque Mondiale. Projet Développement Urbain et Décentralisation de Bamako: Stratégie de Gestion des Déchets solides, Tecsalt International Limitée, Montréal, Canada, octobre 2001.
- [4] Direction Régionale de la Santé de Koulikoro. Plan opérationnel du District sanitaire de Koulikoro, 2018.
- [5] Direction Régionale de la Santé de Koulikoro, Rapport d'activités du District sanitaire de Koulikoro, 2018.
- [6] Banque Mondiale, Manuel d'évaluation environnementale, Édition française, Volume II - Lignes directrices sectorielles, Washington, D.C, 1999.
- [7] Direction Régionale de la Santé de Sikasso, Rapport final sur l'étude diagnostic des situations sanitaires de la ville de Sikasso et environnants, 2007.
- [8] LORIEAU, Christophe, «Etude sur la gestion des déchets ménagers solides de la ville de Ziguinchor au Sénégal», Tropical Service, ISEME, Fontenay Le Comte, Cabinet d'étude et d'appui au développement Dakar / Sénégal, Rapport d'activités présenté à l'épreuve professionnelle de soutenance du DEES Techniques de l'Environnement, 2007-2008.
- [9] Institut National de la Statistique du Mali, *Enquête Démographique et de Santé du Mali*, 5<sup>e</sup> Edition, 2012-2013.
- [10] Ministère de la Santé du Mali, Gestion sur la qualité de l'air à Bamako, Mali, GTZ 2003.
- [11] Direction Nationale de la Santé du Mali, *Document de Politique Santé Environnement*, Ministère de la Santé, juin 2004, 21 p.
- [12] Direction Nationale de la Santé du Mali, Rapport d'atelier sur la promotion des dalles SANPLAT, 2003.
- [13] Université Senghor d'Alexandrie, Université de Montréal, «Colloque international Santé et environnement: risques et enjeux», *Actes santé environnement*, Alexandrie, 17-18 février 2007.
- [14] Vedula France, «Enfouissement et stockage des déchets», *Déchets et développement durable*, <http://www.vedura.fr/environnement/dechets/enfouissement-dechets>, Site consulté online le 20 juillet 2018 et le 11 février 2019.
- [15] OMS, Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air: particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health> 2018.
- [16] OMS, *Lignes directrices relatives à la qualité de l'air*, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health>, 2016.
- [17] OMS, *Lignes directrices relatives à la qualité de l'air*, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health>, 2021.
- [18] République du Mali, Loi n° 01- 020/PRM du 30 Mai 2001, relative aux pollutions et nuisances, 2001.
- [19] République du Mali, Loi N° 91-047/AN-RM du 23 février 1991, relative à la protection de l'environnement et du cadre de vie, 1991.

- [20] République du Mali, Décret N° 99-189/P-RM du 05 juillet 1999 portant institution de la procédure d'étude d'impact sur l'environnement, 1999.
- [21] Direction Nationale de la Santé du Mali, Analyse de la situation et estimation des besoins (ASEB) en santé et environnement au Mali dans le cadre de la mise en œuvre de la déclaration de Libreville, Juin 2010.
- [22] Direction Nationale de la Santé du Mali, Plan d'action national conjoint en santé et environnement, Décembre 2012.
- [23] AINA M.P., «Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les pays en développement: contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites», *Université de Limoges*, Thèse de Doctorat N°46, 206 p., 2006.
- [24] Groupement CEDI SAHEL / GERS / Liner Environnement, Rapport de l'audit environnemental et social de la décharge finale des déchets solides de Noumoubougou au Mali, Bamako, avril 2021.
- [25] Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL), Rapport provisoire «mission de vérification de conformité environnementale de l'Industrie Malienne de Fer (IMAFER)», Bamako, 2021.
- [26] ADEPOJU G. Onibokun, «La gestion des déchets urbains: des solutions pour l'Afrique», *Paris, Editions Karthala*, 256 p., 2001.
- [27] DIARRA, Bah, *Contribution au contrôle de qualité de l'eau dans certains quartiers périphériques de Bamako*, Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali (ENMPM), Thèse de doctorat, 97 p., 1985.
- [28] BEAUD, Michel, L'art de la thèse: comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou de maîtrise ou tout autre travail universitaire, Paris, La Découverte, 176 p., 1985.
- [29] ROMELAER, Pierre, KALIKA, Michel, *Comment rédiger sa thèse*, Paris, 3<sup>e</sup> édition, DUNOD, 176 p., 2016.
- [30] OMS, *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, 4<sup>e</sup> éd. intégrant le premier additif, Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., <http://apps.who.int/iris>, consulté en ligne le 5 mai 2023.
- [31] Assemblée Nationale du Mali, Loi N°01-020 relative aux pollutions et aux nuisances, 2001.
- [32] Seydou A. Togola & all., Attitudes et pratiques des habitants de la Commune V du District de Bamako face à la gestion des déchets solides des ménages, *Etudes Environnementales*, Bamako, août 2022.
- [33] BERNET C, LAPRUGNE-GARCIA E, SAINT GENIS LAVAL, «Le risque de contamination à pseudomonas aeruginosa à l'ouverture d'un établissement de santé», *CCLIN Sud-Est*, 8 p., juillet 2009.
- [34] Pilmis B., Scemla A., Legendre O., Lortholary O., Zahar J-R., «Les infections urinaires à entérobactéries productrices de BLSE (EBLSE) chez le patient transplanté rénal: incidence et facteurs de risque de rechute», *poster JINI-BMR\_07*, 1 p., 2015.
- [35] Institut National de Formation en Sciences de la Santé du Mali (INFSS), *Santé et Environnement: Guide du Formateur*, Annexe 1, avril 2008, 30 p.
- [36] Direction Nationale de la Santé du Mali, Rapport sur l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation du secteur de la santé aux changements climatiques au Mali, 54 p., septembre 2017.
- [37] Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique du Mali, *Annuaire statistique de l'année 2021*, Ministère de la Santé et du Développement Social, 2022.
- [38] Marc J.O. *Chimie environnementale*, Québec, 2<sup>e</sup> édition, Les Productions Jacques Bernier, 312 p., 1997.
- [39] ADJIRI Oi Adjiri, ANY-GRAH Sandrine Aka, KOUAMÉ Kouamé Victor *et al.*, «Risques toxicologiques de la cohabitation avec une décharge: cas d'Akouédo en Côte d'Ivoire», *Santé Publique*, 2019/4 vol. 31, p. 567-579. DOI: 10.3917/spub.194.0567. URL: <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2019-4-page-567.htm>.
- [40] Alexander K, Godrej A. «Pratiques d'élimination des eaux grises dans le nord du Botswana - Le printemps silencieux?» *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2015; 12: 14529–40. <https://doi.org/10.3390/ijerph121114529>.
- [41] Cabral, M et al., «Faible exposition environnementale au plomb et aux effets néfastes rénaux: une étude transversale dans la population d'enfants bordant la décharge de Mbeubeuss près de Dakar, Sénégal», 2012.
- [42] Sylvain AMALAMAN et al., «Analyse de l'impact des nuisances dues à la décharge d'Akouédo sur la santé des populations riveraines et utilisatrices (Abidjan-cote d'ivoire)», *Colloque Santé et environnement: risques et enjeux*, Université Senghor, Alexandrie, Egypte, 17 - 18 février 2007.
- [43] Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et Nuisances, *Politique Nationale d'Assainissement du Mali*, Ministère de l'environnement et de l'Assainissement du Mali, 37p., janvier 2009.
- [44] Urme, Salma Akter et al., «Pratiques en matière de déchets de la décharge de Dhaka: lutte contre la pollution urbaine et les risques pour la santé». *Buildings & cities* vol. 2,1 (2021): 700-716. doi: 10.5334/bc.108.
- [45] Roy, Subham et al., «Perception par les citoyens de l'exposition aux décharges et des effets sur la santé qui y sont associés: une approche de modélisation basée sur PLS-SEM.» *Environmental monitoring and assessment* vol. 195,1 134. 21 nov. 2022, doi: 10.1007/s10661-022-10722-4.
- [46] Sisino, CL, and JC Moreira, «Évaluation de la contamination et de la pollution de l'environnement dans la zone sous l'influence de la décharge de Morro do Céu à Niterói, Rio de Janeiro, Brésil». *Cadernos de saude publica* vol. 12,4 (1996): 515-523. doi: 10.1590/s0102-311x1996000400010.
- [47] Caravanos, Jack et al., «Un système simplifié de classement des risques pour hiérarchiser les sites de pollution toxique dans les pays à revenu faible et intermédiaire», *Annals of global health* vol. 80,4 (2014): 278-85. doi: 10.1016/j.aogh.2014.09.001.

- [48] Che, Yue et al. «Préoccupations et attitudes des résidents à l'égard d'une décharge municipale de déchets solides: intégration d'une enquête par questionnaire et de techniques SIG». *Environmental monitoring and assessment* vol. 185, 12 (2013): 10001-13. doi: 10.1007/s10661-013-3308-y.
- [49] De Feo, Giovanni et al., Perception par le public des odeurs et de la pollution environnementale attribuées aux installations de traitement et d'élimination des déchets solides municipaux (DSM): une étude de cas.« *Waste management (New York, N.Y.)* vol. 33,4 (2013): 974-87. doi: 10.1016/j.wasman.2012.12.016.
- [50] Aatamila, Marjaleena et al., «Gêne olfactive et symptômes physiques chez les riverains des centres de traitement des déchets», *Environmental research* vol. 111,1 (2011): 164-70. doi: 10.1016/j.envres.2010.11.008.
- [51] Frikha, Youssef et al., «Génération de lixiviat à partir d'une décharge dans un climat semi-aride: Une étude qualitative et quantitative à Sousse, Tunisie.» *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* vol. 35,9 (2017): 940-948. doi: 10.1177/0734242X17715102.
- [52] Institut de Veille Sanitaire, Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium dans les eaux, aliments et produits de santé, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, novembre 2003.
- [53] Julie Koné-Bodou Possilétya et al., «Risques sanitaires liés aux déchets ménagers sur la population d'Anyama (Abidjan-Côte d'Ivoire)», *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 19 Numéro 1, mars 2019; <http://journals.openedition.org/vertigo/24417>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.24417>.

## **Analyse de l'application des mesures d'hygiène et de sécurité dans la zone d'influence du centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou, près de Bamako, Mali**

### **[ Analysing the application of hygiene and safety measures in the area affected by the Noumoubougou domestic waste landfill near Bamako, Mali ]**

*Hippolyte Traore<sup>1</sup>, Housseini Dolo<sup>2</sup>, Adama Tolofoudye<sup>3</sup>, Ibréhima Guindo<sup>4</sup>, and Kléma Marcel Kone<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Chercheur en santé publique à l'Institut National de Santé Publique du Mali (INSP), Doctorant à l'EDSTM, USTTB Bamako, Mali

<sup>2</sup>Enseignant Chercheur en Epidémiologie au MRTC, FMOS-Bamako, Mali

<sup>3</sup>Enseignant Chercheur en Chimie environnementale, Génie Chimique et Génie des Procédés, Chef du Laboratoire de Chimie, FAST, USTTB Bamako, Mali

<sup>4</sup>Enseignant Chercheur en Pharmacie et Sciences biomédicales, chef de Département Recherche biomédicale et Laboratoire INSP Bamako, Mali

<sup>5</sup>Master en sciences biomédicales, Chef service microbiologie, Département Recherche biomédicale et Laboratoire INSP Bamako, Mali

---

Copyright © 2023 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 Noumoubougou landfill is located 30 kilometers northeast of Bamako on the Koulikoro road. Its construction has given rise to a great deal of concern, disagreement and even reluctance on the part of the local population. This issue led us to analyze the application of health and safety measures in and around the site. The study covers the period from 2020 to 2022. The methodology focuses on observing the landfill, taking groundwater samples in and around the landfill, and interviewing landfill supervisors. Observations showed that the landfill does not meet the criteria of a compacted controlled landfill, as waste is not covered on a daily basis and is a source of pollution and nuisance. Biomedical and toxicological analyses have confirmed that the groundwater is not polluted by the leachate produced by the landfill. Lack of awareness on the part of users, site supervisors and the local population, lack of compliance by the authorities and insufficient financial resources to ensure the management, operation and monitoring of such a facility are determining factors in the inadequate application of health and safety measures.

**KEYWORDS:** pollution, nuisance, leachate, Supervisor, compacted controlled landfill, health monitoring.

**RESUME:** La décharge contrôlée compactée de Noumoubougou se trouve à 30 kilomètres au Nord-Est de Bamako sur la route de Koulikoro. Sa réalisation a suscité beaucoup d'inquiétudes, des divergences et même des réticences de la part des populations avoisinantes. La problématique nous a conduit à analyser l'application des mesures d'hygiène et de sécurité à l'intérieur et autour du site. L'étude est menée sur la période 2020 à 2022. La méthodologie est axée sur l'observation du site de la décharge, le prélèvement des échantillons d'eau souterraine à l'intérieur et autour du site de la décharge, et l'interview des surveillants du site de la décharge. L'observation a montré que la décharge ne répond pas aux critères d'une décharge

contrôlée compactée, puisque les déchets ne sont pas couverts journalièrement, et constitue une source de pollutions et nuisances. Les analyses biomédicales et toxicologiques ont confirmé que les eaux souterraines ne sont pas polluées par les lixiviats produits par la décharge. Le manque de sensibilisation des usagers, des surveillants du site et des populations avoisinantes, le non respect du cahier de charges par les autorités et l'insuffisance de moyens financiers pour assurer la gestion, le fonctionnement et le suivi d'un tel ouvrage, sont des facteurs déterminants de l'insuffisance d'application des mesures d'hygiène et de sécurité.

**MOTS-CLEFS:** pollutions, nuisances, lixiviats, surveillants, décharge contrôlée compactée, suivi sanitaire.

## **1 INTRODUCTION**

La pollution atmosphérique est actuellement reconnue comme étant la plus importante menace environnementale pour la santé humaine. Les données de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) montrent que la quasi-totalité de la population mondiale (99%) respire un air dont les valeurs dépassent les limites recommandées par l'OMS et qui contient des taux élevés de polluants, l'exposition étant la plus forte dans les pays à revenu faible ou intermédiaire<sup>1</sup>.

Neuf personnes sur dix respirent de l'air pollué, la pollution atmosphérique tue 13 personnes chaque minute<sup>2</sup>.

Les Centres d'enfouissement des déchets constituent une alternative à la pollution atmosphérique. Celui de Noumoubougou, situé à 30 kilomètres de Bamako est le deuxième du genre au Mali après celui de la Commune urbaine de Sikasso. Il a été initié en 2001 par les autorités administratives du District de Bamako, afin d'enfouir, compacter et contrôler les déchets collectés dans les Communes I, II, III et IV du District de Bamako [1]. Mais sa réalisation n'a commencé qu'en 2014 et sa mise en œuvre en 2016. Ce retard s'explique par le fait que les populations de la Commune de Tienfala se sont montrées réticentes au projet de réalisation de la décharge, pour la principale raison que le dépôt final dont les déchets provenant de Bamako, constituerait une menace pour leur santé et cadre de vie. La décharge est devenue opérationnelle en 2016 grâce à la coopération avec l'Opérateur économique marocain 'OZONE'.

Depuis que l'installation et l'exploitation du site ont commencé, aucune étude sanitaire n'a été menée pour vérifier si toutes les conditions et mesures d'hygiène et de sécurité sont réunies. Puisque la décharge est devenue un sujet de discorde, d'inquiétude et de plaintes permanentes, notre étude qui rentre dans le cadre d'une thèse de doctorat, s'est proposée comme objectif d'analyser l'application des mesures d'hygiène et de sécurité à l'intérieur et autour du centre d'enfouissement des déchets. L'hypothèse de recherche posée avant l'étude a été la suivante: « la décharge contrôlée compactée de Noumoubougou n'a pas d'influence sur la santé des populations avoisinantes ».

## **2 MATERIELS ET METHODE**

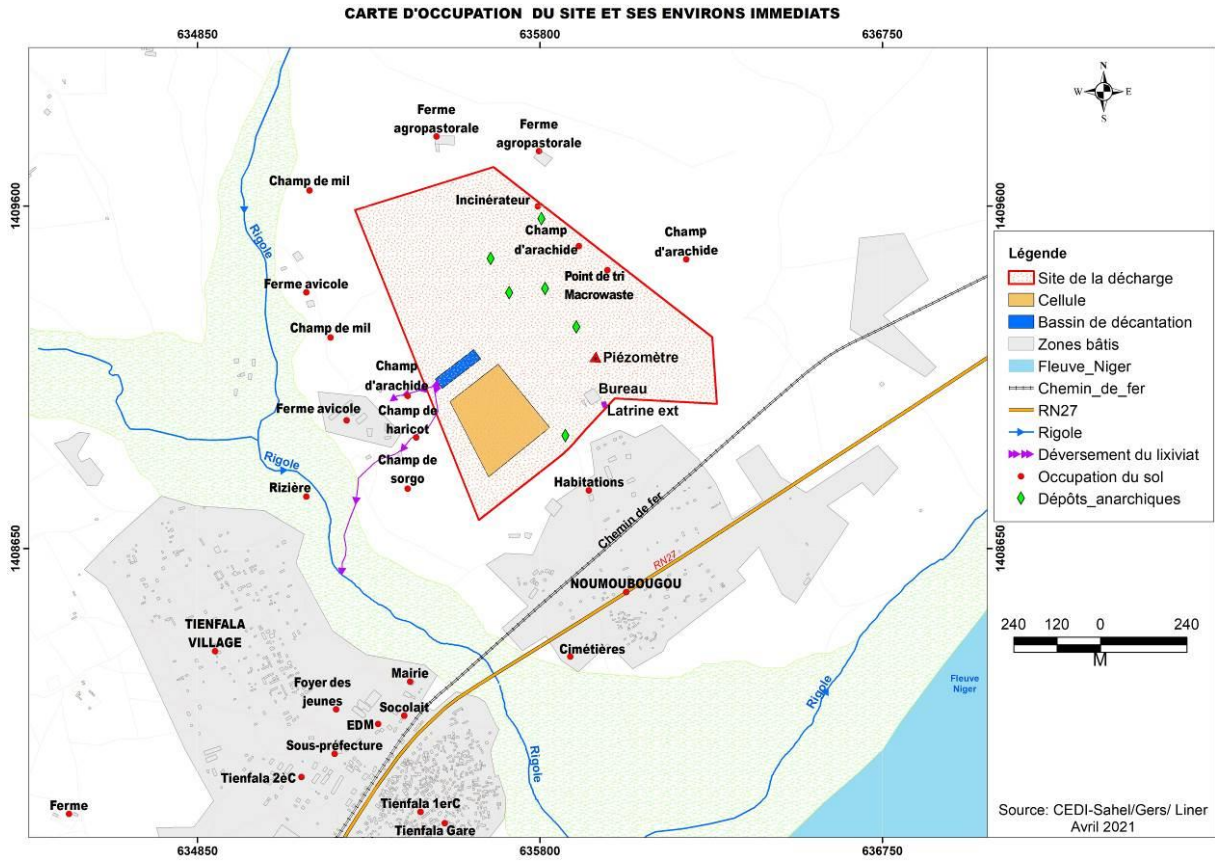
### **2.1 DESCRIPTION DU SITE ET DE LA POPULATION DE L'ÉTUDE**

Le site de notre étude se situe dans la Commune de Tienfala, près du hameau de culture de Noumoubougou, situé à 1 km du village de Fougadougou et à environ 1 kilomètre au nord-est du village de Tienfala. La décharge est localisée à 30 km au nord-est de Bamako, à environ 700 mètres du côté gauche de la route RN-27 et à 2 km du fleuve Niger, sur l'axe Bamako-Koulikoro. La superficie totale du site de la décharge est de 50 hectares, dont 30 sont exploités pendant les 10-15 premières années et les 20 autres sont gardés en réserve pour une future extension. Le centre d'enfouissement comporte: un bâtiment administratif, des toilettes, deux hangars, un incinérateur, deux citernes d'eau, un château d'eau, cinq engins lourds, deux grandes portes, un mur de clôture, deux grands bassins, dont l'un contient les déchets à ciel ouvert et l'autre les lixiviats [2]. La décharge, bien qu'ayant deux grandes portes et un mur d'enceinte en dégradation, est facilement accessible aux trieurs et aux animaux en divagation.

---

<sup>1</sup> Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, 2016, Pollution atmosphérique (who.int)

<sup>2</sup> Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, 2021, Pollution atmosphérique (who.int)



**Fig. 1. Carte d'occupation du site de la décharge de Noumoubougou et ses environs immédiats.**



**Image 1: Décharge contrôlée compactée de Noumoubougou: Bassin contenant les déchets stockés à l'air libre dégageant des fumées et odeurs nauséabondes pendant la saison sèche.**

## **2.2 POPULATION D'ÉTUDE**

La population d'étude est celle de l'aire de santé de Tienfala, située à mi-chemin à 30 km de part et d'autre entre le CSRéf de Koulikoro et la ville de Bamako. L'aire de santé de Tienfala regroupe 15 villages (Source: SIS/DRS Koulikoro, 2018). Sa population actualisée était de 9 716 habitants en 2022. La population directement impactée par le centre d'enfouissement de Noumoubougou était de 3 841 habitants en 2022, regroupant quatre localités dont Tienfala village, Tienfala Gare, Fougadougou et le hameau de Noumoubougou [3].

## **2.3 APPROBATION ÉTHIQUE**

La présente étude a été approuvée par le Comité d'Éthique de l'Institut National de Santé Publique (INSP) avant sa mise en œuvre. Les consignes et considérations éthiques ont été rigoureusement respectées sur le terrain par le chercheur principal, doctorant à l'EDSTM/USTTB. Celles-ci ont contribué à obtenir l'adhésion de toutes les parties prenantes, recueillir des données de qualité et minimiser les biais de l'étude.

## **2.4 OUTILS DE COLLECTE ET D'ANALYSE**

La méthodologie adoptée est la suivante:

- L'observation du site de la décharge;
- Le prélèvement d'échantillons des eaux souterraines à l'intérieur et autour du site de la décharge;
- L'interview des surveillants du site de la décharge.

Les outils de collecte utilisés étaient:

- Une grille d'observation du site a été spécialement conçue pour collecter toutes les informations et données à l'intérieur et autour du site;
- Une tablette contenant l'Application KoboCollect a été utilisée pour géolocaliser le bassin de lixiviat, 04 puits traditionnels et 09 forages dans les villages. Deux équipes de l'INSP et de la FAST ont effectué les prélèvements d'échantillons des eaux souterraines puis analysé les échantillons dans le Laboratoire de Microbiologie de l'INSP et celui de Chimie de la FAST pour les tests toxicologiques. Les conditions de prélèvement, de transport, de stockage et d'examen ont été respectées par les techniciens conformément aux exigences en la matière;
- Un questionnaire spécifique a été élaboré, validé et soumis individuellement aux surveillants du site pour recueillir leur opinion sur les mesures d'hygiène, de sécurité et de gestion du site;
- Les outils informatiques Word, Excel, Access, ont été utilisés respectivement pour la saisie, codage, décodage et épuration des données. Les analyses statistiques bivariées et multivariées statistiques des données ont été effectuées exclusivement sur Epi Info 7.3.3 après transfert à partir du logiciel Access.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 RESULTATS DE L'OBSERVATION DU SITE DE LA DECHARGE**

L'observation de la décharge a consisté à effectuer plusieurs visites à la décharge pendant les saisons sèches et les saisons pluvieuses. Elle a concerné: (i) l'état du bassin de déchets et celui des lixiviats; (ii) la fréquentation des lieux par la population et les animaux; (iii) le fonctionnement, suivi et évaluation des activités du site de la décharge. Il en ressort la situation suivante:

Tableau 1. Grille d'observation du Centre d'enfouissement des déchets

ITEMS OBSERVÉS	OUI	NON	DESCRIPTION DE LA SITUATION
Système de protection du périmètre du site	X		Double protection avec une digue et un mur servant de clôture du périmètre. Le mur est endommagé en certains endroits des côtés nord et sud, laissant pénétrer des animaux (moutons, chiens, chèvres)
Facilité d'accès par les humains et les animaux	X		Deux portes d'entrée à l'Est et au sud sont ouvertes par lesquelles circulent les humains et les animaux
Présence humaine dans le bassin de déchets	X		Le bassin de déchets est fréquenté par des femmes et des enfants de tout âge
Présence d'animaux dans le bassin de déchets	X		Il y a la présence des moutons, chèvres et chiens errant dans l'enceinte du site, aussi la présence des chiens dans le bassin de déchets à la recherche de nourriture, est très remarquable
Présence d'insectes	X		Des mouches et des moustiques sont partout dans le site
Recouvrement des déchets par des matériaux		X	Les déchets ne sont pas couverts par des matériaux dans le bassin de déchets. Dans le périmètre, on observe des tas de déchets anciennement brûlés et des tas de tessons de verre jonchant le sol du côté nord-est et nord du site
Dégradation du sol et des plantes		X	Le sol et les plantes n'ont pas subi de dégradation, d'autant plus que la végétation (arbres, herbes) est luxuriante à l'intérieur et autour de la décharge
Dégradation des portes, barrières, rampes d'accès et bassin de lixiviats	X		Les portes sont vétustes, les barrières notamment la digue a été fortement affectée par l'érosion, ce qui fait que la bâche qui couvrait la digue a presque disparu de la surface de la digue, quelques morceaux sur lesquels sont posés des pierres, subsistent à certains endroits. Les rampes d'accès au bassin de lixiviats sont en bon état
Présence de déchets spéciaux dans le bassin de déchets	X		On remarque des films de radiographie, des flacons vides de médicaments et de réactifs de laboratoire, des flacons vides de sérums glucosé et salé, des poches de sang contenant du sang non coagulé, des tubulures et transfuseurs, des seringues et des aiguilles (voir photos)
Nuisances (odeur, fumées, etc.)	X		Les déchets sont à ciel ouvert, donc il se dégage une odeur putride. Une grande partie des déchets situés à l'ouest dégage des fumées toxiques tandis que les déchets situés au nord et au nord-ouest du bassin ont été récemment brûlés
Fonctionnalité des installations	X		Les deux citernes contenant de l'eau avec système de pompage, le moteur du bassin de lixiviats, sont fonctionnels. Dans le parc automobile, trois véhicules sur cinq sont fonctionnels (1 camion et un bulldozer sont non fonctionnels)
Existence de forages et / ou puits	X		Il existe un forage avec château d'eau fonctionnel situé au sud-est de la décharge
Matériels et équipement (disponibilité et qualité)	X		Matériels et équipement sommaire au niveau du bâtiment principal et deux hangars non utilisés
Bassins de déchets et lixiviats (nombre et qualité)	X		Le bassin de déchets est séparé du bassin de lixiviats par un espace dont une partie est utilisée par les trieuses de déchets pour stocker les sacs de déchets en attendant leur transport par des mini-bus.
Salubrité des lieux et voies d'accès		X	Les déchets jonchent l'enceinte du site. Une grande partie de ces déchets a été déversée récemment dans le bassin à déchets suite aux visites répétées des ministres et de la DNACPN.
Existence de puits piézométriques	X		Il existe trois puits piézométriques du côté est du site. Ils distants d'environ 200 m des uns des autres.
Utilisation de cahiers de mouvements, registres, protocoles ou affiches		X	Le site ne dispose pas de documents de gestion, à part un carnet de tickets à partir duquel sont délivrés des tickets aux chauffeurs de camion après versement des déchets ménagers dans l'enceinte de la décharge.

### 3.1.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

- Le site ne bénéficie pas de suivi régulier des installations et des bassins de déchets et du lixiviat, témoins la présence de déchets éparses dans l'enceinte du site et l'écoulement du lixiviat dont on voit les traces de ruissellement;
- Des déchets sont abandonnés à ciel ouverts et brûlés dans le bassin de déchets, alors qu'ils devraient être recouverts de matériaux de remblais, pour empêcher les fumées, les odeurs et la prolifération de mouches et moustiques;
- Il y a des déchets qui jonchent le sol dans certaines parties du site. Des déchets biomédicaux et spéciaux sont visibles dans le bassin de déchets;
- Les voies d'accès et l'enceinte du site de la décharge sont joncées de sacs remplis de déchets triés directement à partir du bassin de déchets par les trieurs de déchets;
- Les murs de protection, les digues et les rampes d'accès sont délabrés, laissant passer les animaux;
- La présence remarquée des humains et des animaux, de même que les mouches, moustiques, fumées et odeurs nauséabondes;
- Le site de la décharge ne dispose pas de documents de gestion requis.

### 3.1.2 CONCLUSION

L'observation du site de la décharge a montré que les mesures d'hygiène et de sécurité ne sont pas suffisamment mises en œuvre. La présence de trieurs de déchets et de surveillants sans protection individuelle, d'animaux en divagation, de vecteurs de maladies (mouches, moustiques, fumées, odeurs nauséabondes et de déchets biomédicaux), le manque de désinfection/désinsectisation, et l'insuffisance de suivi environnemental confirment l'existence de causes profondes que sont le non respect du cahier de charge, l'insuffisance de moyens financiers et le manque de sensibilisation sur le lien entre problèmes de santé et l'environnement. La décharge de Noumoubougou est donc une source potentielle d'exacerbation de certaines maladies parasitaires et infectieuses.

### 3.2 RESULTATS DES PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES A L'INTERIEUR ET AUTOUR DU SITE DE LA DECHARGE

Quatorze échantillons d'eau souterraine ont été prélevés par une équipe de techniciens de laboratoire en présence du chercheur principal de l'étude. Les conditions de prélèvement, les mesures d'hygiène, le conditionnement, le stockage et transport des échantillons ont été rigoureusement respectés pour minimiser les risques de contamination et changement de température. Tous les puits et forages ciblés ont été au préalable géolocalisés à l'aide de l'Application KoboCollect sur tablette numérisée avant de procéder au prélèvement. Les résultats des examens bactériologiques et physico-chimiques ont été fournis par le Laboratoire de recherche biomédicale de l'INSP et le Laboratoire de Chimie de la FAST/USTTB. Ils ont ensuite été comparés à des résultats antérieurs délivrés par le laboratoire de Chimie de la FAST pour apprécier l'évolution de la qualité des eaux.

**Tableau 2. Echantillons prélevés en fonction des localités et sources d'eau**

LOCALITÉ	POSITION GEOGRAPHIQUE	SOURCE D'EAU			NOMBRE TOTAL D'ÉCHANTILLONS
		Forage	Puits	Bassin de lixiviats	
Site de la décharge	Centre	1		1	2
Tienfala village	Ouest	1	1		2
Tienfala Gare	Ouest	3			3
Noumoubougou	Sud	2	3		5
Fougadougou	Est	1			2
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>14</b>

Au total, 14 prélèvements ont été effectués, dont:

- 1 échantillon d'eau du bassin de lixiviats, situé dans le site de la décharge
- 4 échantillons d'eau de puits traditionnels pour le maraichage et la boisson à Tienfala village et Noumoubougou
- 9 échantillons d'eau de forage destinées à la consommation dont 01 dans le site de la décharge, 01 à Tienfala village, 03 à Tienfala Gare, 02 à Noumoubougou hameau et 02 à Fougadougou.

Il est à noter que:

- L'eau de la rigole située entre la décharge et le village de Tienfala n'a pu être prélevée à cause de son assèchement au passage de l'équipe de recherche;
- L'eau provenant du forage de Massala, situé à 16 km à l'Est du site de la décharge, dessert plusieurs villages dont Fougadougou, Noumoubougou, Tienfala village et Tienfala Gare. L'équipe de recherche a prélevé l'eau directement au robinet qui se trouve au niveau du CSCOM de Tienfala, pour une comparaison avec les eaux de puits et forages prélevées autour du site de la décharge.

La recherche microscopique et culture des germes a concerné principalement les coliformes (totaux, fécaux), Salmonella Shigella, Streptococcus fécaux, Escherichia Coli.

**Tableau 3. Principaux germes isolés dans les eaux souterraines**

SOURCE DES ÉCHANTILLONS	POSITION GÉOGRAPHIQUE	LOCALITÉ	RECHERCHE DE COLIFORMES ET DE BACILLES GRAM NÉGATIF	NUMÉRATION DE LA FLORE AÉROBIE TOTALE
Forage Mairie Tienfala (F1)	Ouest	Tienfala gare	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
<b>Forage CSCOM Tienfala (F2)</b>	<b>Ouest</b>	<b>Tienfala gare</b>	<b><i>Enterobacter cloacae</i></b>	<b>80 UFC/ml</b>
Forage CSCOM Tienfala (eau dont la source est à Massala) (F3)	Est	Tienfala gare	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Tienfala village (F1)	Ouest	Tienfala village	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Noumoubougou (F1) chef de village	Sud	Noumoubougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Noumoubougou (F2) devant le site de la décharge	Sud	Noumoubougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Noumoubougou (F3) à l'intérieur du Site de la décharge	Centre	Site de la décharge	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Fougadougou (F1) côté mosquée	Est	Fougadougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
Forage Fougadougou (F2) entrée du village	Est	Fougadougou	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
<b>Bassin de lixiviats (centre)</b>	<b>Centre</b>	<b>Site de la décharge</b>	<b><i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>	<b>23 000 UFC/ml</b>
Puits (P1) Tienfala village	Ouest	Tienfala village	< 10 UFC/ml	< 10 UFC/ml
<b>Puits (P1) Noumoubougou (chef village)</b>	<b>Sud</b>	<b>Noumoubougou</b>	<b><i>Enterobacter cloacae</i></b>	<b>1180 UFC/ml</b>
<b>Puits (P2) Noumoubougou (chez KONE)</b>	<b>Sud</b>	<b>Noumoubougou</b>	<b><i>Enterobacter cloacae</i></b>	<b>190 UFC/ml</b>
Puits (P3) Noumoubougou (deux familles)	Sud	Noumoubougou	< 10 UFC/ml	60 UFC/ml

UFC: unit forming colony

### 3.2.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Des quantités importantes de bactéries dénommées *Enterobacter cloacae* ont été isolés dans les eaux du forage situé dans le CSCOM de Tienfala et dans les deux puits situés à Noumoubougou. Ce sont gram-négatifs, de même type que *Salmonella Shigella*, *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Streptococcus faecalis*, *Proteus*, *morganella* et *yersinia*. Ils sont responsables des gastro-entérites infantiles, des infections urinaires, pulmonaires et cutanées. D'autres germes « *Pseudomonas aeruginosa* » ont été retrouvés dans les lixiviats du site de la décharge. Ces bacilles gram négatifs sont généralement présentes dans des eaux stagnantes des égouts et lixiviats. Chez l'homme, ils sont source d'infection diverses au niveau gastro-intestinal, des yeux, oreilles, plaies, cœur, cerveau, urines, poumons, voies respiratoires supérieures et peau. Les eaux des autres puits et forages, sont sans danger pour la consommation humaine, mais nécessitent un traitement adéquat et régulier.

### 3.2.2 CONCLUSION

Les germes retrouvés dans les lixiviats de site de la décharge n'ont pas été retrouvés dans les eaux des puits et forages avoisinants, bien vrai qu'au niveau du bassin de lixiviats, on observe que les traces de ruissèlement des liquides suite à l'augmentation de son niveau par la pluie et, consécutivement son déversement par terre. L'isolement des germes présents dans les eaux des puits de Noumoubougou et dans le forage du CSCOM situé à de Tienfala Gare, est d'une importance capitale pour la présente étude, par ce que cette situation montre d'une part que les infrastructures manquent d'entretien et de traitement réguliers, et d'autre part que les eaux de ces puits sont contaminés superficiellement et en profondeur par le ruissèlement et l'infiltration des excréta et eaux usées, les animaux en divagation et les objets de toute nature qui y tombent.

### 3.3 RÉSULTATS DES EXAMENS PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX

Les prélèvements La recherche de métaux lourds (cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, arsenic, mercure, manganèse, potassium, magnésium) dans les eaux a été effectuée par le Laboratoire de Chimie de la FAST, dont les résultats sont ci-dessous mentionnés.

Tableau 4. Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux

Echantillons	pH	Cond	Turb	TA	TAC	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Unités		µS/Cm	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
F Mairie Tienfala Gare	6,16	164	0,57	0,00	220	13,44	11,2	26,63	0,00	0,00	0,08	0,11
F1 CSCOM Tienala	6,69	100	0,54	0,00	160	6,72	12,8	17,75	0,00	0,00	0,00	0,00
F2 CSCOM (Eau du forage de Massala)	7,09	447	0,38	0,00	640	47,04	72	17,75	0,00	0,00	1,27	0,02
F Tienfala Village Ouest	7,3	88	0,46	0,00	80	3,84	9,6	21,30	0,00	0,00	3,16	0,00
F Nmbgou sud	8,34	103	0,49	0,00	120	6,72	9,6	17,75	0,00	0,00	0,00	0,00
F2 Nmbgou sud	<b>5,89</b>	193	0,52	0,00	280	9,6	36,8	15,98	0,00	0,00	1,69	0,00
F3 Nmbgou Décharge	6,19	135	0,77	0,00	180	7,68	19,2	19,53	0,00	0,00	4,08	0,16
F1 Fgadgou EST	7,25	580	1,46	0,00	660	59,52	56	21,30	0,00	0,00	0,78	0,01
F2 Fgadgou EST	7,06	434	0,51	0,00	540	30,72	68,8	23,08	0,00	0,00	0,30	0,15
P Tienfala Village Est	7,57	78	<b>7,65</b>	0,00	100	6,72	6,4	30,18	0,00	0,00	4,85	0,24
P1 Nmbgou sud	7,72	114	2,89	0,00	60	5,76	8	49,70	0,00	0,00	14,98	0,00
P2 Nmbgou sud	<b>4,36</b>	78,4	<b>7,57</b>	0,00	60	1,92	4,8	40,83	0,00	0,00	11,17	0,00
P3 Nmbgou sud	<b>5,89</b>	193	0,52	0,00	280	9,6	36,8	15,98	0,00	0,00	1,69	0,00
Norme OMS	6,5-9	1500	-	-	-	100	200	250	500	0,2	50	-
B Lixiviation	8,95	1780	<b>&gt;1000</b>	0,00	16000	96	640	568,00	0,00	0,00	0,22	0,03
Norme de rejet	6,5-9,5	2500		-	-	-	-	1200	100	10	30	10

Tableau 5. Résultats de l'analyse des métaux lourds des eaux

Echantillons	Zn	Cd	Ba	Cu	Ni	Co	As	Pb	K	Mo	Mn	Cr	Al
Unités	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
F Mairie Tienfala G.	0,02	<0,01	0,13	0,01	0,06	0,15	<0,01	0,03	11,89	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F CSCOM	0,02	<0,01	0,14	0,01	0,03	0,24	<0,01	<0,01	12,63	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
F CSCOM (Eau forage de Massala)	0,03	<0,01	0,7	0,01	0,06	0,11	<0,01	0,06	19,42	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F Tienfala Village Ouest	0,14	0,01	0,01	0,04	<b>2,45</b>	0,04	<0,01	<b>15,28</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F Nmbgou sud	0,01	0,01	0,06	0,01	0,04	0,75	<0,01	<0,01	11,37	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F2 Nmbgou sud	0,02	0,02	0,22	0,01	0,01	1,06	<0,01	<0,01	13,74	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
F3 Nmbgou Décharge	0,01	0,03	0,15	<0,01	<0,01	1,01	<0,01	<0,01	16,11	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
F1 Fgadgou EST	0,01	0,03	2,44	<0,01	0,02	0,77	<0,01	<0,01	24,48	<0,01	<0,01	0,02	0,03
F2 Fgadgou EST	0,01	0,04	0,2	<0,01	0,03	0,79	<0,01	<0,01	13,58	<0,01	<0,01	0,02	0,02
P Tienfala village Est	0,07	<0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	3,56	<0,01	0,01	<0,01	<b>1,91</b>
P1 Nmbgou sud	0,06	<0,01	0,12	0,02	<0,01	0,3	<0,01	<0,01	7,3	<0,01	0,04	<0,01	0,3
P2 Nmbgou sud	0,04	0,01	0,04	0,01	<0,01	1,06	<0,01	<0,01	5,62	<0,01	0,01	<0,01	0,39
P3 Nmbgou sud	0,03	0,02	0,07	0,01	<0,01	0,85	<0,01	<0,01	6,14	<0,01	0,02	0,01	<b>1,27</b>
Norme OMS	1	0,03	0,7	1	0,02	-	0,01	0,01	-	0,07	0,2	0,05	0,2
B Lixiviation	0,15	<0,01	2,32	0,11	0,54	<0,01	<0,01	0,68	>1000	<0,01	0,32	0,8	0,93
Norme de rejet	0,5	0,02	-	0,1	2	-	0,5	0,2	-	-	2	2	1

### 3.3.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

#### 3.3.1.1 EAUX DES FORAGES

Les eaux des forages prélevées sont limpides (1.46 NTU max) et de faible conductivité (580 s/cm max). Elles contiennent seulement des traces de métaux lourds à l'exception de celle du forage ouest de Tienfala village qui se démarque des autres par sa teneur élevée en nickel (2,45mg/L) et en plomb (15.28 mg/L).

Tous les paramètres physicochimiques ainsi que les teneurs des métaux lourds, les eaux de forages analysées sont conformes aux valeurs guides de la norme de l'eau de consommation de l'OMS, exceptés: (i) un puits Est de Tienfala village et un puits au sud de Noumoubougou riche en aluminium; (ii) l'eau du forage Ouest de Tienfala Village riche en nickel et en plomb.

La présence isolée du plomb et du nickel dans les eaux du forage cité, ont plusieurs origines parmi lesquelles la nappe phréatique, les tuyauteries (conduits d'adduction en eau), les émissions industrielles, les incinérations ou enfouissement de déchets et certaines peintures. Plus la chaîne du plomb est importante, plus il est toxique. Le plomb en s'accumulant dans le corps, entraîne une anémie, attaque la fonction rénale, agit sur le développement de l'enfant, provoque des dermatoses, douleurs abdominales, caries dentaires, déformation et fiabilité des ongles, baisse de la vision, IRA aiguë et chronique. Le nickel en contact prolongé avec la peau et les muqueuses, peut provoquer des démangeaisons, des prurits et parfois des allergies. L'ingestion de sels solubles dilués dans l'eau provoque nausées, vomissements et diarrhées. Certains composés de nickel sont des corps dangereux ou très toxiques, peuvent devenir cancérigène surtout quand ils sont présents dans les vapeurs ou fumées des déchets.

#### 3.3.1.2 EAUX DES PUIITS

Les eaux des puits de couleur blanchâtre se distinguent par leur forte turbidité et sont plus destinées pour le maraichage. Leur turbidité est surtout marquée par une suspension argileuse d'où la teneur élevée de l'aluminium dans ces eaux. L'aluminium est soluble dans l'eau acide, c'est-à-dire que la nature du sol (basique ou acide), influence fortement le Ph de l'eau qui par contact devient à son tour basique ou acide. C'est ce qui explique sa présence dans les eaux du puits Sud de Noumoubougou et dans le puits Est de Tienfala village, dont le sol est argileux selon les études effectuées en 2021 par le Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL) [24,25]. En cas d'ingestion

prolongée surtout chez des groupes spécifiques socio-professionnels, l'aluminium peut être source de dommages au niveau du système nerveux central, démence, perte de mémoire, apathie et des tremblements [52].

Les eaux examinées ne contiennent que des traces de métaux lourds, donc elles peuvent être consommées si seulement elles sont traitées par un dispositif adéquat (filtration, décantation).

### **3.3.1.3 LIXIVIATS DU SITE DE LA DÉCHARGE DE NOUMOBOUGOU**

Les lixiviats prélevés sont d'aspects noirâtres, basiques et riches en chlorures. Tous ses paramètres physicochimiques ainsi que les teneurs en métaux lourds sont conformes aux valeurs guides de la norme malienne de rejet et n'affectent pas la qualité des eaux des puits et forages environnants. Le fer n'a pas été observé dans les lixiviats car il est en sédation à cause de sa liaison avec les produits sulfureux.

### **3.3.2 CONCLUSION SUR LES RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS D'EAU**

L'eau des puits est argileuse, due à la nature du terrain. Les puits et les châteaux d'eau des forages contiennent des germes en leur sein, dû d'une part au ruissellement et infiltration des eaux usées et des excréta, et d'autre part par le manque d'entretien, d'hygiène et de traitement des infrastructures et de leurs alentours. Tous ses paramètres physicochimiques ainsi que les teneurs en métaux lourds sont conformes aux valeurs guides de la norme malienne de rejet, exceptés deux puits (Tienfala Est et Noumoubougou Sud) qui contiennent de l'aluminium et le forage Ouest de Tienfala village qui contient du nickel et le plomb, mais de façon isolée. Les paramètres des lixiviats du site de la décharge, sont dans les normes OMS et de rejet du Mali. Par conséquent, les eaux des puits et des forages ne sont pas influencées par les lixiviats issus des déchets stockés dans le bassin de la décharge de Noumoubougou.

## **3.4 RESULTATS DE L'INTERVIEW DES SURVEILLANTS DU SITE**

Les interviews ont été réalisées auprès des quatre surveillants qui travaillent dans la décharge de Noumoubougou à travers un questionnaire spécifique que nous avons administré individuellement à chaque cible. Le but est d'apprécier le respect de l'application des mesures d'hygiène et de de sécurité dans le site de la décharge. Le consentement libre et éclairé a été signé par chaque surveillant avant l'interrogatoire. Les questions étaient axées principalement sur les aspects suivants:

- Respect des normes: dispositif de suivi de la qualité des points d'eaux et de l'air mis en place à l'intérieur et autour du site;
- Procédures: protocoles, plan de suivi technique des installations superficielles et souterraines;
- Conditions de travail: exposition du personnel et des populations aux maladies et au odeurs/fumées, dispersion des déchets par le vent, éventuels changements de la faune et de la flore;
- Formation à l'exploitation, à la maintenance et au suivi des installations;
- Disponibilité de rapports/documents et de matériels / équipements de travail.

Le récapitulatif de l'analyse des réponses au questionnaire adressé aux surveillants du site de la décharge a montré les résultats suivants:

- Tous les quatre surveillants du centre ignorent l'existence de dispositifs de suivi de la qualité de l'eau et de l'air dans le site. De même, ils ignorent totalement l'existence de protocoles, plans de gestion et de suivi des installations et affirment qu'ils n'ont reçu aucune explication sur le plan de masse et de sécurisation du site. Ils affirment aussi n'avoir pas été formés à la gestion et au fonctionnement du site. Certaines tâches ont cependant été expliquées après la signature du contrat. Ils reconnaissent tous que des individus viennent trier les déchets et la présence des animaux car les portails sont ouverts et les murs de l'enceinte sont détériorés par endroits.
- Ils affirment ne pas être dans les bonnes conditions de travail, car les matériels et équipements de protection individuelle sont incomplets et le salaire est dérisoire. Pour exemple, les équipements disponibles cités sont entre autres, une tenue de travail, un coupe-coupe et un masque. Les rapports, documents (plan de masse, plan et stratégie de gestion des déchets, cahiers de mouvements, cahier de charges) sont inexistantes au niveau du site de la décharge.
- Deux surveillants sur 4 ont affirmé qu'ils souffrent très souvent de paludisme et de rhume (IRA haute). 3 surveillants sur 4 ont affirmé que les populations avoisinantes ont adressé plusieurs plaintes aux autorités pour que les concessions et le site de la décharge soit pulvérisées régulièrement avec les insecticides et de l'eau pour: (i) exterminer les mouches et les

moustiques; (ii) éteindre les feux qui brûlent les déchets dans l'enceinte de la décharge. Il y a eu des supervisions irrégulières de la DNACPN et DRACPN de Koulikoro et quelques visites des ministres. Tous ont affirmé qu'ils ne reçoivent pas de retro-information de la part des autorités administratives et techniques.

## 4 DISCUSSIONS

Les discussions portent essentiellement sur les trois objectifs de l'étude, à savoir l'observation du site de la décharge, les prélèvements d'échantillons d'eau souterraine à la recherche de pollutions de la nappe phréatique et les interviews auprès des surveillants du site de la décharge.

### 4.1 PAR RAPPORT À L'OBSERVATION DU SITE DE LA DÉCHARGE

Notre étude a observé et analysé:

- L'inexistence d'un plan de gestion du centre;
- L'insuffisance de suivi environnemental et le manque de suivi sanitaire à l'intérieur et autour du site;
- Les causes sous-jacentes, telles que l'inexistence d'un budget alloué au suivi environnemental et le non respect du cahier de charges. Ces causes affectent sérieusement l'application correcte des mesures d'hygiène et de sécurité, notamment nous avons constaté: (i) le non recouvrement journalier des déchets; (ii) la non désinfection et désinsectisation régulières; (iii) la présence des animaux en divagation dans le site; (iv) l'exposition directe des trieurs, des surveillants du site et des populations avoisinantes aux risques environnementaux et sanitaires sans protection individuelle adéquate; (v) l'insuffisance de traitement des eaux de puits et forage; (vi) le déversement des lixiviats non traités sur le sol pendant la saison pluvieuse; (vii) le non respect de la distance réglementaire entre la décharge et les habitations les plus proches.

Comparativement, les mêmes problèmes de santé publique et de dégradation de l'environnement ont été observés lors de l'étude menée par Sylvain Amalaman et al. [42], autour de la décharge d'Akouédo à Abidjan/Côte d'Ivoire. La situation y était dramatique en 2006, eu égard au "manque de dispositions pour éviter la contamination du sol, de l'air, de la nappe phréatique et de l'eau de la lagune, les odeurs et les lixiviats issus des déchets étant très prononcée. De même, les risques d'explosion et d'asphyxie étaient énormes, ceux de la propagation des incendies jusqu'aux habitations autour de la décharge étaient perceptibles". Les résultats de notre étude corroborent aussi ceux de l'étude menée à Dhaka au Bangladesh par Urme, Salma Akter et al., qui ont prouvé que les mauvaises pratiques de gestion des déchets solides des décharges ont des effets néfastes sur l'environnement en raison de la percolation des lixiviats, de l'incinération des déchets et de la prolifération des vecteurs. Les habitants des zones adjacentes souffrent de maladies bronchiques, de pneumonie, de diarrhée, de démangeaisons, de maux de tête et de perte d'appétit. Le système actuel de gestion des déchets solides nécessite des modifications techniques et de gestion pour réduire la pollution environnementale et les risques sanitaires associés [44]. La différence entre nos résultats et les leurs, porte essentiellement sur la présence de moustiques, vecteurs du paludisme qu'ils n'ont pas mentionnés. Les mêmes types de pollutions et nuisances ainsi que les problèmes sanitaires qu'ils engendrent sont signalés par LORIEAU, Christophe [6], dans son étude sur les décharges à Ziguinchor au Sénégal et par Oi Adjiri ADJIRI, Combo Kouassi MAFOU et al. dans son étude sur l'impact de la décharge d'Akouédo à Abidjan, Côte d'Ivoire [58].

### 4.2 PAR RAPPORT AUX PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS D'EAU SOUTERRAINE ET DE LIXIVIATS

L'analyse et l'interprétation des résultats des prélèvements d'échantillons d'eau et la visite des lieux ont révélé que: (i) la nappe phréatique n'est pas polluée par les lixiviats; (ii) le couvert végétal n'a pas été affecté par le déversement des lixiviats stockés dans le bassin de lixiviats, sauf pendant l'hivernage où sont débordement donne lieu à un pompage pour son évacuation vers les champs maraichers. Nos résultats ne corroborent pas ceux obtenus par Parvin, Fahmida, and Shafi M Tareq qui ont, à la suite d'une étude dans quatre grandes décharges du Bangladesh, confirmé que les lixiviats contenant des métaux lourds, infiltraient la nappe phréatique [47]. Le même phénomène d'infiltration des lixiviats d'une décharge à Rio de Janeiro, Brésil, décrit par Sisino, CL, and JC Moreira [46], ne corrobore pas nos résultats. De même, les lixiviats de la décharge située à Rio de Janeiro contenaient du fer en plus des autres métaux lourds, tandis que les lixiviats de la décharge de Noumoubougou n'en contiennent pas. Suivant la bibliographie les concentrations en métaux lourds dans les lixiviats sont très faibles. Selon AINA M.P. [23], le lixiviat est riche en espèces inorganiques, des interférences lors du dosage sont envisageables, mais n'ont pas fait l'objet d'une étude particulière. Cependant les teneurs en métaux lourds sont pourtant très élevées. Ces concentrations peuvent être liées au fait que le lixiviat est riche en sulfures qui précipitent les métaux entrants sous formes de particules solides, ce qui est relié aux fortes teneurs en matières en suspension. Aussi, notre étude n'a pas eu recours au calcul de l'indice de pollution des lixiviats (IPL), comme l'ont fait Parvin, et al. dans leur étude de Bangladesh, puisque l'infiltration de lixiviats

n'a pas été observée par notre étude et par celle effectuée en 2021 par le Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL) toujours à la décharge de Noumoubougou au Mali [24]; (iii) les forages et puits contiennent des microbes car ne bénéficient pas d'entretien et de suivi réguliers. Ceci est à l'opposé de la décharge contrôlée compactée de la Commune urbaine de Sikasso, plus ancienne et moins sollicitée, qui bénéficie d'un suivi et rapportage réguliers selon nos investigations menées sur place. Les moyens d'entretien, de décontamination et de suivi réguliers ne sont mis en avant pour améliorer la qualité des eaux de certains puits et forage à Noumoubougou et Tienfala Village. Ce manque d'hygiène, de salubrité et de suivi réguliers autour des points d'eau a été aussi par LORIEAU, Christophe dans son étude sur la gestion des déchets ménagers solides de la ville de Ziguinchor au Sénégal [6].

Par ailleurs, nos résultats ont montré que la nappe phréatique autour de Noumoubougou n'est pas influencée par les lixiviats, ceux-ci qui ne corroborent pas les résultats obtenus par Kouka T. Zongo, (2022), qui a trouvé que l'enfouissement des déchets a un impact indirect à travers une protection insuffisante des forages et puits de contrôles, puisque les eaux souterraines et les lixiviats étaient fortement chargés en microbes et en métaux lourds.

#### **4.3 PAR RAPPORT À L'INTERVIEW DES SURVEILLANTS DU SITE DE LA DÉCHARGE**

L'étude a décelé une insuffisance dans la mise en œuvre du cahier de charges caractérisée par:

- L'insuffisance de suivi des conditions environnementales, d'hygiène et de sécurité;
- Le manque de formation, information et retro-information des surveillants du site;
- L'insuffisance de matériels et équipements de protection adéquats;
- Le manque de désinfection et désinsectisation régulières du site et des alentours;
- Le manque de documents et de fonds dédiés à la gestion et le fonctionnement du site de la décharge.

En Inde, dans la municipalité de Siliguri au Bengale-Occidental, Roy, Subham et al. ont révélé après l'utilisation de l'approche « modélisation par équations structurelles » que les trois éléments, à savoir la qualité de l'environnement (...), l'état de vie général (...) et l'attitude défensive des personnes (...), affectent de manière significative l'état de santé des personnes exposées à un site de décharge [45]. Notre étude n'a pas adopté la même démarche, ce qui constitue une insuffisance en soit, mais ne saurait ternir nos résultats qui sont d'une fiabilité respectable. Nous pourrions dans nos futures recherches, utiliser ladite approche dans la même zone ou dans une zone similaire.

## **5 CONCLUSION**

Au regard des problèmes cités, trois causes importantes se dégagent: l'insuffisance de moyens financiers, le non respect du cahier de charges et le manque d'éducation à la santé visant à modifier les comportements en relation avec l'environnement. Ces trois composantes sont fondamentales dans la prévention et la lutte contre les maladies liées à l'environnement. Notre étude a démontré que le centre d'enfouissement des déchets ménagers de Noumoubougou ne répond pas aux spécificités et exigences que doit avoir une décharge contrôlée compactée. Ladite décharge est source de pollutions et nuisances, facteurs déterminants ayant occasionné l'augmentation de risques sanitaires importants dans la zone. De plus, l'étude a aussi démontré que les usagers et les populations avoisinantes ne sont pas bien sensibilisés et formés pour faire face aux problèmes qui les acculent. Le suivi - évaluation du cahier de charges, la mise à disposition de fonds alloués et la sensibilisation sont un pan non négligeable dans la réduction des effets de la décharge sur la santé et le bien-être des usagers et des populations avoisinantes.

#### **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

- INSP: Institut National de Santé Publique
- EDSTM: Ecole doctorale des sciences et Technologies du Mali
- USTTB: Université des Sciences Techniques et des Technologies de Bamako
- FAST: Faculté des Arts et Sciences Techniques
- MRTC: Malarial research and Training Center
- FMOS: Faculté de Médecine et d'Odonto-stomatologie
- OMS: Organisation Mondiale de la Santé
- RN: route nationale

- CSRéf: Centre de santé de référence
- CSCOM: centre de santé communautaire
- DRS: Direction régionale de la santé
- DNACPN: Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et Nuisances
- UFC: unit forming colony
- GERED-SARL: Groupement des experts en réseau pour le Développement- Société à responsabilité limitée
- SIS: système d'information sanitaire

#### CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun conflit d'intérêts déclaré

#### REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements sont adressés au personnel de santé, aux surveillants de la décharge de Noumoubougou, aux autorités locales, communales, régionales et nationales pour avoir facilité les contacts, les démarches et la collecte des données.

#### REFERENCES

- [1] Ministère de l'Environnement du Mali. Étude d'impacts environnementaux des décharges contrôlées compactées de Noumoubougou et Dialakorobougou, Projet de développement urbain et de Décentralisation du District de Bamako, Tecslut International Limitée, Montréal, Canada, novembre 2001.
- [2] Tecslut International Limitée. Etude de la stratégie de gestion des déchets à Bamako – Travaux d'investigation pour l'aménagement d'une décharge contrôlée compactée à Noumoubougou au Mali, Montréal, Canada, 19 p, 2001.
- [3] Banque Mondiale. Projet Développement Urbain et Décentralisation de Bamako: Stratégie de Gestion des Déchets solides, Tecslut International Limitée, Montréal, Canada, octobre 2001.
- [4] Direction Régionale de la Santé de Koulikoro. Plan opérationnel du District sanitaire de Koulikoro, 2018.
- [5] Direction Régionale de la Santé de Koulikoro, Rapport d'activités du District sanitaire de Koulikoro, 2018.
- [6] Banque Mondiale, Manuel d'évaluation environnementale, Édition française, Volume II - Lignes directrices sectorielles, Washington, D.C, 1999.
- [7] Direction Régionale de la Santé de Sikasso, Rapport final sur l'étude diagnostic des situations sanitaires de la ville de Sikasso et environnants, 2007.
- [8] LORIEAU, Christophe, «Etude sur la gestion des déchets ménagers solides de la ville de Ziguinchor au Sénégal», Tropical Service, ISEME, Fontenay Le Comte, Cabinet d'étude et d'appui au développement Dakar / Sénégal, Rapport d'activités présenté à l'épreuve professionnelle de soutenance du DEES Techniques de l'Environnement, 2007-2008.
- [9] Institut National de la Statistique du Mali, *Enquête Démographique et de Santé du Mali*, 5<sup>e</sup> Edition, 2012-2013.
- [10] Ministère de la Santé du Mali, Gestion sur la qualité de l'air à Bamako, Mali, GTZ 2003.
- [11] Direction Nationale de la Santé du Mali, *Document de Politique Santé Environnement*, Ministère de la Santé, juin 2004, 21 p.
- [12] Direction Nationale de la Santé du Mali, Rapport d'atelier sur la promotion des dalles SANPLAT, 2003.
- [13] Université Senghor d'Alexandrie, Université de Montréal, «Colloque international Santé et environnement: risques et enjeux», *Actes santé environnement*, Alexandrie, 17-18 février 2007.
- [14] Vedula France, «Enfouissement et stockage des déchets», *Déchets et développement durable*, <http://www.vedura.fr/environnement/dechets/enfouissement-dechets>, Site consulté online le 20 juillet 2018 et le 11 février 2019.
- [15] OMS, Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air: particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health> 2018.
- [16] OMS, *Lignes directrices relatives à la qualité de l'air*, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health>, 2016.
- [17] OMS, *Lignes directrices relatives à la qualité de l'air*, mise à jour mondiale, <http://www.who.int/entity/phe/health>, 2021.
- [18] République du Mali, Loi n° 01- 020/PRM du 30 Mai 2001, relative aux pollutions et nuisances, 2001.
- [19] République du Mali, Loi N° 91-047/AN-RM du 23 février 1991, relative à la protection de l'environnement et du cadre de vie, 1991.
- [20] République du Mali, Décret N° 99-189/P-RM du 05 juillet 1999 portant institution de la procédure d'étude d'impact sur l'environnement, 1999.

- [21] Direction Nationale de la Santé du Mali, Analyse de la situation et estimation des besoins (ASEB) en santé et environnement au Mali dans le cadre de la mise en œuvre de la déclaration de Libreville, Juin 2010.
- [22] Direction Nationale de la Santé du Mali, Plan d'action national conjoint en santé et environnement, Décembre 2012.
- [23] AINA M.P., «Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les pays en développement: contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites», *Université de Limoges*, Thèse de Doctorat N°46, 206 p., 2006.
- [24] Groupement CEDI SAHEL / GERS / Liner Environnement, Rapport de l'audit environnemental et social de la décharge finale des déchets solides de Noumoubougou au Mali, Bamako, avril 2021.
- [25] Groupement d'Experts pour la recherche en environnement et le développement (GERED-SARL), Rapport provisoire «mission de vérification de conformité environnementale de l'Industrie Malienne de Fer (IMAFER)», Bamako, 2021.
- [26] ADEPOJU G. Onibokun, «La gestion des déchets urbains: des solutions pour l'Afrique», *Paris, Editions Karthala*, 256 p., 2001.
- [27] DIARRA, Bah, *Contribution au contrôle de qualité de l'eau dans certains quartiers périphériques de Bamako*, Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali (ENMPM), Thèse de doctorat, 97 p., 1985.
- [28] BEAUD, Michel, L'art de la thèse: comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou de maîtrise ou tout autre travail universitaire, Paris, La Découverte, 176 p., 1985.
- [29] ROMELAER, Pierre, KALIKA, Michel, *Comment rédiger sa thèse*, Paris, 3<sup>e</sup> édition, DUNOD, 176 p., 2016.
- [30] OMS, *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, 4e éd. intégrant le premier additif, Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., <http://apps.who.int/iris>, consulté en ligne le 5 mai 2023.
- [31] Assemblée Nationale du Mali, Loi N°01-020 relative aux pollutions et aux nuisances, 2001.
- [32] Seydou A. Togola & all., Attitudes et pratiques des habitants de la Commune V du District de Bamako face à la gestion des déchets solides des ménages, Etudes Environnementales, Bamako, août 2022.
- [33] BERNET C, LAPRUGNE-GARCIA E, SAINT GENIS LAVAL, «Le risque de contamination à *Pseudomonas aeruginosa* à l'ouverture d'un établissement de santé», *CCLIN Sud-Est*, 8 p., juillet 2009.
- [34] Pilmis B., Scemla A., Legendre O., Lortholary O., Zahar J-R., «Les infections urinaires à entérobactéries productrices de BLSE (EBLSE) chez le patient transplanté rénal: incidence et facteurs de risque de rechute», *poster JINI-BMR\_07*, 1 p., 2015.
- [35] Institut National de Formation en Sciences de la Santé du Mali (INFSS), *Santé et Environnement: Guide du Formateur*, Annexe 1, avril 2008, 30 p.
- [36] Direction Nationale de la Santé du Mali, Rapport sur l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation du secteur de la santé aux changements climatiques au Mali, 54 p., septembre 2017.
- [37] Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique du Mali, *Annuaire statistique de l'année 2021*, Ministère de la Santé et du Développement Social, 2022.
- [38] Marc J.O. *Chimie environnementale*, Québec, 2<sup>e</sup> édition, Les Productions Jacques Bernier, 312 p., 1997.
- [39] ADJIRI Oï Adjiri, ANY-GRAH Sandrine Aka, KOUAMÉ Kouamé Victor *et al.*, «Risques toxicologiques de la cohabitation avec une décharge: cas d'Akouédo en Côte d'Ivoire», *Santé Publique*, 2019/4 vol. 31, p. 567-579. DOI: 10.3917/spub.194.0567. URL: <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2019-4-page-567.htm>.
- [40] Alexander K, Godrej A. «Pratiques d'élimination des eaux grises dans le nord du Botswana - Le printemps silencieux?» *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2015; 12: 14529–40. <https://doi.org/10.3390/ijerph121114529>.
- [41] Cabral, M et al., «Faible exposition environnementale au plomb et aux effets néfastes rénaux: une étude transversale dans la population d'enfants bordant la décharge de Mbeubeuss près de Dakar, Sénégal», 2012.
- [42] Sylvain AMALAMAN et al., «Analyse de l'impact des nuisances dues à la décharge d'Akouédo sur la santé des populations riveraines et utilisatrices (Abidjan-côte d'Ivoire)», *Colloque Santé et environnement: risques et enjeux*, Université Senghor, Alexandrie, Egypte, 17 - 18 février 2007.
- [43] Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et Nuisances, *Politique Nationale d'Assainissement du Mali*, Ministère de l'environnement et de l'Assainissement du Mali, 37p., janvier 2009.
- [44] Urme, Salma Akter et al., «Pratiques en matière de déchets de la décharge de Dhaka: lutte contre la pollution urbaine et les risques pour la santé». *Buildings & cities* vol. 2,1 (2021): 700-716. doi: 10.5334/bc.108.
- [45] Roy, Subham et al., «Perception par les citoyens de l'exposition aux décharges et des effets sur la santé qui y sont associés: une approche de modélisation basée sur PLS-SEM.» *Environmental monitoring and assessment* vol. 195,1 134. 21 nov. 2022, doi: 10.1007/s10661-022-10722-4.
- [46] Sisino, CL, and JC Moreira, «Évaluation de la contamination et de la pollution de l'environnement dans la zone sous l'influence de la décharge de Morro do Céu à Niterói, Rio de Janeiro, Brésil». *Cadernos de saude publica* vol. 12,4 (1996): 515-523. doi: 10.1590/s0102-311x1996000400010.

- [47] Caravanos, Jack et al., «Un système simplifié de classement des risques pour hiérarchiser les sites de pollution toxique dans les pays à revenu faible et intermédiaire», *Annals of global health* vol. 80,4 (2014): 278-85. doi: 10.1016/j.aogh.2014.09.001.
- [48] Che, Yue et al. «Préoccupations et attitudes des résidents à l'égard d'une décharge municipale de déchets solides: intégration d'une enquête par questionnaire et de techniques SIG». *Environmental monitoring and assessment* vol. 185, 12 (2013): 10001-13. doi: 10.1007/s10661-013-3308-y.
- [49] De Feo, Giovanni et al., Perception par le public des odeurs et de la pollution environnementale attribuées aux installations de traitement et d'élimination des déchets solides municipaux (DSM): une étude de cas. *Waste management (New York, N.Y.)* vol. 33,4 (2013): 974-87. doi: 10.1016/j.wasman.2012.12.016.
- [50] Aatamila, Marjaleena et al., «Gêne olfactive et symptômes physiques chez les riverains des centres de traitement des déchets», *Environmental research* vol. 111,1 (2011): 164-70. doi: 10.1016/j.envres.2010.11.008.
- [51] Frikha, Youssef et al., «Génération de lixiviat à partir d'une décharge dans un climat semi-aride: Une étude qualitative et quantitative à Sousse, Tunisie.» *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* vol. 35,9 (2017): 940-948. doi: 10.1177/0734242X17715102.
- [52] Institut de Veille Sanitaire, Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population française à l'aluminium dans les eaux, aliments et produits de santé, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, novembre 2003.
- [53] Julie Koné-Bodou Possilétya et al., «Risques sanitaires liés aux déchets ménagers sur la population d'Anyama (Abidjan-Côte d'Ivoire)», *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 19 Numéro 1, mars 2019; <http://journals.openedition.org/vertigo/24417>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.24417>.
- [54] Kehila, Y. & Mezouari, F. & Matejka, Guy, «Impact de l'enfouissement des déchets solides urbains en Algérie: expertise de deux centres d'enfouissement technique (CET) à Alger et Biskra.» *Déchets, sciences et techniques*. N°56 -... 10.4267/dechets-sciences-techniques.1112; 2015.
- [55] Magda M. Abd El-Salam, Gaber I. Abu-Zuid, «Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt.» *Journal of Advanced Research* volume 6, Issue 4, 2015, Pages 579-586, ISSN 2090-1232, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.003>.
- [56] Kouka T. Zongo, «Etude de l'impact de l'enfouissement des déchets sur les eaux souterraines: cas du CTVD de Ouagadougou (burkina faso)», *Laboratoire National de Santé Publique*, Ouagadougou, 80 p., 2022.
- [57] Jaime A. Reyes-López et al., «Évaluation de la contamination des eaux souterraines par les lixiviats de décharge: Un cas au Mexique.» *Waste management* vol. 28, Supplement 1, pages S33-S3; 2008.
- [58] Oi Adjiri ADJIRI, Combo Kouassi MAFOU et al., «Impact de la décharge d'Akouédo (Abidjan - Côte d'Ivoire) sur les populations: étude socio-économique et environnementale.» *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 13 No. 4 Dec. 2015, pp. 979-989; <http://www.ijias.issr-journals.org>.

## Leachate treatment: Originality and performance

*Hanane El Fadel, Mohammed Merzouki, and Mohamed Benlemlih*

Biotechnology Laboratory, Science Faculty of Dhar El Mahraz, University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco

Copyright © 2023 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:** Leachate from landfill requires treatment before discharge into the environment to avoid surface and underground water contamination. In this paper, the treatment performance of combined system by physico-chemical and biological techniques for landfill leachate are studied, the biological treatment by Sequencing Batch Reactor (SBR), the coagulation-flocculation and the filtration-fly ash. Both coagulation-flocculation and treatment biologique by Sequencing Batch Reactor are effective for over 98,07% COD removal, 99,16% BOD<sub>5</sub>, a removal rate of 96,14% for NH<sub>4</sub>, 79,82% for NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 97,32% for NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, 89,09% for suspended solids (SS) and 87,71% for PO<sub>4</sub>. A combination of physical and biological treatments has demonstrated its effectiveness for the treatment of intermediate leachate. Almost complete removal of COD and nitrogenous forms has been accomplished by a combination of biological treatment by SBR and physical treatment by filtration with COD concentration of 5200 mg/L and BOD<sub>5</sub> concentration of 1375,12 mg/L. It is important to note that the selection of the most suitable treatment method for landfill leachate depends on the characteristics of landfill leachate, technical applicability and constraints, effluent discharge alternatives, cost-effectiveness, regulatory requirements and environmental impact. As a whole, a combination of two treatments proves to be more efficient and effective than individual treatment. This could be because a two-step treatment has the ability to synergize the advantages of individual treatments, while overcoming their respective limitations. A combined treatment is indeed capable of improving the effluent quality and minimizing the residue generated than an individual treatment.

**KEYWORDS:** Combined Treatment, Landfill Leachate, SBR, Coagulation-Flocculation, Filtration.

### 1 INTRODUCTION

Water has always been inseparable from human activity, and the depletion of water resources and the degradation of their quality is a major challenge. Indeed, one of the factors governing the development of human societies is the concern to obtain and maintain an adequate supply of water. As the possibilities for increasing the supply of water are increasingly costly, both economically and environmentally, scarcity situations develop and reinforce the need for sound water management. Water use creates a new product called effluent or wastewater. Indeed, the polluting loads contained in these waters have various origins, their discharge into the natural environment is the main pollution that affects our streams and more generally the entire natural environment. The stakes are now high because at the same time it will be necessary to resolve the issues relating to the collection of water and its treatment, and to consider its safe reuse in order to cope with the scarcity of water resources.

In Morocco, the growing production of household waste and industrial waste leads to critical pollution problems. The increasingly complex and heterogeneous nature of these wastes implies difficulties in their treatment and management. A large part of it is landfilled without precautions, which is a real and permanent threat to the environment. In addition, several studies, both at the laboratory scale and at the pilot scale or in full scale have been performed to select the most reliable method for treating these particular waters [1]. The first research, dating from the 1970 [2], was based on the treatment of both domestic wastewater and landfill leachate. The inefficiency of this process prompted researchers to treat the two types of water separately through aerated lagoons and activated sludge. However, these processes have low yields for temperatures below 10°C and poor denitrification [3, 4]. In order to overcome these drawbacks, several processes have been proposed such as treatment with submerged aerobic biological filters developed by Pedersen and Jansen, 1992 [5] and biological reactors [6]. Although the characteristics of landfill leachate depend on the degree of solid waste stabilization, site hydrology, moisture

content, seasonal weather variations, age of the landfill and stage of the decomposition in the landfill [6]. The common feature of stabilized leachate is moderately high strength of COD (5000-20000), as well as a low ratio of BOD/COD (less than 0,1) [7]. If not properly treated, leachate that seeps from a landfill can enter the underlying groundwater, thus posing potentially serious hazards to the surrounding environment, thus posing potentially serious hazards to the surrounding environment and to public health.

As the treatability of landfill leachate depends on its composition and characteristics (Table 1) [8], the nature of the organic matter present as well as the age and structure of the landfill.

**Table 1. Characteristics of different types of landfill leachate [8].**

Type of leachate	Young	Intermediate	Stabilized
Age of landfill (years)	<1	1-5	>5
pH	<6.5	6.5-7.5	>7.5
BOD <sub>5</sub> /COD	0.5-1	0.1-0.5	<0.1
COD (g/L)	>15	3-15	<3
NTK (g/L)	0.1-2	NA	NA
Heavy metals (mg/L)	>2	<2	<2

Due to its reliability, simplicity and high cost-effectiveness, biological treatment (suspended / attached growth) is commonly used for the removal of the leachate containing high concentrations of BOD [9]. When treating young (biodegradable) leachate, biological techniques can yield a reasonable treatment performance with respect to COD, TKN and heavy metals. However, when treating stabilized (less biodegradable) leachate, biological treatment may not be able to achieve the permitted maximum COD levels for direct or indirect discharge due to the recalcitrant characteristics of organic carbon in the leachate. As a result, the search for other effective and efficient technologies for the treatment of stabilized landfill leachate has intensified in recent years. Physico-chemical treatments have been found to be suitable not only for the removal of refractory substances from intermediate and stabilized leachates, but also as a refining step for biologically treated leachate.

In this article, we are carrying out a comparative study of leachate treatment by combined systems using the biological treatment by Sequencing Batch Reactor (SBR), the coagulation-flocculation and the filtration-fly ash.

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 BIOLOGICAL TREATMENT BY SEQUENCING BATCH REACTOR

The sequencing batch reactor (SBR) is an activated sludge system for wastewater treatment. Its particularity lies in the fact that aeration, decantation and clarification take place in the same tank. The SBR system was effective in treatment but required constant monitoring. Following the development of reliable and inexpensive automatic control devices. The evolution and popularization of this equipment have made the SBR process very competitive in many respects: economy, performance and reliability [10]. The SBR process is based on the principle of aerobic biological treatment of effluents in cycles. The advantages of this process are:

- 1) Compact process;
- 2) Lower installation and running costs;
- 3) High purification efficiency;
- 4) No sludge recirculation;
- 5) Elimination of nitrogen because in the SBR process, there is an aerobic phase allowing the oxidation of ammoniacal nitrogen into nitrite and then into nitrate (nitrification), possibly followed by an anaerobic phase allowing denitrification;
- 6) Elimination of phosphorus by modifying the operating sequences, but without adding additional structures;
- 7) Good technical reliability.
- 8) Limited labor requirement.
- 9) Possibility of direct discharge of treated effluents into the natural environment [10].

## **2.2 CHEMICAL TREATMENT BY COAGULATION-FLOCCULATION**

The main purpose of coagulation is to destabilize the suspended solids, which is to say to facilitate their agglomeration. This process is characterized by the injection and dispersion of chemicals (coagulants). It consists of adding an electrolyte to the water to neutralize the negative charges that are responsible for keeping it in stable suspension. Salts of a trivalent metal,  $\text{Fe}^{3+}$  or  $\text{Al}^{3+}$  are generally used [11]. The purpose of flocculation is to promote contact between the destabilized particles by slow mixing, these particles clump together to form a floc that can be eliminated by settling.

Coagulation-flocculation can be successfully used in the treatment of intermediate or old leachate [12]. It is widely used as a pre-treatment [13] before reverse osmosis or before biological processes to protect the biomass from the aggression of toxic elements from discharges (case of activated sludge) [14] or even as the last treatment step to eliminate bio-recalcitrant organic matter. Aluminum sulphate, ferrous sulphate, ferric chloride and ferric chloro-sulphate have been commonly used as coagulants [15]. The general approach for this technique includes pH adjustment and involves the addition of ferric/alum salts at the coagulant to overcome the repulsive forces between the particles [16].

## **2.3 PHYSICAL TREATMENT BY FILTRATION**

A coupling of the SBR treatment system with filtration using a natural support was performed in this study. The raw leachates treated in the aeration tank (SBR) were conveyed to the filtration column with 6 cm in diameter and 50 cm in height. The effective height of the filter bed is 36 cm ( $H_s$ ), 14 cm is used for the leachate to be filtered ( $H_E$ ), which is kept constant along the experiments in order to keep the same leachate load on the filter bed

## **2.4 ANALYTICAL METHODS**

Different analysis techniques have been used to follow the evolution of organic and mineral compounds concentrations, the analytical methods used are those described by Rodier [17]. These analyses were carried out three times for each sample.

# **3 RESULTS AND DISCUSSION**

## **3.1 EFFECT OF PH ON COAGULATION-FLOCCULATION EFFICIENCY**

In the coagulation–flocculation process, it is very important to adjust the pH since coagulation occurs within a specific pH range for each coagulant and according to the type and characteristic of the raw effluent to be treated.

The results are obtained following a variation of the pH from 6.0 to 7.5 of the leaching water. The concentration of  $\text{FeCl}_3$  used as a coagulant is 140 mg/L. The maximum pH of 7.35 was selected so as not to generate too large a quantity of suspended solids by raising the pH, while seeking to minimize the quantity of NaOH added. The optimal pH is located at a value close to 7.35 with a COD reduction rate of 33,34%.

Given the results obtained, the coagulation-flocculation tests must be carried out at a constant pH of 7,35. These results were in agreement with the previous study undertaken by Diamadopoulou [18].

## **3.2 EFFECT OF COAGULANT CONCENTRATION ON COAGULATION-FLOCCULATION EFFICIENCY**

The figure 1 shows the results obtained following a variation in the concentration of two coagulants usually used in the field of wastewater treatment: ferric chloride ( $\text{FeCl}_3$ ) and aluminum sulphate [ $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ ]. During the tests, the concentrations of each of the two coagulants vary from 0 to 1400 mg/L respectively for ferric chloride and aluminum sulphate.

The pH is kept constant at 7,35. A somewhat lower threshold of COD is reached when the concentration of aluminum sulphate exceeds 300 mg/L, while better performance is observed when low concentrations of ferric chloride are used., these two coagulants offer fairly satisfactory treatment performance in terms of COD reduction. Ferric chloride offers an abatement rate of 81,67% while at a higher concentration of aluminum sulphate, the abatement rate is 85%. Based on these results, respective concentrations of ferric chloride and aluminum sulphate of 200 mg/L and 386 mg/L are recommended for the treatment of this leachate.

The choice of ferric chloride and its concentration is based on the fact that this coagulant agent allows, at very low concentrations, a satisfactory reduction of the COD. This low concentration employed contributes to a reduction in the volume of sludge produced and in the cost price of the treatment process.

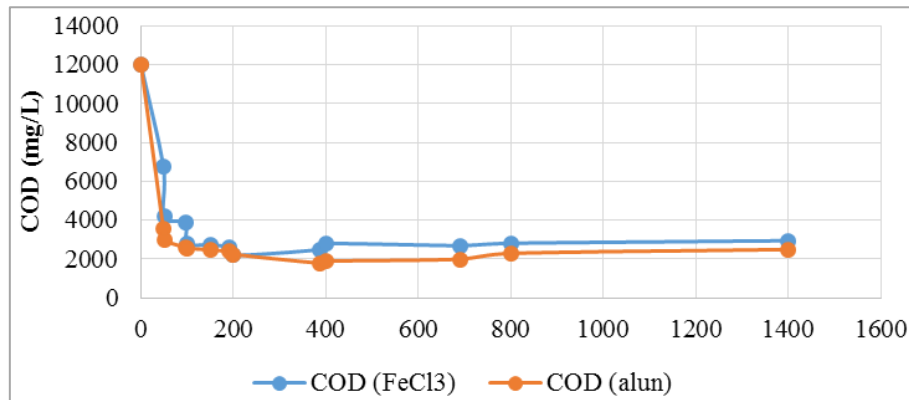


Fig. 1. Effect of coagulant concentration on coagulation-flocculation efficiency.

### 3.3 PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE SLUDGE USED

The results of the microbiological and physicochemical analyses of the sludge used in our SBR process show a composition essentially of heterotrophic microorganisms, which degrade organic matter: total germs with  $30.10^6$  UFC/mL, total coliforms with  $43.10^4$  UFC/mL, Fecal coliforms with  $72.10^3$  UFC/mL, streptococci with  $90.10^3$  UFC/mL, staphylococques with  $22.10^5$  UFC/mL, yeasts with  $10^7$  UFC/mL and fungi with  $10^5$  UFC/mL. There are also degradation products, of which ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) with 16 mg/L is degraded into nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) with a concentration of 54,9 mg/L.

The calculated Mohlman index varies between a minimum value of 110 ml/g and a maximum value of 140 ml/g independently of the duration of the aeration phase. However, it should be emphasized that the values we recorded are far from causing a malfunction in our process such as sludge expansion, since the standards require that this index be between 50 and 150 ml/g. These results clearly show that the sludge from our SBR process underwent good settling given the values of the Mohlman index.

These results show the great diversity and abundance of the microbial populations contained in the sludge. This count also makes it possible to deduce that bacteria dominate yeasts and fungi. Among these bacterial populations, we note the large presence of staphylococci and total coliforms, but also the test germs of fecal contamination.

### 3.4 COUPLING OF SBR TREATMENT SYSTEM AND COAGULATION-FLOCCULATION

Table 2 shows the results of the physicochemical analyses before and after SBR and coagulation-flocculation treatment, which are compared with the raw leachate to determine the abatement rate. The results are presented as mean values of the raw leachates and the mean value after SBR treatment coupled with the coagulation-flocculation treatment over the study period.

The  $\text{BOD}_5$  abatement rate is greater than that of the COD, it takes the value of 99,16%. The average value at the outlet of the SBR is 166,6 mg/L, this concentration is much lower than that of the standard for indirect discharges (500 mg/L). The value of the COD obtained is 1026,6 mg/L, slightly higher than the standard (1000 mg/L). The high  $\text{BOD}_5$  reduction rate can be explained by the performance of the mud used in the SBR which degrades the biodegradable organic matter present in the leachate.

The concentration of orthophosphates is reduced from 3,22 mg/L to 2,04 mg/L at the outlet of the SBR with a reduction rate that does not exceed 36,64%. This low rate of reduction of orthophosphates can be explained by the absence of the phase anaerobic. During the aeration phase of our bioreactor, which lasted 22 hours, the phosphate-depleting bacteria accumulate orthophosphates. However, to promote the accumulation of the latter, it is better to precede the aerobic phase by an anaerobic treatment phase to release the orthophosphates in order to facilitate their accumulation during the aerobic phase. The alternation of the two anaerobic and aerobic phases promotes the growth and selective enrichment of phosphate accumulating bacteria [19].

The nitrogen pollution, essentially in soluble form, is found in the form of organic nitrogen and ammoniacal nitrogen. These two forms of nitrogen are involved in the phenomenon of eutrophication. Based on the results presented in table 2, the ammonium concentration at the SBR inlet of 2,41 mg/L decreases to a concentration of 0,093 mg/L. The reduction rate takes the value of 92,5%. The decrease in the concentration of ammonium after treatment with SBR can be explained by the

phenomenon of nitrification. The average concentration of nitrates present in the leachate at the entrance to the SBR is 4,84 mg/L, after treatment, this concentration drops to 2,28 mg/L with an abatement rate of 52,89%. Monitoring of the nitrite concentration shows a treatment rate in the bioreactor of 85,96%. The value found at the outlet of the bioreactor is 0,08 mg/L. This reduction in  $\text{NO}_2^-$  and  $\text{NO}_3^-$  levels is explained by the process of aerobic denitrification reducing nitrate and nitrite to  $\text{N}_2\text{O}$  or molecular nitrogen by common facultative anaerobic heterotrophic bacteria, such as *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*, *Pseudomonas* and *Alcaligenes* [20-22].

During denitrification, a nitrogen oxide serves as an electron acceptor in order to generate an electrochemical potential on either side of the cytoplasmic membrane of the microorganism. The electrons, usually coming from an organic carbon source, but can also derive from an inorganic molecule, travel to different oxidoreductases, each specific to a particular nitrogen oxide [23]. The concerted action of all these enzymes therefore leads to the formation of  $\text{N}_2$  from nitrate, according to the following chain of transformations [23, 24]:



The concentration of SS in the bioreactor was recorded at the threshold of 5 g/L due to the sludge present in the bioreactor. On leaving the SBR, the concentration of SS has become 0,6 g/L. This decrease is explained by the calculated Mohlman index, which is between 50 and 150 mL/g. This further prevents the phenomenon of bulking or swelling of the sludge. In this case, the settling characteristics of the sludge are satisfactory, which is attributable to a biological balance in the community of microorganisms present in the mixed liquor.

**Table 2. Results of physico-chemical analyzes before and after treatment with the combined system.**

	Average values raw leachates	Average values of leachates treated with coagulation-flocculation	Entrance SBR	Exit SBR	Average values of leachates treated with SBR	% abatement with treatment by SBR	% abatement with treatment by combined system	Limit values of discharges into surface and underground waters
Dissoved oxygen (mg/L)	0,86	0,86	-	5,23	1	-	-	-
COD (mg/L)	53199,6	9751	81,67	7886,6	1026,6	86,99	98,07	500
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	20000	14166	29,17	5166	166,6	96,77	99,16	100
PO <sub>4</sub> (mg/L)	16,61	14,6	12,1	3,22	2,04	36,64	87,71	2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	2,41	1,35	43,98	1,24	0,093	92,5	96,14	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	11,3	9,8	13,27	4,84	2,28	52,89	79,82	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2,99	2,07	30,76	0,57	0,08	85,96	97,32	-
SS (mg/L)	5500	2866,66	47,88	4833,33	600	87,85	89,09	100

### 3.5 COUPLING OF SBR TREATMENT SYSTEM AND FILTRATION

Table 3 shows the results of the physico-chemical analyses before and after SBR and filtration-fly ash treatment, which are compared with the raw leachate to determine the abatement rate. The results are presented as mean value of the raw leachate and the mean value after SBR treatment coupled with the filtration treatment over the study period. After leachate treatment by sequential aeration in the SBR, there is a decrease in the concentration of the parameters. Regarding the COD after the SBR treatment, the concentration for the COD is 1632,26 mg/l, and there is a decrease in the concentration up to 112,32mg/l. The following points can explain this strong elimination:

The performance of the sludge used in the SBR, which degrades the biodegradable organic matter present in the leachate, as well as by the presence of purifying biomass;

- 1) The high content of SiO<sub>2</sub> (silico-aluminous structure) of the fly ash [25]. It is an important adsorbent with a strong electrical polarity and mineral elements in particular ferric ions (Fe<sup>3+</sup>), the latter contribute to the neutralization of the negative charges of the organic matter contained in the leachates;
- 2) The small particle size of the fly ash, which does not exceed 200 μm, which allows better leachate treatment performance by increasing the adsorption surface thanks to the reduction in the size of the adsorbent grains [26].

- 3) The latter contributes to the neutralization of the negative charges of nitrites, nitrates, orthophosphate, and sulfates, which traps them by chemical bonds. We can also explain this increase in abatement rates by the formation of biofilms inside the column. The pollutants of the effluent either can adsorb on the cell membrane of the organisms forming the biofilms or be assimilated by the biofilms [27].

**Table 3. Leachate analysis results after SBR treatment coupled with the filtration column.**

	Average values raw leachates	Average values of leachates treated with SBR	Average values of leachates treated by filtration	% abatement	Limit values of discharges into surface and underground waters
pH	8,13	7,54	8,17	-	5,5-9,5
COD (mg/L)	5200	1632,26	112,32	93%	500
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	1357,12	84	26	69%	100
TP (mg/L)	0,65	1,12	9,5x10 <sup>-3</sup>	99%	2
Electrical conductivity (ms/cm)	37,9	27,7	8,99	67%	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	1185	123,56	0,4	99%	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2,20	85,55	1,55	98%	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	3,60	1,02	0,39	61%	-
SS (mg/L)	430	80	0	100%	100

#### 4 CONCLUSION

The combination of chemical and biological treatment or physical and biological treatment is required for optimum treatment of intermediate or stabilized leachate. Overall, it is found that a combination of chemical and biological treatment can maximize the removal of recalcitrant organic compounds from intermediate leachate, as reflected by a significant decrease of the COD and BOD<sub>5</sub> values after treatment, while this combined treatment is required to achieve effective removal of nitrogenous forms and COD with a substantial amount of biodegradable organic matter.

It is important to note that the selection of the most suitable treatment for intermediate landfill leachate depends on the characteristics of the wastewater, the legal requirements of the residual concentrations of nitrogenous forms and COD, the overall treatment performance compared to other techniques, age of a landfill, plant flexibility and reliability as well as environmental impact. Due to seasonal weather variations, it is also necessary to consider temporal fluctuations in the quantity and composition of leachate. Finally, economic parameters such as investment and operational costs (energy consumption, residual deposition and maintenance) also play major roles in this decision-making process. All the factors mentioned above should be considered to select the most effective and inexpensive treatment in order to protect the environment.

#### REFERENCES

- [1] Khattabi H., Aleya L and Mania J. Natural lagooning of landfill leachate. *Revue des sciences de l'eau, Rev. Sci. Eau*, 15 (2002) 411-419.
- [2] Boyle W. C and Ham R. K. Biological treatability of landfill leachate. *Wat. Res. Poll. Cont. Fed*, 46 (1974) 860-872.
- [3] Knox K. Treatability studies on leachate from a co-disposal landfill. *Environ. Poll., (series B)*, 5 (1983) 157-174.
- [4] Knox K. Leachate treatment with nitrification of ammonia. *Wat. Res.*, 19 (1983) 595-904.
- [5] Pedersen B. M., Jansen J. I. A. C. Treatment of leachate- polluted ground water in an aerobic biological filter *Euro. Water. poll. control.*, 2 (1992) 40-45.
- [6] Spengel D. B and Dzombak D. A. Treatment of landfill leachate with rotating biological contractors. *Res. J. WPFC*, 63 (1991) 971-981.
- [7] X. Z. Li, Q. L. Zhao, MAP precipitation from landfill leachate and seawater bitter waste, *Environ, Technol.* 23 (2002) 989-1000.
- [8] H. Alvarez-Vazquez, B. Jefferson, S. J. Judd, Membrane bioreactors vs conventional biological treatment of landfill leachate: a brief review, *J. Chem. Technol, Biotechnol*, 79 (2004) 1043-1049.
- [9] A. Uygur, F. Karg. Biological nutrient removal from pretreated landfill leachate in a sequencing batch reactor, *J. Environ. Manage.* 71 (2004) 9-14.

- [10] Génie et modélisation des bioprocédés de l'environnement I. Séminaire: Sequencing batch reactor. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. CT. 2004.
- [11] Mouchet P. B. Traitement des eaux avant utilisation. Matières particulaire; Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement. (2004).
- [12] Silva A. C., Dezotti M and Sant'Anna Jr G. L. Treatment and detoxication of a sanitary landfill leachate, *Chemosphere*. 55 (2004) 207-214.
- [13] Amokrane A., Comel C and Veron J. Landfill leachates pretreatment by coagulationflocculation, *Water Res.* 31 (1997) 2775-2782.
- [14] Laconi C. D., Lopez A., Ramadori R., Di pinto A. C and Passino R. Combined chemical and biological degradation of tannery wastewater by a periodic submerged filter (SBBR) (2002).
- [15] Ehrig H. J. Treatment of sanitary landfill leachate: Biological treatment, *Waste. Manage. Res.* 2 (1984) 131-152.
- [16] G. M. Ayoub, L. Semerjian, A. Acra, M. El Fadel, B. Koopman, Heavy metal removal by coagulation with seawater liquid bitttern, *J. Environ. Eng.* 127 (2001) 196-202.
- [17] J. Rodier, *L'analyse de l'eau, Contrôle et interprétation* (2016).
- [18] E. Diamadopoulos, Characterization and treatment of recirculation stabikized leachate, *Water Res.* 28 (1994) 2439-2445.
- [19] Merzouki M. Thèse de doctorat d'Etat « Déphosphoration anoxique d'effluents par voie biologique: Optimisation et mise en œuvre d'un procédé intégré de dépollution azotée et phosphorée. (2001).
- [20] Roberston L. A., Cornelisse R., De Vos P., Hadioetomo R and Kuenen J. G. Aéroic denitrification in various heterotrophic nitrifiers. *Antonie van Leeuwenhoek*, 56 (1989) 289-299.
- [21] Colliver B. B and Stephenson T. Production of nitrogen oxide and dinitrogen oxide by autotrophic nitrifiers. *Biotechnology Advances*, 18 (2000) 219-232.
- [22] Hu T. L and Kung K. T. Study of heterotrophic nitrifying bacteria from wastewater treatment Systems treating acrylonitrile, butadiene and styrene resin wastewater. *Water Science and Technology*, 42 (2000) 315-321.
- [23] Zumft W. G. Cell biology and molecular basis of denitrification. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 61 (4) (1997) 533-616.
- [24] Bothe H., Jost G., Schloter M., Ward B. B and Witzel K. P. Molecular analysis of ammonia oxidation and denitnfication in natural environments. *FEMS Microbiology Reviews*, 24 (2000) 673-690.
- [25] Xu G., Shi X. Characteristics and applications of fly ash as a sustainable construction material: A state of the art review, *Resources, conservation and recycling*, 136 (2018) 95-109.
- [26] EL Fadel H, Merzouki M, Laamayem A, Benlemlih M. Comparative study of the metal pollution treatment from leachates by physical and biological methods. *J. Mater. Environ. Sci.*, volume 13, Issue 04 (2022) 391-408.
- [27] Backhouse, T. C., Bolliger, A. Australian marsupial trichosurus, 41 (1987) 435-464.

## The anchoring of environmental education in the Moroccan education system

*Hanane El Fadel, Mohammed Merzouki, and Mohamed Benlemlih*

Biotechnology Laboratory, Science Faculty of Dhar El Mahraz, University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This article aims to show how to integrate the environmental dimension in the Moroccan education system. Through the disciplinary content, that must ensure the construction of solid theoretical skills, and knowledge about the environment. Among learners by providing them with the necessary knowledge and practical and extracurricular activities, provided by the environmental clubs, which allows a multidimensional teaching linked to the concerns of society. Several pedagogical practices can be carried out within environmental clubs: fieldwork by visits and ecological outings, activities by projects, partnership. These practices are considered important educational structures capable of ensuring the development of environmental culture in schools. However, several constraints to the activation of these clubs can be reported with school rhythms that are expressed both by a busy program for students and the hourly load for teachers. This does not favour learning contexts that put the student in various situations, including those outside the classroom. Hence the need to reduce school curricula and capitalize on good practices and initiatives in environmental education.

**KEYWORDS:** Environmental clubs, environmental education, anchorage, schools, Morocco.

### 1 INTRODUCTION

Morocco, like other countries in the world, has been addressing environmental challenges for several decades now through a process of developing and protecting its resources to ensure sustainable development. It is since the Stockholm Conference in 1972 that Morocco has been engaged in the environmental issue by establishing the foundations for the preservation, conservation and prevention of natural and environmental resources [1].

A number of legal and legislative initiatives, culminating in the launch of Charter on the Environment and Sustainable Development in 2009, has reinforced these. The institutionalization of the environment for the first time in the new constitution of 2011 [2] and the adoption in January 2014 of framework law n° 99-12 [3] for the operationalization of the national charter of the environment and sustainable development. This requires the integration of the culture of environmental protection into the curricula of knowledge, knowledge and knowledge to be imparted in education and training systems and programmes [3].

However, all these emblematic figures of activities shown by Morocco towards the environment, can in no case ensure environmentally friendly actions in a sustainable development framework without the establishment of an integrated education policy that is parallel and capable of influencing the behaviour and attitudes of members of society. In this regard, environmental education becomes a palpable necessity and constitutes a true response to contemporary environmental and societal issues. Because of joining citizens in their daily lives, Morocco declared during the educational reform linked to the national charter of education and training [4].

The systematic integration of the environmental dimension into the education system while redefining the missions of the school and ensuring its openness to its surroundings. This basic integration of the environmental dimension in the training courses is designed on two parallel tracks: the disciplinary content, which must ensure the construction of solid theoretical skills and knowledge on the environment among learners, providing them with the necessary knowledge and practical and extracurricular activities as a crucial and mandatory area [4].

These are essentially the environmental education and sustainable development programme. The partnership agreements signed with the Ministry of Environment, the Ministry of Youth and Sport, the Mohamed VI Foundation for the Protection of the Environment and the Association of Teachers of Life and Earth Sciences «AESVT» which is spread over a period from 2009 to 2017, to strengthen the existing environmental clubs in terms of equipment, teaching materials and tools.

Anchoring environmental education in schools is a necessary step to sustainably defend the interests of society, and its objectives are not limited to passive transmission of learning, but that they try to change the attitudes and behaviors of students, to make them responsible as future citizens [2]. The purpose of this process is to allow the learner to understand and behave positively in their environment.

## 2 THEORETICAL FRAMEWORK

The desire to integrate the environmental dimension into the Moroccan education system is part of an international perspective that was adopted since 1972 at the Stockholm United Nations Conference on the Human Environment [5,6]. To achieve this objective, several initiatives have been taken by the Ministry of National Education since the 1999 educational reform. These measures, designed not only to ensure the introduction of this dimension in disciplinary programmes, but also its institutionalization in schools through extracurricular activities held in environmental educational clubs, which must be created within schools.

To this end, the Ministry of Education has paid particular attention to the establishment of these educational structures in schools by:

- The Ministerial Circular [7], which encouraged the principals to create environmental clubs within their schools. A number of other steps have been taken by the Ministry of Education to ensure the success of environmental actions in schools.
- The fourth axis of the strategic vision [8], which refers to communicative skills and self-development, and which considers extracurricular activities as a vital and compulsory educational component in the various stages of intellectual education;
- The tenth framework bill [9], entitled Improving School Life, aims to support and diversify extracurricular activities in order to establish an inclusive citizenship school.

## 3 PROBLEM OF THE STUDY

After more than twenty years on the implementation of the National Charter of Education and Training, we consider it necessary to integrate environmental education in schools, through school curricula and the establishment and activation of environmental clubs, such as educational structures, which can provide and guarantee to learners a multidimensional and transdisciplinary education.

## 4 OBJECTIVES

### 4.1 INTEGRATING THE ENVIRONMENTAL DIMENSION INTO MOROCCAN SCHOOL CURRICULA

The adoption of this dimension in school curricula followed the guidelines of the National Charter of Education and Training in 1999. Indeed, several themes and concepts of the environment need to be addressed in the curricula of different disciplines, at different school levels and primarily through the life sciences and the earth [10, 11].

Research carried out over the past decade by Moroccan researchers concerned with the environmental issue [12-14] has revealed that there are trends towards integrating this dimension into school curricula. It is a question, in reality, of the existence of many environmental learnings, but which remain efforts to theorize environmental education in textbooks and which remain concepts so difficult and so complicated to implement. They are in the order of accumulating knowledge without being able to develop eco-responsible skills and behaviours and attitudes.

Other research based on the analysis of textbooks has shown that this environmental education, supposedly integrated into the curriculum of Life Sciences and Earth of secondary education, is an education about the environment, but based on the passive transmission of knowledge about the ethical realities of the environment [6, 15].

After analyzing the current situation of the 2<sup>nd</sup> year baccalaureate program, option physical Sciences and more specifically on the third unit concerning the use of organic and inorganic matter, there are some gaps in the first part of household waste,

which a great deal of emphasis has been placed on the solid fraction of household waste. Concerning disposal treatment methods and reuse techniques, the liquid fraction filtered by waste percolation, also known as "leachate", is not discussed and of equal importance. These leachates are a major problem in landfills, and a source of contamination of surface and groundwater if not treated properly.

#### 4.1.1 POSSIBLE SKILLS

##### COMPETENCY 1: ACQUIRE KNOWLEDGE

- **Leachate from controlled landfills**

- a) Operation of a landfill;
- b) Leachate genesis: a complex medium;
- c) Leachate evolution phases;
- d) Types of leachate;
- e) Leachate formation mechanisms;
- f) Quantification of leachates;
- g) Leachate compositions;
- h) Types of pollutants present in leachates;
- i) Impact of leachate on the environment and human health.

##### COMPETENCY 2: PROPOSE PRACTICAL AND FEASIBLE SOLUTIONS FOR LEACHATE TREATMENT PRIOR TO RELEASE TO THE NATURAL ENVIRONMENT

- **Membrane Methods**

- a) Nanofiltration;
- b) Reverse osmosis;
- c) Biological Methods;
- d) Aerobic treatment;
- a) Anaerobic treatment;
- b) Batch sequential reactor.

- **Physico-chemical methods**

- a) Coagulation-Flocculation;
- b) Adsorption;
- c) Flotation;
- d) Chemical precipitation;
- e) The Filters.

#### 4.2 INTEGRATING ENVIRONMENTAL EDUCATION THROUGH EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

Extracurricular activities are an important part of school life. They are linked to teaching and are carried out by schools in order to promote and develop the knowledge and skills of pupils. They bring together various activities that touch on cognitive, emotional and psychomotor aspects. These are operationalized in educational structures set up within schools forming educational clubs, whose purpose is to ensure the conduct and supervision of extracurricular activities. These clubs constitute a methodological framework and a way of activating school life by voluntary commitment of different operators: students, educational and administrative frameworks and the various partners making these spaces places for the development of psychological and social skills, organizational skills, communication, collective work, values, citizenship and civic behaviour.

Work in educational clubs is a pedagogical necessity in order to encourage students to transmit and apply the various school learnings in the processes of daily life and to put them at the heart of pedagogical reflection and action. Environmental education takes place within these extracurricular activities, at the level of environmental clubs. The latter are educational clubs with extracurricular activities related to the environment and managed by volunteer teachers, motivated and having convictions on the importance of the environment and the need to contribute to its protection and preservation. These environmental clubs play an important role in instilling environmental values and empowering learners with their environment. They help to institutionalize their activities, in concrete and practical actions, which promote large-scale cooperation between the different actors and partners of schools to build them, in learners, contextualized knowledge about the environment.

### 4.2.1 METHODOLOGY

The adoption of a new transdisciplinary approach around the theme of the environment in schools is undoubtedly capable of ensuring a multidimensional teaching linked to the concerns of society, while considering the links with education for development, health, peace, risks.

#### 4.2.1.1 FIELD WORK BY GREEN TOURS AND OUTINGS

Several educational activities can be carried out for the benefit of the environment in a rather close environment: in a water treatment or treatment plant, in waste recovery sites and even in the departments of the institutions concerned with the environmental issue (water and forests, water basin agencies, boards and water distribution companies,...) [15].

##### 4.2.1.1.1 FIELD WORK BY VISITING WATER TREATMENT AND TREATMENT PLANTS

Visiting these stations and direct observation allows learners to estimate and become aware of the efforts made to feed on such a resource or to dispose of its waste, which will help them to build knowledge and actions that respect the environment.

##### 4.2.1.1.2 FIELD WORK BY ECOLOGICAL EXIT

The ecological exit allows to observe and study the natural environments directly on the ground, in order to discover the components of these environments and to understand the relationships that exist between living beings on the one hand, and with their living environments on the other hand. The ecological exit also allows to understand how the natural environments evolve and the effect of the negative impacts of Man on these environments

#### 4.2.1.2 ACTIVITIES BY PROJECT

Working through the pedagogical project approach applied to environmental education offers learners a privileged context for building cooperative learning. Working with students through projects in an “eco journal of the school”. On topics related to the recycling of plastic, cardboard and glass materials, renewable energy, peaceful use of the sea, the preparation of a guide on environmental concepts, the beautification of the spaces of the school with the installation of garbage bins to accustom students to preserve the environment, environmental law, climate change, etc. These are all projects developed by personal actions of teachers and which show a wealth of varied and diverse practices that must be supported and enriched by motivating the actors.

The pedagogical project approach consists in designing, innovating, creating and realizing a production based on a need to satisfy. It always leads the pupils to a real production, that is to say having meaning in relation to its usefulness either for the pupil or for a third person. This approach has several characteristics:

- It therefore requires a strong emotional involvement since it is useful.
- She develops behaviours justified by necessity: to document, to plan, to communicate to organize.
- It is often multidisciplinary and involves different types of knowledge.
- It involves just-in-time learning, as opposed to school functioning, where you learn and use it later if you need to.

The approach is divided into these 6 steps for convenience. The student is led to go back and forth between these different steps:

1. Emergence of the idea;
2. Analysis of the situation;
3. Choosing a strategy;
4. Assembly and planning;
5. Implementation;
6. Evaluation, assessment and possible adjustments.

Students are not isolated in their work. Teacher coaches students in all stages of a project approach, using different postures depending on student level, project, stage (Figure 1).

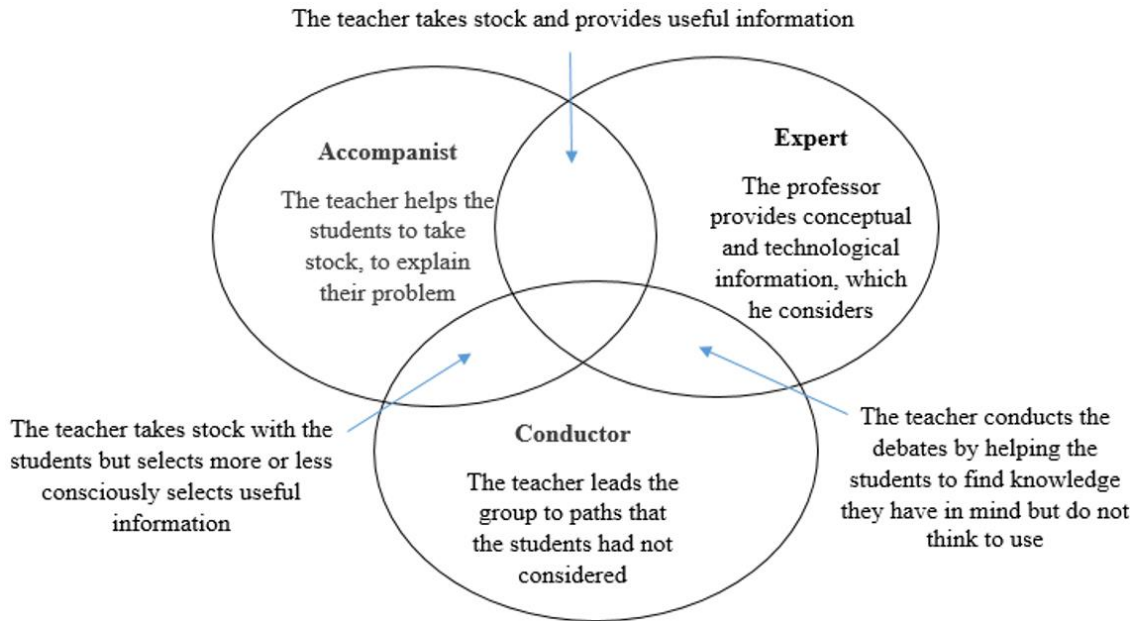


Fig. 1. The project approach

The project is not an end in itself, it is a detour to confront students with obstacles and provoke learning situations. At the same time, if it becomes a real project, its success becomes a strong stake, and all actors, teachers and students, are tempted to aim for efficiency at the expense of learning opportunities [16].

For the management of household waste, and despite several advances, only 8% of household waste is recovered in Morocco [17]. The production of waste per inhabitant per day varies greatly from one region to another, averaging 0.75 kg/ha/d (more than 5 million tonnes per year for the entire national territory) [17]. Household waste in Morocco is perfectly suitable for composting thanks to the large proportion (65 to 80%) of fermentable materials. Organic matter accounts for 64% on average but can reach 80% in rural and peri-urban communes [18]. For this reason, and as part of the projects carried out by the members of the Environment Club, we have carried out two processes for the recovery of household waste within the establishment: the application of the two techniques of composting (Conventional composting and earthworm composting) and recycling of recyclable materials (Figure 2).

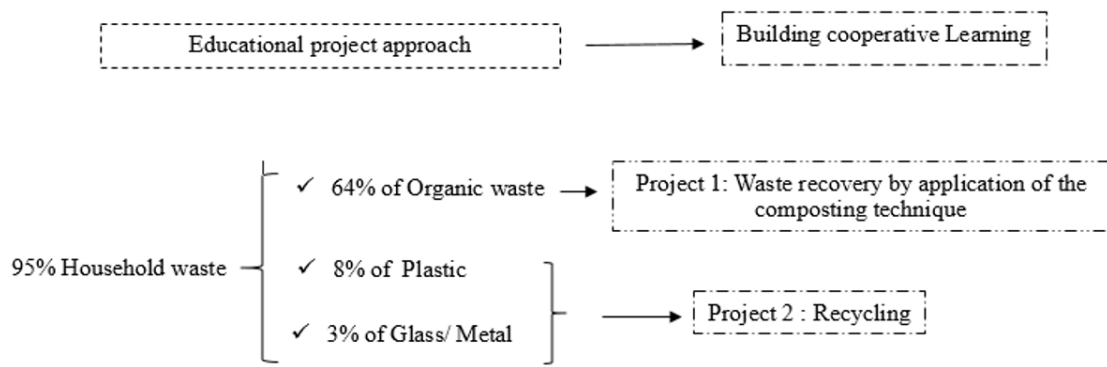


Fig. 2. Applied techniques in project pedagogy

4.2.1.2.1 RECYCLING PLASTIC, PAPER, GLASS AND METAL MATERIALS

Recycling is a process of treating the waste (industrial or household) of products that have reached the end of their life, which allows some of their materials to be reintroduced into the production of new products.

The recyclable materials include certain metals, plastics and cardboard, glass, rubble. The recycling has two major environmental consequences:

- Reducing the volume of waste, thus the pollution it would cause (some materials take decades or even centuries to degrade);
- Preservation of natural resources, as the recycled material is used instead of the one that should have been extracted.

### 4.2.1.2.2 RECOVERY OF ORGANIC WASTE BY APPLICATION OF THE COMPOSTING TECHNIQUE

The theme of composting allows students to maintain a dynamic relationship with their living environment and to keep a critical distance from the exploitation of the environment, technological development and consumer goods. This offers great educational potential (biology, chemistry, ecology courses).

In this context, the students set up a composting system within the school according to the following steps:

#### 1. Evaluate the feasibility of the composting program by:

- The determination of the main employees in the implementation of the project;
- Target environmental groups or committees in our community, seek the support of stakeholders (management, support staff, teachers, students, etc.) to contribute to the implementation and success of the project;
- Appoint a person or group responsible for the “composting” project.
- Obtain cooperation from cafeteria and kitchen staff to recover organics provided by kitchen staff following meal preparation.

#### 2. Choose a composting technique suitable for our facility:

For this reason, we have:

- Conventional composting in a compost plot, in direct contact with the soil;
- Earthworm composting (composting done by earthworms, in a container that can be put in the classes inside). This allows only a small amount of material to be composted.

#### 3. Implementation of the recovery program

All the operations are carried out by the recovery team, which after the preparation of the lunch, will have to recover the kitchen waste from the composting site and put it in the composter, warning the following: recovery schedule, recovery methods and equipment, storage location, follow-up during summer and vacation periods, maintenance of composting site.

## 5 CONCLUSION

The integration of the environmental dimension into the Moroccan education system is a major concern imposed by environmental constraints that have become increasingly serious and worrying. Its institutionalization is not limited to its incorporation into disciplinary programs, but also to its reliance on extracurricular activities held in environmental clubs, created within schools.

The results of our work show the importance given to environmental clubs in anchoring environmental education. In fact, environmental education is carried out with a symbio-synergic vision and essentially calls for innovative pedagogical practices based on the involvement of pupils in projects they set up, in which they participate, reflect, confront and question. It also involves the active participation of other actors, whether internal (teachers and management) or external (professionals, associations, etc.), by pooling resources and know-how to achieve the desired objectives. These are achieved through the implementation of various projects, ranging from the organization of conferences, debates or exhibitions on environmental topics. As well as the adoption of different approaches and methods (work by project, ecological outputs, field work by visit, partnership).

For this, environmental education must necessarily be based on the pooling of various approaches and approaches in order to ensure a complementarity between the contributions of school curricula and extracurricular educational activities within the environment.

With a view to improving the integration of the environmental dimension by schools in its educational activities, we present the following recommendations:

- Lighten school curricula and free up pupils by diversifying learning modes and places and setting aside a time slot in the learning schedules for the activities of environmental clubs by integrating their actions into the processes learning;
- Capitalize on good practices and initiatives in environmental education and work for their sustainability in schools, through innovation, local solutions for financing and pedagogical supervision of activities initiated by environmental clubs as educational structures of common and collective interests of all the actors concerned in education.

## REFERENCES

- [1] Vantir, Z. (2014). The question of the environment within the Moroccan educational system (Summary of thesis). RADISMA, Number 10, 27 January. <http://www.radisma.info/document.php?id=1426>. ISSN 1990-3219.
- [2] Kingdom of Morocco. Constitution, 2011 edition. Dahir n° 1-11-91 of 27 chaabane 1432 (July 29, 2011) Promulgating the text of the Constitution. Official bulletin n° 5964 bis of 28 chaabane 1432 (30/07/2011), 62p.
- [3] Kingdom of Morocco. Dahir n°1-14-09 of 4 Jumada I 1435 (6 March 2014) promulgating framework law no. 99-12 on the «charter National Environment and Sustainable Development, Official bulletin n° 6240-18 jomada I 1435 (20-3-2014).
- [4] Kingdom of Morocco. Ministry of National Education, charter National Education and Training, Rabat, (1999), 73p.
- [5] Khzami, S.E, and Ben-Fares, S. (2009). The environment and environmental education. RADISMA, Number 4, 15 December. <http://www.radisma.info/document.php?id=748>. ISSN 1990-3219.
- [6] Hamouchi, A. (2011). Integration of the environment and environmental education in the Moroccan education system: Case of the teaching of life and earth sciences. National Doctorate Thesis, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz-Fez. 225p.
- [7] Ministerial circular 109-1999 on the creation of environmental clubs within schools.
- [8] Projects of the Strategic Vision of the 2015-2030 reform of the Moroccan education system for a school of equity, quality and promotion. <https://www.csefrs.ma/publications/vision-strategique-de-la-reforme/?lang=fr>.
- [9] Framework Law No. 51-17 on the education, training and scientific research system. <https://www.csefrs.ma/wp-content/uploads/2022/12/la-loi-cadre-17-51-fr-juillet-2022.pdf>entifique.
- [10] Agorram B., Mohati A., Selmaoui S., Khzami S.E. (2009). Environmental education in primary and secondary education in the light of skills-based education: Analysis of programs and textbooks. Journal of Educational Sciences, N° 41, 21p. (Text in Arabic).
- [11] Hamouchi, A., Essafi KH., and El Hajjami A. (2010). Integration of environmental education in the Moroccan education system. RADISMA, Number 5 (2010), 28 September <http://www.radisma.info/document.php?id=893>. ISSN 1990-3219.
- [12] Slali H. (2016). Environmental education (EE) in Morocco: analytical and pedagogical contributions for the improvement of teaching practices and the development of the school curriculum (Thesis summary). RADISMA, Number 12, 2p. <http://www.radisma.info/document.php?id=1600>. ISSN 1990-3219.
- [13] Agorram, B., Khzami, S.E, Abrougui, M. and Elaboudi, T. (2010). Man and the Environment. RADISMA, Number 6 (2010), 26 December. <http://www.radisma.info/document.php?id=1012>. ISSN 1990-3219.
- [14] Hamouchi, A. (2016). The environmental education of Moroccan textbooks: Conceptions and ethics environmental«. RADISMA, Number 12, 14p. <http://www.radisma.info/document.php?id=1565>. ISSN 1990-3219.
- [15] Laamarti, L., Ben-Bouziane, A., Akrim, H., and Talbi, M. (2009). «The field trip: what place and what role in a scientific approach?». RADISMA, Number 4, 15 December.
- [16] Sauve L., (1997). The critical approach in education relating to the environment: theoretical origins and applications to training teachers. Review of Educational Sciences, Vol. 23, no. 1, p. 169-187.
- [17] Solid waste sector, current situation and development prospects. Kingdom of Morocco, Ministry of Spatial Planning, Water and Environment, State Secretariat for the Environment. Risk Prevention and Surveillance Directorate. January 2021.
- [18] Composting and recycling of compost; Sustainable farming practices. Agrimaroc.net-2023. <https://www.agrimaroc.net/2018/07/15/compostage-et-valorisation-du-compost-pratiques-dune-agriculture-durable/2/>.

