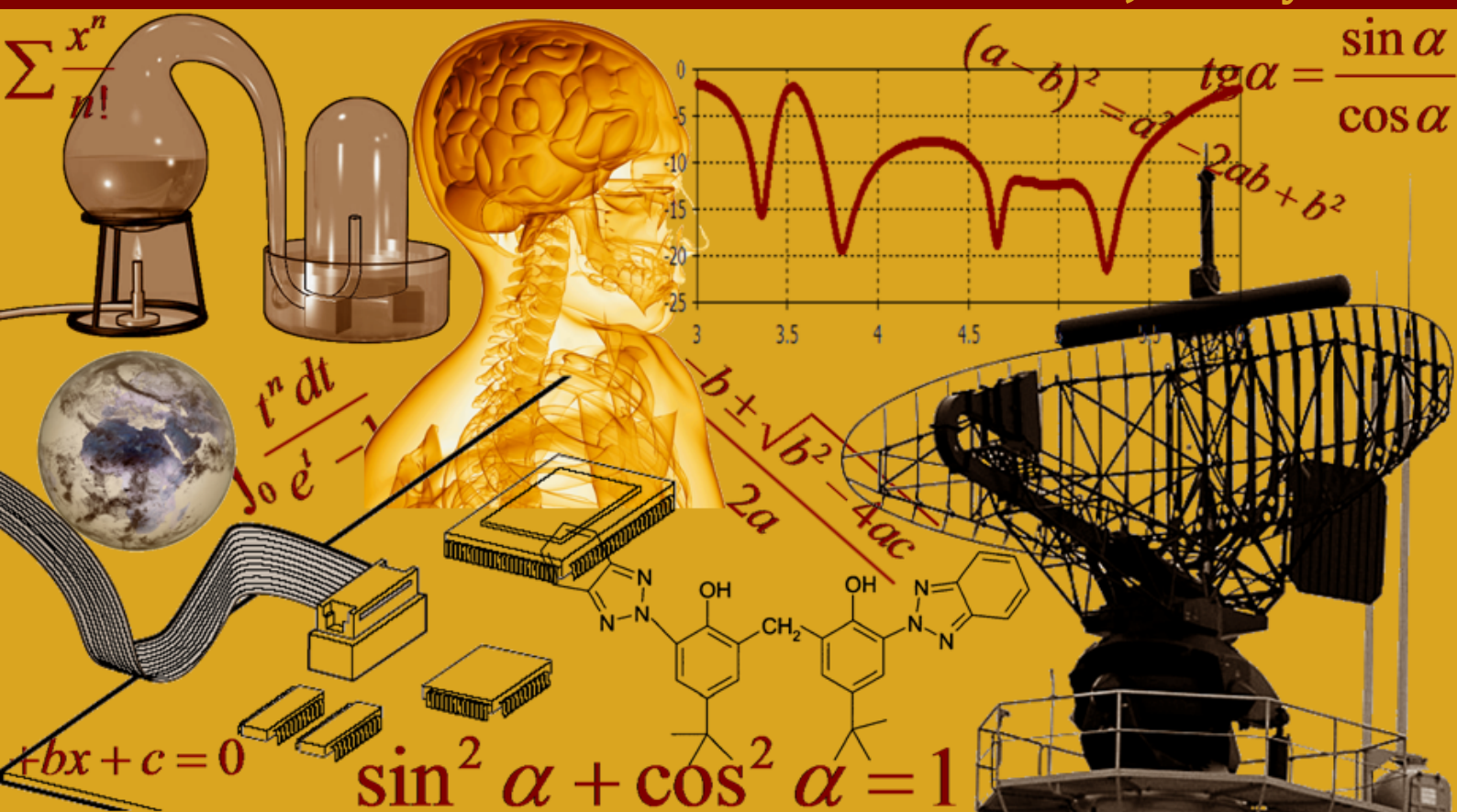


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 70 N. 2 January 2024



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

Next Generation Sequencing and its Future <i>Suchindra Suchindra, Preetam Nagaraj, and Asanka Sudeshini Hewage</i>	72-80
SARS-CoV-2 vaccine for protecting health professionals: Experience of university hospital of Casablanca <i>O. Elfadel, W. Bennane, and M. Soussi Abdallaoui</i>	81-85
Analyse économique de l'impact des inondations de février 2023 dans le secteur agricole du groupement de Karhongo/Nyangezi en République Démocratique du Congo <i>Balungwe Birhashirwa Ildéphonse, Makelele Masirika Emmanuel, Olangi Makenge Benjamin, Macumu Nshombo Albert, and Mastaki Iragi Serge</i>	86-100
Implantation d'un système électronique de détection et de quantification des polluants atmosphériques en milieu industriel connecté à un serveur distant <i>Kondatata Mbambu Jordan, Meni Babakidi Narcisse, and Kinyoka Kabalumuna God'El</i>	101-106
Inheritance of seed yield and its components in oleaginous gourd <i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl <i>Yao Kouakou Abessika Georges, Gbotto Ahou Anique, Akaza Moroh Joseph, Kouamé Koffi Kévin, Akaffou Doffou Sélastique, and Zoro Bi Irie Arsène</i>	107-120
Hydrodynamique sédimentaire des plages adjacentes à l'embouchure d'Assinie (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) <i>Casimir Beh Kpan, Paul Yao Assale, Aristide François Assié Kouao, and Mondé Sylvain</i>	121-135
Impact de deux fumures organiques sur la productivité de la culture du maïs dans la région de Ngandajika, Province de Lomami, RD Congo <i>Michel Nkongolo, Charles Ilunga, Evelyn Madilo, Carcy Tshimbombo, and Robert Mukendi</i>	136-145
Appréciation des performances zoo technico-économique des poulets de chair nourris au Vigna Sinensis comparé au Soja (graine) et du maïs QPM au maïs commun <i>Charles Ilunga, Evelyn Madilo, Ernest Bakamwimba, Alidor Biaya, Jackson Muepu, and Patrick Kabambi</i>	146-155
Management de transport à Kinshasa: Approche axée sur la régulation des taxis-motos <i>Trésor NGEM MUNTIL</i>	156-164
Caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan <i>Bi Irie Van Dexter Youan, Moussa Komara, Yapo Akaffou, and Komissiri Dagnogo</i>	165-171

Next Generation Sequencing and its Future

Suchindra Suchindra¹, Preetam Nagaraj², and Asanka Sudeshini Hewage³

¹Department of Engineering, National Institute of Mental Health and Neurosciences, Bangalore, India, India

²Department of Engineering, IBM, Bangalore, India, India

³Institute of Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology, University of Colombo, Colombo, Sri Lanka

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

ABSTRACT: Next-generation sequencing (NGS) has the capability to produce hundreds and thousands of DNA / RNA sequences per analysis. This ability to sequence thousands of sequences at a time has brought about profound changes in genomic research. The primary aim is to see regions of similarity or variation / mutation amongst many sequences at hand. Today, NSG has reduced the time and is cost effective. This reduction of cost and time to obtain genomic data quickly has provided information on gene structure, protein structure, protein expression, genetic variations, gene expression profiles and others. This range of information has now expanded genomics research from analyzing and studying rare genetic disorders, cancer, infectious diseases like COVID, Phylogenetic trees, animal research, disease and control in husbandry, oral diseases, and metagenomic studies.

The analyzed information has enabled diseases diagnosis, prognosis, targeted therapies, precision medication and other methods. The scope is not only restricted to human genome analysis but is used in disciplines like animals, and agriculture in detecting pathogens and developing new diseases resistant crops and animal breeds. Moreover, the NGS capacity to use massive parallel processing to sequence has had a major impact in pharmaceutical industry. New drugs discovery uses DNA / RNA sequencing methods to first identify mutations, to develop targeted medicine / drug development. NSG has a bright future in unlocking various mysteries and providing insights into genomic information which we have still not been able to uncover. This paper first talks about NGS techniques, challenges, techniques used, NGS uses currently, future development directions in sequenced data quality, cost, and analysis techniques.

KEYWORDS: Next-generation sequencing; Genome; Exon; Gene; Phylogenetic tree; Metagenomic.

1 INTRODUCTION

Over the last 60 - 70 years, researchers have tolled deep into developing better newer techniques to understand the DNA residue in the samples either by sequencing entire DNA or RNA molecules. It all began with Watson and Crick famously solving the structure of DNA in 1953 [1]. This created an overall conceptual framework for DNA replication and encoding proteins in nucleic acids [1]. However, scientists were still not able to read the sequences as today to see any mutations or variations. Strategies to study the chain of proteins could not be used for DNA sequences as they were too long and made of fewer amino acids (A, C, G, T), which presented confusion, misunderstanding and time consumption.

At the same time, there was another school of scientist who were interested in sequencing either the whole sequence or wanted to find regions which were like two sequences, giving birth to global and local sequence pairwise alignment algorithms. Of these, the first edition of these algorithms was all based on Dynamic Programming methods and were very sensitive but time consuming. These are Needleman-Wunsch and Smith Waterman algorithms [2], [3]. As time progresses, heuristic algorithms which were faster but less sensitive were developed for local and global sequence alignment. The new bioinformatics algorithms varied in finding smaller regions of similarity, to finding Maximal match subsequence where were employed in LAGAN and MASAA family of algorithms. BLAST, LAGAN and MASAA family continue to dominate this spectrum

of whole genome pairwise sequencing today as they are faster and cheaper (BLAST family) or more sensitive (LAGAN and MASAA family) [4 – 17], on this topic we have extensive research done and are presenting the findings. The widely used and effective ones are BLAST, LAGAN and MASAA as they are faster and sensitive at the same time.

While technologies were still in their infancy in ‘reading’ DNA sequences, it was the RNA - tRNA molecule which was first sequenced by Robert Holley in 1965, quickly after RNA of bacteriophage MS2 by [18, 19]. The techniques used in sequencing RNA sequence was quickly adopted to sequence DNA with the breakthrough by Frederick Sanger and colleagues, who developed chain termination method [20]. There after automated DNA sequencing method was developed by [21, 22]. From the mid 80’s there has been an explosion of sequencing methods especially in the last few decades [23 – 27, 59, 60]. The development of which has led to many pathbreaking discoveries in the field of DNA sequencing.

In the next section we will first discuss 3 generations of NGS algorithms starting from the Sanger discovery to third generation, techniques used, and uses of NGS at the end. The evolution of sequencing is shown in Fig 1. Looking at Fig 1, one can see how far we have come, today we are able to sequence 1000Gb of data in a single run which was impossible to fathom few decades ago. In the last years, the reduction of time and cost to obtain genetic information (genome, exome, and genes) have led to serious discoveries in other fields like animals, insects, birds, genetic diseases, protein structure, microbiology, cancer and metagenomic studies.

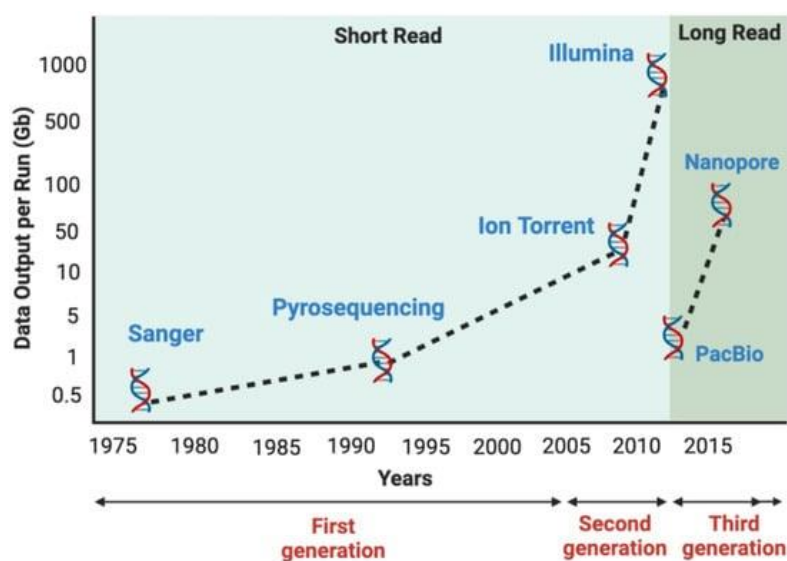


Fig. 1. Evolution of Sequencing Techniques [28]

1.1 FIRST GENERATION SEQUENCERS

The first generation is widely recognized as a period between year 1964 to 2001. The first attempts were made at sequencing DNA and RNA by Robert Holey who first sequenced a nucleic acid molecule, alanine tRNA using ribonuclease from *S. cerevisiae* [29]. However, a breakthrough came about in 1977, when Frederick Sanger developed a new sequencing method based off chain-termination method (Which later came to be known as Sanger Sequencing). At the same time, Walter Gilbert developed a method based on chemical degradation of DNA and its cleavage at specific base pair in the same year [31]. Sanger method used dideoxy nucleotides, which terminate the chain elongation of DNA stands during replication and allowed sequence reading up too few hundred bp in length. At the time, DNA sequencing was manual, time consuming and used radioactive materials. Sangers’ methods were highly efficient with low radioactivity, hence was quickly adopted as the primary technique in laboratory and commercial application [30].

The first commercial automated sequencing machine, ABI 370 from Applied Biosystems was launched in 1987. ABI 370 used dideoxy nucleotides and capillary electrophoresis to mimic and automate sangers sequencing, which increased its efficiency in terms of speed and accuracy [32, 33]. ABI 370 was able to detect 96 base pairs at a given time, 500K per day and could read bases as long as 600 bases. 600 bases length is considered short read today and we will talk about these at the end of this section. ABI 370 gained fame quickly and adopted and many improvements were made to it over time, which led to higher-throughput sequencers capable of producing longer read up to few thousands [34]. This sums up the generation one sequencers which were later replaced by higher-through put sequencers while reducing manpower time and cost employing

massive parallel analysis techniques. Nonetheless the first generation made historical milestones which revolutionized many areas of biology, botany, pharma, and medical industry.

1.2 SECOND GENERATION SEQUENCERS

Second generation NGS sequencing techniques which emerged from 2001 - 2008. These systems were now capable of simultaneously sequencing thousands of millions of DNA markers. These methods differed from the first generation as these were able to perform parallel sequencing. One of the popular methods to emerge in this period is the Roche 454 method, which relied on pyrosequencing [28], and could produce 20,000 reads and an output of 20Mb in a single run. Later improvements were made to the 454 methods, to develop 454 GS FLX titanium which could produce 700 bp reads and could produce 14 Gb on a single run. The commercial 454 GS FLX system was available in 2009.

Ion torrent genome machine was another method like Roche 454, employed changes to pH, by detecting release of hydrogen ions during DNA synthesis to determine the sequence. Illumina sequencing method utilizes a sequence by synthesis which is based on the reversible dye terminators [28]. This system used sequencing by synthesis method (SBS) and the amplification bridge [28]. The analyzer can output 1GB / run which was later updated to 600 Gb/run and 200 bp reads which is by far the lengthiest sequence read of this generation. Sequence by Oligonucleotide ligation and detection (SOLiD), as the name employs, uses ligation method using reversible termination to determine the DNA sequence. All these second-generation methods increased the throughput in this short period of time at the same time increasing the speed of DNA sequencing [35]. This led to the gene therapy first used in breast cancer, targeted medication, and care. Various NGS technologies are shown in Figure 2.

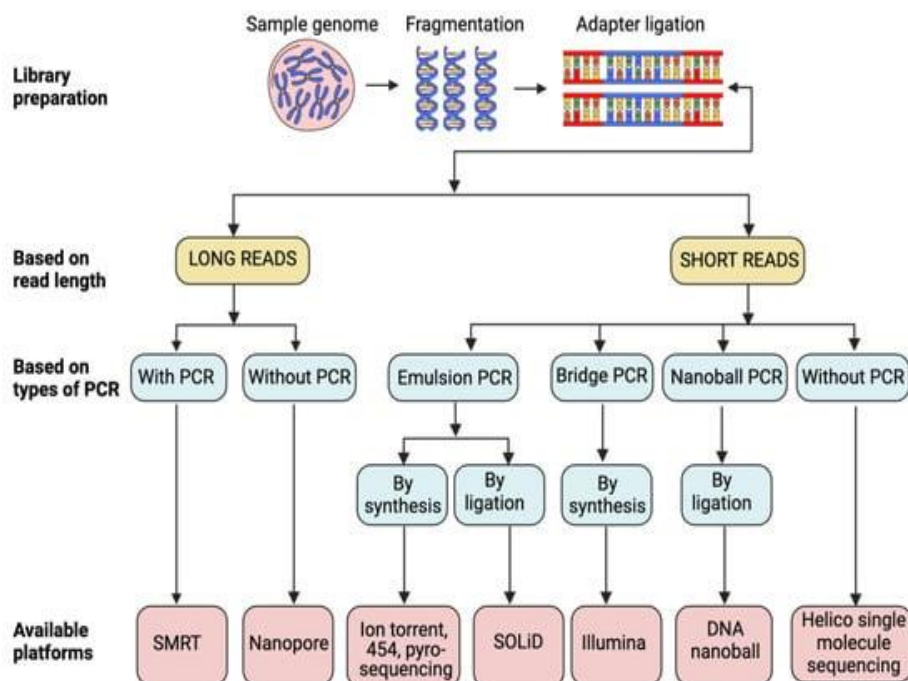


Fig. 2. Various NGS technologies [28]

Oral health is often forgotten as being part of the overall 'well-being' of an individual. More so, in India and south Asia in general. The word, "well-being", means the state of mind, physical, social well-being, or lifestyle in totality [1]. A good oral health leads to good dental functionality as well as plays a vital role in the aesthetic part of an individual, making one pretty or handsome or looked upon as so. A poor oral health on the other hand would result in diminished confidence, shyness and a conscious awareness that certain activity is not well looked upon by others when an individual exercises it. E.g., Smiling with crooked teeth. Hence oral health plays a role in both functional as well as social lifestyle.

1.3 THIRD GENERATION SEQUENCERS

Third-generation sequencing methods are techniques used from the year 2009 - till date. Top of the list is the Helicos single molecule sequencing which is highly accurate. This method can output nearly 28 Gb, the only disadvantage being its limited capacity to correctly identify indels. Indels are regions of mutation, which can be seen as insertion or a deletion, symbolized by '-' in the DNA sequence. Another disadvantage is the short reads which are well below 50 bp and at the time when other methods produce 100k bp, 50 bp looks rather too small.

Other third generation sequencing methods provided long-read sequencing capabilities, enabling for much large DNA fragments, one of which is PacBio sequencing, which used single-molecule real time (SMRT) approach, which enabled for long reads up to tens of kbs. One of the most popular one in this generation is the Oxford Nanopore Minion technology, which as the name gives away, uses nanopore sequencing technologies, which is based on DNA molecules, when an electric potential is applied, through an array of nanopore in a high-salt buffer. Bases are identified based off electric change to determine the DNA sequence. Oxford Nanopore provides long reads and real-time analysis [28]. With the advent of third generation sequencing methods, scientist today can identify infectious diseases in real time and are able to analyze quickly without any historical data related to these diseases.

A short-read sequencing is basically sequencing by synthesis based upon other enrichment methods like fragmentation, amplification, and hybridization [28]. Long-read, on the other hand are based on detection either by synthesis or electrical voltage change/ variation to generate single base when it is passed through a membrane or a buffer. Long read tend to produce 10kb read while short reads produce around 400 - 600 bp. Long-reads are error prone when compared to short-reads. Also, the quality of data produced in short reads are far more accurate than long-reads. Thus, short reads find its usefulness in counting of specific sequences, profiling, identification of variants and others. Long reads find their usefulness in identifying large insertions / deletions, duplications, and others [36].

2 AREAS WHERE NGS IS USED AND DATA ANALYSIS

NSG is used in whole Genome Sequencing research. The well-known genome project from USA, Europe and Japan used NGS, all these projects were mainly focused on the analysis of the entire nucleotide sequence of the genome of an organism, initially they started with drosophila and human genome project elevated the project to use it for human genome analysis [37]. Genome analysis is quite complex, and voluminous as there are 3 billion characters to analyze from the resultant data. Being complex, and voluminous, it was costly in the beginning, although costs have dramatically come down over the last few years to few thousands of dollars, its data analysis still presents a challenge, since it is genome analysis is interested in knowing the entire complete picture of organism in interest [38], see Fig 3.

NGS is also used in Whole exome sequencing (WES), which is more interested in the protein coding exons (stretch of bps). Since the protein coding exons makes as little as 2% of the 3 billion length genome sequence, it offers opportunity for larger wider study on these exons [39]. Since the exons lengths do not run into thousands of bps in length, the study is quite cheaper, less voluminous, and less complex when compared to (WGS). Since WES is interested in sequencing smaller section of the whole genome, knowledge of smaller intricacies between exon and non-exon regions might be missed to garner and one might miss the complete picture of the information flow between exon and non-exon region as a whole [40].

NGS is well known in Targeted sequencing. targeted sequencing as the name gives away, targets specific regions of a gene, and can identify various types of variation from small gene deletion (whole gene), gene duplications, insertion (Mutated gene) or gene rearrangement (Gene Mutated), which are all associated with diseases in one way or the other. In some cases, abnormalities like clefts, abnormalities during birth, (extra digits), missing nose and others are all attributed to gene mutations. The main advantage of Targeted sequence is that it is less expensive and clinical establishments can manage this small data, making laboratory decision making quicker and easier. Over the course of time targeted sequencing has been able to throw light on the mutant clones which are due to tumour heterogeneity or metastases nature of cancerous tumour [41]

Next-generation Sequencing has had a profound impact on transcriptomics [28], by improving the study of RNA molecules in an organism. Since NGS offers better output, and is cost inexpensive in profiling and analyzing molecules, scientists or laboratories have been able to gain much better knowledge on the gene expressions, location where these genes are expressed inside the cell, splicing, non-coding regions of RNA and various other biological mechanism which are one or the other way tied to our understanding of the diseases and drug discovery [42 - 45]. mRNA sequencing is the most common used in transcriptomics, mainly for getting a snapshot of expressed gene in a sample [28]. Since NGS provides short reads and long reads, short reads here are helpful in identifying expressed genes levels (in percentage) in different conditions, newer unknown transcripts if any, and to gain knowledge on expression mechanism on different cell types and their gene expression levels at

the same time. NGS is used in alternative splicing too, which is basically a technique where a single gene generates mRNA isoforms (same form). It does this by aligning RNA-seq reads to the reference genome (NSG generated), thereby abetting scientist to locate splicing junctions [46].

NGS is helpful to identifying non-coding RNAs, apparently these regions play an important role in gene regulations [28]. Small-RNA and long non-coding RNA sequencing enables the scientist to classify these regions of non-coding RNAs. The classification allows for profiling regulatory RNAs, microRNAs, PiRNAs and snoRNAs for their role in gene expression [28], [12]. Other long RNA-seq reads can inform the connectivity between other exons and reveal the information which is otherwise thought to be 'junk' [47]. NSG is also used nowadays in the reconstruction and annotation of transcriptome of organisms by aligning RNA-seq reads to a reference sequence. NGS as we can see can play an integrated role in various molecular fields and help us understand the cell regulation mechanisms and other biological processes necessary for a healthy cell and its reproduction.

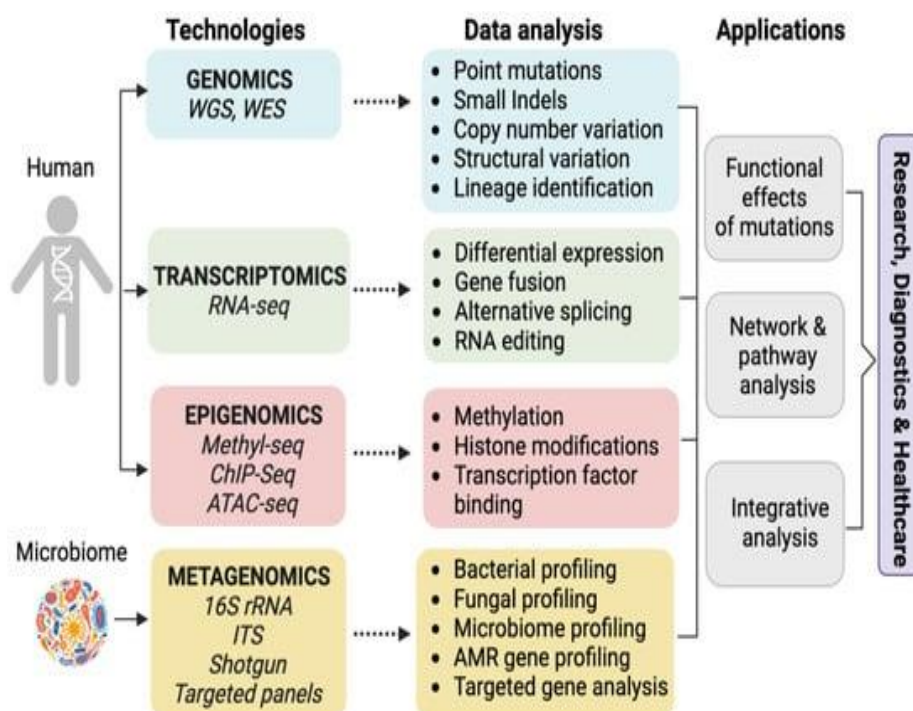


Fig. 3. Areas NGS is used [28]

Epigenomics is other field where NSG is used actively. It is a study where hereditary gene expression patterns have changed but the DNA sequences or the genome has not mutated at all [48]. The most common fields under this category are DNA methylation, histone modification and RNA methylation [49]. The chemicals tags associated with the organism alter the DNA accessibility, chromatin remodeling and nucleosome positioning [50, 51]. All this modification, it is attributed to environmental factors such as diet, pollutants, lifestyle, toxic intakes, exposure to radiation and information professions [52]. The knowledge and insights garnered by scientist through whole genome projects has helped them attain good knowledge into these gene alterations. This unusual changes in the gene expression patterns have bewildered scientist and has infused more interest in understanding the disorders like behavior disorders, memory loss, cancer, immune system depletion, addiction, lethargy, aggression, neurodegeneration, and other psychological disorder attributed to this change in gene expression patterns [28].

Next-generation sequencing generates vast amount of data which is then used by other bioinformatics / computational method to analyze and interpret these data. This raw data produced by NGS must be processed, analyzed, and interpreted to make good biological sense / insights and based on these insights some knowledge is gained or reaffirmed [28]. The computational method ranges from DNA / RNA sequence alignment both in pairwise and multiple sequence alignment, variant determination, gene expression, expression analysis, protein structure development, and other specialized analyses. There are other bioinformatics tools like de novo assembly, reference-based mapping, and transcriptome analysis, which are used to gain more biological information from the sequences generated by NGS [28]. Other tools are used for identification of gene variation, including both single-nucleotide polymorphisms and copy number variations (CNV) [28]. Other combine the NGS

data with other genomic and functional data readily available and annotated to explore gene expression and regulatory networks at the molecular level [28].

3 NGS AND RESEARCH

Fgdfd NGS has revolutionized the field of microbiology for good, especially the scientific community is able to synthesize genomic large data because of its parallelized millions of sequences high-throughput in a single producing high-throughput. NGS is looked upon as a weapon in translation medicine because of this high throughput but also because of the vast bioinformatic tools that can now be used upon which help researchers, laboratory scientist, drug companies understand the genetic nature of the disease and thereby aid in the new drug discoveries.

NSG is used in the Microbiomes research. Microbes are everywhere, their relationship with humans at times pathogenic and at times symbiotic leads to greater importance in understanding their ecosystem, their survival characteristics through their and our evolution [53]. The understanding the host (Human, plant etc.) and host-microbiome interactions are important for the host survival and reproduction. These include pathogen surveillance, therapeutic and functional dysbiosis [28]. There are studies made where the gut microbes are linked to obesity and other mental disorders. Experiments are successfully conducted where gut microbes are switched between healthy humans to see the effects and the results are stunning [54]. Designing panels to identify mutation or mutated genes, followed by usage of bioinformatics tools to see the sequence alignment, genes would now help in designing drugs for the pathogens. targeted medication would then ensure at least a recovery from these pathogen and aid in the immune system building resistance to these pathogens in the future [28].

Today, NGS research is focused more on the study of transcriptome and epigenome [28]. The human genome project and other genome projects through WGS and WES have provided scientists with knowledge of the microbiological process as minute as a protein synthesis and its location inside the cell today. Thus, the research has moved to other areas like wellness check, agriculture for diseases and pest resistance crops, and food research. The NGS research has also widen into genetic variation, phylogenetic trees, ancestral linkages, and cancerous cell through the mutations biologists can now discover. This need in detecting the mutational landscape where a benign tumor would lead to malignant through gene variation finders like 261 gene panel, 400 gene panel, 500 panel by Illumina, IST, Agilent and Thermo Fisher has flooded the market with new devices and procedures [28]. The panels can discover various cancers like lung (cigarette smoking led research), breast cancer (female), ovarian (female), pancreatic and renal cancers [28].

NGS is useful in finding the exact microbes which indirectly helps in developing the correct medicine and its dosage to help an individual. The panels discussed in the previous paragraph help detect the pathogens from various diseased reference or clinical annotated specimen. The panels also help in identifying antimicrobial drug-resistant mutations and antiviral drug-resistance mutations [55]. The data from these identified mutations are later used for surveillance, containment, drug discovery, policy changes, health interventions and vaccine discovery to stem the epidemic like we saw in COVID [56]. NSG is activity used in the gene mutations where scientist find a correlation with diseases like diabetes, infertility, immune system changes, hormonal changes, embryo development and others.

On the cancer diagnostic front, NGS main contribution has been that all cancers without exception have been a disease of the genome and not necessarily mendelian in their origin [28]. By mandelian, we mean, diseases inherited with single gene mutation or gene pattern mutations. There are many efforts being made on the cancer cure direction, TCGA (The Cancer Genome Atlas) and ICGC (International Cancer Genome Consortium), our understanding of cancer and its subsequent gene alteration data in protein-coding regions inside the cell for all cancer types are available today [57]. Then there are enterprises, like such as FoundationOne by Foundation Medicine (Cambridge, MA, USA), Oncomine by Thermo Fisher (Waltham, MA, USA), CANCERPLEX by KEW (Cambridge, MA, USA), MSK-IMPACT by the Memorial Sloan Kettering Cancer Center (New York, NY, USA), OmniSeq Advance by the Roswell Park Cancer Institute (Buffalo, NY, USA), the CC Onco Panel by Sysmex (Kobe, Japan), and the Todai Onco Panel by Riken Genesis (Tokyo, Japan) who have developed different gene panels using various technologies that are now used for cancer detection, prognosis and therapy [58].

4 CONCLUSION

The future of NGS is very bright. Today, NSG is steppingstone on which other fields like Bioinformatics, bio robotics, Nucleic acid preparation are based off. With the advancement in computers and other technologies, the sequencing method would only get faster and accurate with time. We see, that in the future, Sequence would be handled by a smaller amounts of input DNA and would be simpler test results in the laboratory settings. This would eventually help other diagnostic tools ranging from health, dental, and other botanical fields especially agriculture where there is a need for diseases and pest resistant crops.

NSG holds immense prospects in the cancer diagnostics and gene expression study. We have still a long way to know the minute chemical reactions that go inside the cell and an understanding of those would help in various fields especially cancer. More time and money is spent each year across the world in different well known laboratories to find these intricacies leading to cancer cure. The development of real-time sequencing and point-of-care application [28] would help monitor health, spread of diseases, and help develop faster and better drugs to counter these diseases. The vast data that NGS produces also need faster, better bioinformatics tools to analyse and find better understanding of the biomechanism at microbiology cells throwing new insights about the cell. We are confident that NGS would open new frontiers in both faster disease diagnostics tools, better and accurate bioinformatic tools, drug discovery and perhaps a cure for cancer.

REFERENCES

- [1] Watson J., Crick F. Molecular structure of nucleic acids. *Nature*. 1953; 171: 709–756.
- [2] Needleman, S.B. and Wunsch, C.D. 1970. A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. *J. Mol. Biol.* 48: 443-453.
- [3] Smith, T.F. and Waterman, M.S. 1981. Identification of common molecular subsequences. *J. Mol. Biol.* 147: 195-197.
- [4] Reddy, Bharath Govinda. *Multiple Anchor Staged Local Sequence Alignment Algorithm-MASAA*. Diss. The University of Northern British Columbia, 2009.
- [5] Waqar Haque, Alex Aravind, and Bharath Reddy. 2009. Pairwise sequence alignment algorithms: a survey. In *Proceedings of the 2009 conference on Information Science, Technology and Applications (ISTA '09)*. ACM, New York, NY, USA, 96-103. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1551950.1551980>.
- [6] Haque, W., Aravind, A., & Reddy, B. (2008, August). An efficient algorithm for local sequence alignment. In *2008 30th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society* (pp. 1367-1372). IEEE.
- [7] D. J. Lipman and W. R. Pearson, «Rapid and Sensitive Protein Similarity Searches,» *Science*, vol. 227, pp. 1435-1441, 1985.
- [8] S. F. Altschul, W. Gish, W. Miller, E. W. Myers, and D. J. Lipman, «Basic Local Alignment Search Tool,» *J. Molecular Biology*, vol. 215, pp. 403-410, 1990.
- [9] S. F. Altschul, et al., «Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs,» *Nucleic Acids Res.*, vol. 25, pp. 3389-3402, Sep. 1997.
- [10] W. J. Kent, «BLAT—The BLAST-Like Alignment Tool,» *Genome Research*, vol. 12, pp. 656-664, 2002.
- [11] S. Schwartz, et al., «Human–Mouse Alignments with BLASTZ,» *Genome Research*, vol. 13, pp. 103-107, 2003.
- [12] L. Batzoglou, J. Pachter, B. Mesirov, B. Berger, and E. S. Lander, «Human and mouse gene structure: comparative analysis and application to exon prediction,» in *RECOMB '00: Proc of the 4th Int'l Conference on Computational Molecular Biology*, 2000, pp. 46-53.
- [13] M. Brudno and B. Morgenstern, «Fast and sensitive alignment of large genomic sequences,» in *Proc of IEEE Computer Science Bioinformatics Conference*, 2002, pp. 138-147.
- [14] Bharath Reddy and Richard Fields, «Techniques for Reader-Writer Lock Synchronization,» *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, Vol. 8, No. 4, pp. 63-73, December 2020. doi: 10.18178/ijeee.8.4.63-73.
- [15] Bharath Reddy and Richard Fields. 2022. From past to present: a comprehensive technical review of rule-based expert systems from 1980 -- 2021. In *Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference (ACM SE '22)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 167–172. <https://doi.org/10.1145/3476883.3520211>.
- [16] Reddy, Bharath. (2020). *BIOINFORMATICS & PAIRWISE SEQUENCE ALIGNMENT: Local and Global Sequence Alignment Algorithms*. Amazon publications, May 2020, https://www.amazon.com/BIOINFORMATICS-PAIRWISE-SEQUENCE-ALIGNMENT-Algorithms-ebook/dp/B0879F5B5T/ref=sr_1_1?crid=2WEB AOL36MKNC&keywords=sequence+alignment+bharath&qid=1696737104&prefix=sequence+alignment+bharath+%2Caps%2C295&sr=8-1.
- [17] Reddy, B., Fields, R. (2022). Multiple Sequence Alignment Algorithms in Bioinformatics. In: Zhang, YD., Senjyu, T., So-In, C., Joshi, A. (eds) *Smart Trends in Computing and Communications*. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 286. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4016-2_9.
- [18] Holley RW, Apgar J, Everett GA, et al. Structure of a ribonucleic acid. *Science (80-)*. 1965; 147 (3664): 1462-1465. doi: 10.1126/science.147.3664.1462.
- [19] Fiers W, Contreras R, Duerinck F, et al. Complete nucleotide sequence of bacteriophage MS2 RNA: Primary and secondary structure of the replicase gene. *Nature*. 1976; 260 (5551): 500-507. doi: 10.1038/260500a0.
- [20] Sanger F, Nicklen S, Coulson AR. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1977; 74 (12): 5463-5467. doi: 10.1073/pnas.74.12.5463.
- [21] Smith LM, Sanders JZ, Kaiser RJ, et al. Fluorescence detection in automated DNA sequence analysis. *Nature*. 1986; 321 (6071): 674-679. doi: 10.1038/321674a0.

- [22] Hood LE, Hunkapiller MW, Smith LM. Automated DNA sequencing and analysis of the human genome. *Genomics*. 1987; 1 (3): 201-212. doi: 10.1016/0888-7543 (87) 90046-2.
- [23] Metzker, M.L. Emerging technologies in DNA sequencing. *Genome Res*. 2005, 15, 1767–1776.
- [24] Kumar, K.R.; Cowley, M.J.; Davis, R.L. Next-Generation Sequencing and Emerging Technologies. *Semin. Thromb. Hemost.* 2019, 45, 661–673.
- [25] Sakamoto, Y.; Sereewattanawoot, S.; Suzuki, A. A new era of long-read sequencing for cancer genomics. *J. Hum. Genet.* 2020, 65, 3–10.
- [26] Goto, Y.; Akahori, R.; Yanagi, I.; Takeda, K.-I. Solid-state nanopores towards single-molecule DNA sequencing. *J. Hum. Genet.* 2020, 65, 69–77.
- [27] Salk, J.J.; Schmitt, M.W.; Loeb, L.A. Enhancing the accuracy of next-generation sequencing for detecting rare and subclonal mutations. *Nat. Rev. Genet.* 2018, 19, 269–285.
- [28] Satam H, Joshi K, Mangrolia U, Waghoo S, Zaidi G, Rawool S, Thakare RP, Banday S, Mishra AK, Das G, et al. Next-Generation Sequencing Technology: Current Trends and Advancements. *Biology*. 2023; 12 (7): 997. <https://doi.org/10.3390/biology12070997>.
- [29] Holley, R.W.; Apgar, J.; Everett, G.A.; Madison, J.T.; Marquisee, M.; Merrill, S.H.; Penswick, J.R.; Zamir, A. Structure of a Ribonucleic Acid. *Science* 1965, 147, 1462–1465.
- [30] Heather, J.M.; Chain, B. The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA. *Genomics* 2016, 107, 1–8.
- [31] Sanger, F.; Nicklen, S.; Coulson, A.R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1977, 74, 5463–5467.
- [32] Barba, M.; Czosnek, H.; Hadidi, A. Historical Perspective, Development and Applications of Next-Generation Sequencing in Plant Virology. *Viruses* 2013, 6, 106–136.
- [33] Schuster, S.C. Next-generation sequencing transforms today's biology. *Nat. Methods* 2008, 5, 16–18.
- [34] Hutchison, C.A. DNA sequencing: Bench to bedside and beyond. *Nucleic Acids Res.* 2007, 35, 6227–6237.
- [35] Pervez, M.T.; Hasnain, M.J.U.; Abbas, S.H.; Moustafa, M.F.; Aslam, N.; Shah, S.S.M. A Comprehensive Review of Performance of Next-Generation Sequencing Platforms. *BioMed Res. Int.* 2022.
- [36] Mantere, T.; Kersten, S.; Hoischen, A. Long-Read Sequencing Emerging in Medical Genetics. *Front. Genet.* 2019, 10, 426.
- [37] Costain, G.; Cohn, R.D.; Scherer, S.W.; Marshall, C.R. Genome sequencing as a diagnostic test. *Can. Med. Assoc. J.* 2021, 193, E1626–E1629.
- [38] Logsdon, G.A.; Vollger, M.R.; Eichler, E.E. Long-read human genome sequencing and its applications. *Nat. Rev. Genet.* 2020, 21, 597–614.
- [39] Rabbani, B.; Tekin, M.; Mahdieh, N. The promise of whole-exome sequencing in medical genetics. *J. Hum. Genet.* 2014, 59, 5–15.
- [40] Iglesias, A.; Anyane-Yeboah, K.; Wynn, J.; Wilson, A.; Cho, M.T.; Guzman, E.; Sisson, R.; Egan, C.; Chung, W.K. The usefulness of whole-exome sequencing in routine clinical practice. *Anesth. Analg.* 2014, 16, 922–931.
- [41] Williams, M.J.; Sottoriva, A.; Graham, T.A. Measuring Clonal Evolution in Cancer with Genomics. *Annu. Rev. Genom. Hum. Genet.* 2019, 20, 309–329.
- [42] Li, J.; Liu, C. Coding or Noncoding, the Converging Concepts of RNAs. *Front. Genet.* 2019, 10, 496.
- [43] Lucchinetti, E.; Zaugg, M. RNA Sequencing. *Anesthesiology* 2020, 133, 976–978.
- [44] Choi, S.-W.; Kim, H.-W.; Nam, J.-W. The small peptide world in long noncoding RNAs. *Brief. Bioinform.* 2019, 20, 1853–1864.
- [45] Lasda, E.; Parker, R. Circular RNAs: Diversity of form and function. *RNA* 2014, 20, 1829–1842.
- [46] Ura, H.; Togi, S.; Niida, Y. A comparison of mRNA sequencing (RNA-Seq) library preparation methods for transcriptome analysis. *BMC Genom.* 2022, 23, 303.
- [47] Kolanowska, M.; Kubiak, A.; Jażdżewski, K.; Wójcicka, A. MicroRNA Analysis Using Next-Generation Sequencing. *Methods Mol. Biol.* 2018, 1823, 87–101.
- [48] Wang, J.; Tian, T.; Li, X.; Zhang, Y. Noncoding RNAs Emerging as Drugs or Drug Targets: Their Chemical Modification, Bio-Conjugation and Intracellular Regulation. *Molecules* 2022, 27, 6717.
- [49] López-Camarillo, C.; Gallardo-Rincón, D.; Álvarez-Sánchez, M.E.; Marchat, L.A. Pharmaco-epigenomics: On the Road of Translation Medicine. In *Translational Research and Onco-Omics Applications in the Era of Cancer Personal Genomics*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; Volume 1168, pp. 31–42.
- [50] National Human Genome Research Institute. Epigenomics Fact Sheet. 2020. Available online: <https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Epigenomics-Fact-Sheet> (accessed on 10 November 2023).
- [51] Handy, D.E.; Castro, R.; Loscalzo, J. Epigenetic Modifications. *Circulation* 2011, 123, 2145–2156.
- [52] Fuso, A. Aging and Disease. In *Epigenetics in Human Disease*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018; pp. 935–973.
- [53] Qin, J.; Li, R.; Raes, J.; Arumugam, M.; Burgdorf, K.S.; Manichanh, C.; Nielsen, T.; Pons, N.; Levenez, F.; Yamada, T.; et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature* 2010, 464, 59–65.

- [54] Foster, J.A.; McVey Neufeld, K.-A. Gut–brain axis: How the microbiome influences anxiety and depression. *Trends Neurosci.* 2013, 36, 305–312.
- [55] Illumina Inc. Ampliseq for Illumina, (n.d.). 2023. Available online: <https://sapac.illumina.com/products/by-brand/ampliseq/community-panels.html> (accessed on November 09, 2023).
- [56] Bhoyar, R.C.; Jain, A.; Sehgal, P.; Divakar, M.K.; Sharma, D.; Imran, M.; Jolly, B.; Ranjan, G.; Rophina, M.; Sharma, S.; et al. High throughput detection and genetic epidemiology of SARS-CoV-2 using COVIDSeq next-generation sequencing. *PLoS ONE* 2021, 16, e0247115.
- [57] Nagahashi, M.; Shimada, Y.; Ichikawa, H.; Kameyama, H.; Takabe, K.; Okuda, S.; Wakai, T. Next generation sequencing-based gene panel tests for the management of solid tumors. *Cancer Sci.* 2019, 110, 6–15.
- [58] Nagahashi, M.; Shimada, Y.; Ichikawa, H.; Kameyama, H.; Takabe, K.; Okuda, S.; Wakai, T. Next generation sequencing-based gene panel tests for the management of solid tumors. *Cancer Sci.* 2019, 110, 6–15.
- [59] Reddy, B., & Fields, R. (2023). Maximum Match Subsequence Alignment Algorithm Finely Grained (MMSAA FG). arXiv e-prints, arXiv-2305.
- [60] B. Reddy and R. Fields, «Multiple Anchor Staged Alignment Algorithm – Sensitive (MASAA –S),» *2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)*, San Jose, CA, USA, 2020, pp. 361-365. doi: 10.1109/ICICT50521.2020.00064.

SARS-CoV-2 vaccine for protecting health professionals: Experience of university hospital of Casablanca

O. Elfadel, W. Bennane, and M. Soussi Abdallaoui

Bacteriology-virology laboratory, CHU IBN ROCHD, Faculty of Medicine and Pharmacy, Hassan II University, Casablanca, Morocco

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

ABSTRACT: Introduction: The control and prevention of SARS-COV-2 infection is based on both the respect of individual protection measures and distancing, but also on vaccination.

This work aims to evaluate the impact of vaccination on SARS-CoV-2 infection among health professionals at CHUIR and to correlate with the positivity of screening tests.

Methods: This is a retrospective study conducted over the period from 15 June 2021 to 1 September 2021.

The diagnosis was based on RT-PCR defined and the antigenic test.

The healthcare professionals were divided into 2 groups: G1-vaccinated / G2-non vaccinated.

The comparison concerned the viral load in positive cases by means of the threshold values (Ct) of RT-PCR and the positivity of the antigenic test.

Results: During the study period, 1658 healthcare workers were tested of which 638 were positive, representing a positivity rate of 39%.

Clinical symptoms were present in 99% of all positive cases.

G1: contains 440 health professionals representing 69% of all positive cases.

G2: presents 198 positive non-vaccinated subjects, representing 31%.

The average Cts in vaccinated and non-vaccinated subjects was $n=24$.

Conclusion: Understanding the determinants of transmission, including human behavior and vaccine efficacy, is essential for the development of prevention strategies.

KEYWORDS: SARS-COV-2, Vaccine, Healthcare workers, RT-PCR, Prevention.

1 INTRODUCTION

Coronaviruses are enveloped large single-stranded RNA viruses, infecting both humans and a wide range of animals. Coronaviruses were first described in 1966 by Tyrell and Bynoe grown from patients with the common cold [1].

On the basis of their morphology as spherical viruses with a central shell and surface projections resembling a solar corona which why they were called coronaviruses (Latin: corona = crown), SARS-CoV-2 belongs to the B lineage of beta-coronaviruses and is closely related to SARS-CoV [2], [3].

The four main structural genes encode nucleocapsid protein (N), spike protein (S), small membrane protein (SM) and membrane glycoprotein (M) with an additional membrane glycoprotein (HE) occurring in HCoVOC43 and HKU1 beta-coronavirus, the SARS-CoV-2 genome is 96% identical to the bat coronavirus genome [4].

SARS-CoV-2 apparently succeeded in passing from animals to humans in the Huanan fruit market in Wuhan, China. However, efforts to identify potential intermediate hosts appear to have been neglected, on 30 January 2020, the WHO Emergency Committee declared a global health emergency based on increasing case notification rates at Chinese and

international sites. The rate of case detection changes daily, with China bearing the brunt of morbidity and mortality, followed by incidence in other Asian countries, Europe and North America, and Africa.

Hospital workers were on the front line of defense against the SARS-CoV-2 pandemic and were at greater risk of contracting the virus and thus contributing to the spread of the disease.

Although the use of surgical masks, improved hand hygiene and personal protective measures for most direct care of COVID-19 patients protected caregivers and contained the SARS-CoV-2 pandemic among hospital staff, the infection of individuals was community-based.

In Morocco, vaccination against SARS-CoV-2 began in February 2021. Vaccination of health professionals of all categories (doctors, pharmacists, nurses, technicians, administrators) also began in the same period at the CHU Ibn Rochd Casablanca.

This work aims to evaluate the impact of vaccination on SARS-CoV-2 infection, and to describe the correlation between the vaccination status of the health professional and the delay of symptoms with the positivity of the PCR and the antigenic test, in addition to the description of the Cts which reflect the importance of the viral load in the health professional.

2 METHODS

This is a retrospective study of health professionals at the IBN ROCHD University Hospital in Casablanca over the period from June 15, 2021 to September 1, 2021, corresponding to the second wave of the SARS-CoV-2 pandemic.

- The inclusion criteria:
 - Health professionals working at the CHUIR: medical and paramedical staff and administration.
 - Confirmation of SARS-CoV-2 infection by a positive antigenic test and/or RT-PCR during the study period.
- The exclusion criteria:
 - Non-specified vaccination statuses.

The study population was divided into 2 groups:

- G1: health professional who has received the 2 doses of vaccine.
- G2: non-vaccinated health professional.

The comparison of the two groups concerned the viral load of the positive cases through the threshold values (Ct) of the real-time reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) and the positivity of the antigenic test which, if positive, reflects a high viral load.

The collection of epidemiological and clinical data by means of an investigation form and entered on KALISIL (platform for computerizing data), this form mainly concerns:

- Identity, age, address, national identity number, service of assignment and telephone number.
- Timing and types of symptoms.
- Vaccination status with type and date of second dose.

3 RESULTS

During the study period, 1658 healthcare workers were tested with a combined RT-PCR and antigen test simultaneously.

The results of the tests came back positive in 649 people practicing at the CHU ibn Rochd of which 11 people among them were excluded from the study because they had no known vaccination status, so a total of 638 people were retained for the rest of the study.

The female sex represents a percentage of 74% (N=474) of the total population against a male percentage of 26% with a sex ratio of 0.34. A calculated average age of 35 years and an interquartile range of [18-72 years].

The symptomatic persons represented a total of 636 persons representing 99%, whose symptomatic delay was different, a percentage of 73% (G1) versus 76% (G2) of the consultants in less than 5 days of appearance of the symptoms and 22% (G1) versus 22% (G2) who consulted between 5 and 9 days and 1.5% (G1) versus 1.5% (G2) consulted late in more than 10 days and less than 2% did not specify the delay of the symptoms.

Table 1. Description of health professionals according to symptom delay and vaccination status

Duration of symptoms	Asymptomatic	-5 days	5 days-9 days	+10 days	Not specified
Vaccinated personnel (G1)	2 (0,3%)	323 (73%)	99 (22,5%)	9 (1,7%)	7 (1,5%)
Non-vaccinated personnel (G2)	0	151 (76%)	44 (22%)	1 (0,5%)	2 (1,5%)
Total	2 (0,3%)	474 (74,5%)	143 (22,2%)	10 (1,5%)	9 (1,5%)

The number of people tested positive and vaccinated (G1) was (440/638 or 69%), of which 233 had a positive antigenic test in addition to the RT-PCR, in a rate of 53%. Thus 229 people belonging to the G1 group had Cts<25 as in 52% of the cases, compared with 48% of cases with Cts>25.

The (G2) represents a total of 198 patients confirmed positive but not vaccinated, in a rate of 31%, of which (119/198 or 60%) persons had a positive antigenic test plus RT-PCR, and 111 persons had Cts<25 in a rate of 56%, and (87/198 or 54%) had Cts>25 (Table 2 and 3)

The average Cts in vaccinated and unvaccinated individuals was n=24 with confidence intervals 95% [23,83 - 24,17]

Table 2. Description of health professionals according to positivity (antigen test and RT-PCR) and vaccination status

	Positifs	RT-PCR and Ag Test	RT-PCR
Vaccinated personnel	440 (soit 69%)	233 (soit 53%)	207 (soit 47%)
Non-vaccinated personnel	198 (soit 31%)	119 (soit 60%)	79 (soit 40%)

Table 3. Description of the viral load of infected healthcare workers according to the Cts in parallel to the vaccination status

	Ct<25	Ct≥25
Vaccinated personnel	229 (soit 52%)	211 (soit 48%)
Non-vaccinated personnel	111 (soit 56%)	87 (soit 54%)

4 DISCUSSION

In our study, the main objective is to compare two populations according to their vaccination status in order to draw a conclusion regarding the role of the vaccine in the protection of health care workers, is the vaccine alone able to provide a safety barrier for this at-risk population? And is it able to reduce viral transmission?

We discuss 2 salient problems with the study parameters in the efficacy trials of the COVID-19 vaccine in our population.

First, we propose a general set of clinical and biological endpoints to facilitate a harmonised assessment and comparison of vaccine efficacy, overall and between relevant subgroups.

Secondly, we discuss the advantages and disadvantages of various criteria used as primary endpoints.

If we consider the following evaluation criteria:

- Confirmed symptomatic SARS-CoV-2 infection regardless of symptom severity.
- Delayed onset of symptoms.
- Viral load: Ct<25.
- Positive antigenic test in conjunction with PCR.

The conclusions of this report are subject to at least three limitations. First, the data in this report are insufficient to draw conclusions about the effectiveness of COVID-19 vaccines against SARS-CoV-2 during this epidemic, as population-level vaccination coverage increases and particularly in the health sector, the case of our sample where 69% of staff are vaccinated, so vaccinated individuals are likely to account for a larger proportion of COVID-19 cases.

Secondly, asymptomatic breakthrough infections may be under-represented as due to selection bias, our scientific committee has required that testing can only be done if the patient has clinical signs, so in this study asymptomatic patients are around 0.3%.

Third, the demographics of the cases reflect those of a targeted and limited population of health professionals; further study is desirable to identify other characteristics, such as additional demographics and underlying health problems, the evolution of positive cases and major complications.

The Chinese vaccine SINOPHARM was majority in 97% of cases, while the ASTRA ZENECA vaccine represented only 3% of those vaccinated.

Vaccination coverage was able to cover 69% of the health workers, a figure absolutely equal to the vaccination coverage of a study population conducted in the city of Massachusetts in the USA [5].

Females were dominant in our study, with almost three quarters of the staff tested being female (74%) compared to a male majority in the Massachusetts population of 81% [5].

The average age was almost close with an average of 35 years in our study and 42 years in the comparison population.

Symptomatic patients were in the majority in our study representing a percentage of 99% compared to 79% in the Massachusetts population, this difference is probably due to the screening strategy which differs between the study populations, in Massachusetts, people were called for screening after the increase in the number of positive cases due to gatherings, whereas the healthcare professionals in our hospital facility only come for screening after the onset of symptoms suitable for COVID 19 and not after contact with a positive patient.

Cycle threshold (Ct) is a value that emerges in real-time reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) testing and is considered a benchmark for the detection of SARS-CoV-2, the Ct value refers to the number of cycles required to detect the virus, the lower number of cycles taken implies a higher viral load and vice versa, and a high viral load (Ct score <30) is taken to correlate with increased ineffectiveness and severity of the disease [6].

However, there is still no conclusive evidence of a direct correlation between Ct values and the severity and contagiousness of the disease.

The real-time RT-PCR Ct values in our sample of 440 fully vaccinated patients (mean = 24.23) were similar to those of 198 patients who were not vaccinated (mean = 24.03) and this is the case in the Massachusetts City comparison population where the mean is almost comparable at mean =22.77 for the fully vaccinated group and a mean of mean =21.34 for the non-vaccinated group. This was also the case in a study conducted at the University of California involving 2 demographically different populations where there were no statistically significant differences in the mean Ct values of the vaccinated Unidos en Salud population mean = 23.1; Mission District of San Francisco and Healthy Yolo Together population mean= 25.5 compared to the unvaccinated samples (Unidos en Salud population mean = 23.4; Mission District of San Francisco and Healthy Yolo Together population mean= 25.4) [7].

In our study, more than half of the two groups G1 and G2 with respectively 52% and 56% of the persons had Cts lower than 25, thus in an Indian study (Raju Vaishya) carried out on 118 pre-vaccinated health professionals, 72.9% of them had Ct values <30 [6].

For the viral load reflected by the positivity of the RT-PCR as well as the Antigenic test the G1 showed a slightly lower percentage at 53% versus 60% for the G2.

5 CONCLUSION

Understanding the determinants of transmission, including human behavior and vaccine efficacy, is essential for the development of prevention strategies. Multifaceted prevention strategies are needed to reduce morbidity and mortality related to COVID-19, hence the need to broaden statistical studies and assess several concomitant parameters in order to draw appropriate conclusions to protect the population and particularly personal health workers who have been and will always be in the first line of defense.

REFERENCES

- [1] Tyrrell DA, Bynoe ML. Cultivation of viruses from a high proportion of patients with colds. *Lancet Lond Engl*.1966; 1 (7428): 76-7.
- [2] Shu Y, McCauley J. GISAID: Global initiative on sharing all influenza data - from vision to reality. *Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull*. 2017; 22 (13): 30494.
- [3] Zhou P, Yang X-L, Wang X-G, Hu B, Zhang L, Zhang W, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020; 579 (7798): 270-3.
- [4] Bosch BJ, van der Zee R, de Haan CAM, Rottier PJM. The coronavirus spike protein is a class I virus fusion protein: structural and functional characterization of the fusion core complex. *J Virol*. 2003; 77 (16): 8801- 11.
- [5] Brown CM. Outbreak of SARS-CoV-2 Infections, Including COVID-19 Vaccine Breakthrough Infections, Associated with Large Public Gatherings — Barnstable County, Massachusetts, 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021.
- [6] Vaishya R, Malani A, Sharma H, Vaish A, Singh SK. COVID vaccination provided protection from severe disease despite low Cycle threshold (Ct) values. *Diabetes Metab Syndrome Clinical Research & Reviews*, 2021, Volume 15, Issue 5.
- [7] Charlotte B. Acharya, John Schrom, Anthea M. Mitchell, David A. Coil, Carina Marquez; No Significant Difference in Viral Load Between Vaccinated and Unvaccinated, Asymptomatic and Symptomatic Groups When Infected with SARS-CoV-2 Delta Variant | *medRxiv* 2021.09.28.21264262.

Analyse économique de l'impact des inondations de février 2023 dans le secteur agricole du groupement de Karhongo/Nyangezi en République Démocratique du Congo

[Economic analysis of the impact of the February 2023 floods in the agricultural sector of the Karhongo/Nyangezi group in the Democratic Republic of Congo]

Balungwe Birhashirwa Ildéphonse¹, Makelele Masirika Emmanuele², Olangi Makenge Benjamin³, Macumu Nshombo Albert⁴, and Mastaki Iragi Serge⁵

¹Enseignant à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi (ISTM, Nyangezi), RD Congo

²Diplômé d'Etudes Approfondies (DEA) en Sciences économiques et de Gestion, Enseignant à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi (ISTM, Nyangezi), RD Congo

³Professeur associé en Economie de développement, Enseignant à l'Université Catholique au Congo de Kinshasa (UCC), RD Congo

⁴Assistant d'enseignement à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi (ISTM, NYANGEZI), RD Congo

⁵Assistant d'enseignement à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi (ISTM, NYANGEZI), RD Congo

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

ABSTRACT: This paper presents the analysis of the economic impact of flooding in the agricultural sector of the Karhongo/Nyangezi group. The data were collected from a sample of 100 people (79 women and 21 men) drawn by snowball in the 10 villages of the Karhongo group in Nyangezi, Ngweshe chiefdom, Walungu territory, South Kivu province in Democratic Republic of Congo; which villages are often victims of flooding. Other data were collected by field observation, documentary means and survey questionnaire. These data were analyzed using descriptive statistics (calculation of average, numbers and percentages, cross tables, etc.); Excel and SPSS 20.0 software were used for this. The results indicate that the floods of February 2023 worsened the crumbling of the economic situation of the population of the Karhongo group. Total or partial destruction was helplessly observed on national road no. 5 (Cihanda bridge completely collapsed with all the consequences on local, provincial and international commercial transactions), agricultural service roads cut, houses flooded or destroyed, fields of cassava, beans, banana plantations and brickworks flooded or destroyed, etc. The results of this study also reveal that the prices of basic foodstuffs (cassava, corn, bananas, beans, etc.), after flooding, have experienced an exaggerated increase of around 84.25% on average. Finally, the study shows that humanitarian aid (from the government or NGOs) to disaster victims is always insufficient and late. Partial solutions are recommended: dredging or drainage of the Cihanda and Bishalalo rivers, the floods of which cause serious flooding, and the reforestation of the hills, etc. to reduce these disasters as little as possible given that they cannot be completely avoided.

KEYWORDS: Floods, Karhongo, Impact, economic, agricultural sector.

RESUME: Ce papier présente l'analyse de l'impact économique des inondations dans le secteur agricole du groupement de Karhongo/Nyangezi. Les données ont été récoltées sur un échantillon de 100 personnes (79 femmes et 21 hommes) tirées par boule-de-neige dans les 10 villages du groupement de Karhongo à Nyangezi, chefferie de Ngweshe, territoire de Walungu, province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo; lesquels villages sont souvent victimes d'inondations. D'autres données ont été collectées par observation sur terrain, par voie documentaire et par questionnaire d'enquête. Ces données

ont été analysées par des statistiques descriptives (calcul de moyenne, effectifs et pourcentages, tableaux croisés,...); les logiciels Excel et SPSS 20.0 ont été mis à contribution quant à ce. Les résultats renseignent que les inondations du mois de février 2023 ont aggravé l'effritement de la conjoncture économique de la population du groupement de Karhongo. Des destructions totales ou partielles ont été constatées impuissamment sur la route nationale n°5 (pont Cihanda complètement effondré avec toutes les conséquences sur les transactions commerciales locales, provinciales et internationales), des routes de desserte agricole coupées, des maisons inondées ou détruites, des champs de manioc, de haricot, de bananeraies et de briqueterie inondés ou détruits,... Les résultats de cette étude révèlent aussi que les prix des denrées alimentaires de base (manioc, maïs, banane, haricot,...), après inondations, ont connu une hausse exagérée de l'ordre de 84,25% en moyenne. L'étude montre enfin que l'aide humanitaire (du gouvernement ou des ONGD) aux sinistrés est toujours insuffisante et tardive. Des solutions partielles sont préconisées: dragage ou drainage des rivières Cihanda et Bishalalo dont les crues provoquent des inondations graves, et le reboisement des collines,...pour réduire tant soit peu ces catastrophes étant donné qu'on ne peut pas les éviter complètement.

MOTS-CLEFS: Inondations, Karhongo, Impact, économique, secteur agricole.

1 INTRODUCTION GENERALE

L'eau c'est la vie, dit-on. Elle est présente dans notre sang, dans les liquides que nous buvons, dans les aliments que nous prenons. Elle nous permet de survivre et de rester en bonne santé (TAHAR, 2013). Elle est également une voie de communication et un facteur indispensable au développement économique. Elle est une source d'énergie incontestable. Elle constitue même un symbole puissant dans toutes les cultures et dans toutes les croyances. Sa valeur est reconnue par tous et partout dans le monde. L'eau provient des sources d'eau, des cours d'eau, des pluies.

Cependant, elle est un des éléments les plus destructeurs de notre planète. Car l'eau, quand il y en a trop ou trop peu (suite à des perturbations climatiques), provoque des catastrophes et cause la mort et la désolation (TAHAR, 2013). Les catastrophes engendrées par les phénomènes de changements et perturbations climatiques ont de lourdes conséquences sur l'agriculture dans les pays en développement. Les paysans perdent leurs repères saisonniers et les pertes de récoltes s'accroissent. Les inondations périodiques aggravent continuellement la situation déjà précaire des communautés à la base (FARESS, 2017).

Les pluies enregistrant des précipitations records provoquent de nombreuses inondations. Ces inondations forcent le déplacement de centaines de milliers de personnes et causent la perte des stocks de récoltes des ménages. Par ailleurs, des centaines de milliers d'hectares de terre cultivés sont détruits, des milliers de têtes de bétails sont emportés par les eaux et les stocks des commerçants des marchés inondés sont sérieusement affecté (FARESS, 2017 ; Tchad food security cluster, 2021).

Le problème des inondations n'est pas une nouveauté. Depuis l'existence de l'homme sur terre, celui-ci a préféré s'installer dans des régions à relief plat et aux environs des points d'eau et dans des zones occasionnellement inondables, qui lui permettent de réaliser ces activités habituelles (agriculture, élevage, industrie,...). Les inondations constituent, par ordre décroissant de fréquence, la première catastrophe naturelle au niveau mondial devant les typhons, ouragans et cyclones, séismes, tornades, tempêtes et orages, tempêtes de neige, vagues de chaleur et de froid, éruptions volcaniques, coulées de boue et glissement de terrain, raz de marée, brouillards, gelées, sécheresse, tempêtes de terre, sable et poussière (TAHAR, 2013). Une meilleure compréhension sur les inondations et les conséquences diverses qu'elles peuvent causer à notre société est un élément fondamental pour guider le développement de politiques de gestion et réduction du risque inondation (ELEUTÉRIO et al, 2012 ; TAHAR, 2013).

De par le monde, même dans les pays développés, les conséquences associées aux inondations sont multiples et de diverses catégories. Elles incluent notamment la mortalité humaine due à la noyade et aux blessures, les dommages causés aux grandes infrastructures et aux bâtiments, les maladies infectieuses, la contamination, l'état de stress post-traumatique,... (TAHAR, 2013). Ajouter à cela la destruction totale ou partielle de bâtiments agricoles (hangars, bergerie,...), de matériels hydrauliques, de champs agricoles, des stocks ravagés, de l'habitat humain (maisons détruites), de travaux publics (routes, ponts,...), de l'hydraulique (barrages, et équipements hydrauliques menacés), de transports (Voitures, bus ,trains,...), des infrastructures de base (coupure d'électricité, de gaz, de téléphone,) (TAHAR, 2013 ; FARESS, 2017).

En Afrique centrale, tous les pays de la zone CEEAC (Communauté Economique des Etats de l'Afrique Centrale) ont déjà été concernés par les inondations naturelles au cours de la dernière décennie. De même, le niveau de dégâts rapportés par la littérature et les réponses obtenues auprès de certains points focaux témoignent du niveau important de vulnérabilité des systèmes environnementaux et humains touchés par ces catastrophes. Elles sont également un indicateur de l'incapacité du

niveau de préparation des Etats à répondre efficacement à ces dernières (ACTED et OXFAM, 2012). Les inondations et les glissements de terrains dans les pays à faible revenu constituent la part la plus importante des catastrophes naturelles rapportées (ACTED et OXFAM, 2012 ; TAHAR, 2013). Elles ont comme impacts importants des dommages matériels et humains, mettant ainsi en difficulté les populations, aussi bien urbaines que rurales, dont les moyens d'existence sont régulièrement détruits, et dont les preuves de relèvement sont très peu visibles comparativement à ceux des pays développés (Kengoum Djiegni & al, 2021).

La RDC n'est pas épargnée de ces catastrophes naturelles dont les inondations. Les cinq principaux risques climatiques qui menacent fréquemment le vécu quotidien en RDC sont respectivement : les pluies intenses, l'érosion côtière, les inondations, les crises caniculaires, et les sécheresses saisonnières (Kengoum Djiegni & al, 2021). Elles provoquent de graves perturbations des calendriers agricoles et la baisse de production de l'agriculture (encore de type pluvial). Au cours de la dernière décennie, la RDC a été marquée par 53 catastrophes naturelles correspondant à 8 typologies. Du point de vue de leur nombre, les 29 inondations et 13 glissements de terrains constituent la majorité des catastrophes rapportées. Dans ce cas spécifique de la RDC, ce sont des pertes estimées à environ 7 milliards de dollars américains qui ont été rapportées (Kengoum Djiegni & al, 2021). Ces chiffres démontrent la situation de vulnérabilité socio-économique aigue de la RDC face aux catastrophes naturelles en général et aux inondations en particulier.

Comme dans le reste du pays (RDC), le groupement de Karhongo/Nyangezi, en territoire de Walungu, en province du Sud-Kivu, est fréquemment victime des inondations causées par des fortes pluies. Le dernier cas en date est celui des pluies violentes qui s'y sont abattues à répétition pendant le mois de février 2023, causant des dégâts matériels très importants (surtout au niveau économique et humain), au point de paupériser la population déjà meurtrie par la crise socioéconomique généralisée due à des guerres à répétitions en RDC.

Le groupement de KARHONGO a une superficie de 139,59 km² dont la moitié constitue des terres arables, véritables greniers de la province du SUD-KIVU. Ce groupement compte 78 967 habitants soit une densité de 565,7 habitants par km². 22,72% soit 10 villages de 44 villages que compte le groupement de KARHONGO ont été touchés encore une fois par les calamités naturelles dues aux perturbations climatiques pendant ce mois de février 2023.

La présente étude porte sur l'analyse économique de l'impact des inondations dans le secteur agricole du groupement de Karhongo/Nyangezi. Son objectif est de lancer un signal fort constituant une triple interpellation. Premièrement, au gouvernement et aux gouvernants de la RDC, tant proches qu'éloignés de cette population, aux personnes (morales ou physiques) de bonne volonté, afin d'intervenir pour sauver des vies humaines en danger suite à un accroissement observé de la crise de production en denrées alimentaires et une spéculation entraînant la surchauffe des prix susceptibles de donner lieu à une crise d'alimentation et à des événements récupérables par des dissidents et subversifs, ennemis du pays. Deuxièmement, aux organisations non gouvernementales (notamment FEWSNET¹, USAID, PNUD,...) et autres organisations du système des nations unies, pour la recherche d'une solution à long terme à ce problème récurrent d'inondations des marais et des habitations par les rivières traversant le centre commercial de Karhongo. Troisièmement enfin, à la population locale, pour un début d'auto-prise en charge par la constitution d'une coopérative agricole forte financièrement et technologiquement capable de juguler le manque de curage, drainage et de techniques de conservation de l'eau et des sols en vue d'une agriculture assainie et durable.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 SITUATION DU PROBLÈME

La plupart des scientifiques anticipent une hausse de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles d'ici la fin du siècle en raison du changement climatique (ACTED et OXFAM, 2012 ; FARESS, 2017 ; Artelia, eau et environnement, 2017). Les pays les plus vulnérables au changement climatique sont souvent les pays les plus défavorisés, augmentant le coût de leur dette souveraine. Une catastrophe naturelle est caractérisée par l'intensité anormale d'un agent naturel (inondation, coulée de boue, tremblement de terre, avalanche, sécheresse...) lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ses dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises (BERTHET, 2019). Les inondations sont causées souvent

¹ Damien-Joseph MUTEBA KALALA et Jules NKULU MWINE FYAMA, Crises alimentaires et mesures d'atténuation en RDC, Revue des stratégies et promotion de bonnes pratiques, Fondation KONRAD ADENAUER, MEDIASPAUL, 2019, P. 101

par des constructions anarchiques, par l'occupation des terres inondables, par la défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, par le gonflement des rivières et cours d'eau rencontrant des décombres et détritiques, Elles se produisent donc suite à des événements ordinaires et saisonniers n'ayant rien de remarquable. Cette situation est souvent aggravée par l'augmentation sans cesse de la démographie de la zone, la nature d'occupation du sol et le développement des zones urbanisées non contrôlé dans des zones inappropriées (AKONDE, 2015 ; FARESS, 2017).

Les catastrophes liées aux inondations ne cessent de se multiplier et de s'amplifier dans le monde en général, et en Afrique centrale (BOUBACAR & IDRISSE, 2017) et en RDC en particulier. Au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde, les inondations font environ 20 000 victimes par an, et sont les plus coûteuses en terme socio-économique (BOUBACAR & IDRISSE, 2017).

Ces événements météorologiques extrêmes s'avèrent désastreux pour les communautés urbaines dépourvues de solutions durables de lutte contre ces phénomènes. Ils deviennent plus dangereux et plus coûteux à gérer en raison de la taille des populations exposées. A titre d'exemple, au total 950 catastrophes naturelles ont frappé le monde en 2010 causant la mort de 295 000 personnes et des dégâts d'un coût de 130 milliards de dollars (BOUBACAR & IDRISSE, 2017). Les Nations Unies mettent en garde contre le changement climatique, l'urbanisation croissante et la croissance démographique qui ne feront qu'exacerber l'impact des inondations à venir. Les catastrophes les plus meurtrières dans les 17 pays de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique centrale sont les inondations, qui ont entraîné la mort de 1 516 personnes et mis 6 722 405 personnes dans des situations précaires pendant 10 ans. Les inondations urbaines constituent un frein majeur pour le développement, et mettent en danger les populations, notamment les résidents des villes en rapide expansion des pays en développement. Ces phénomènes d'inondation, du point de vue impact, contribuent au dérèglement des marchés (disponibilité et accessibilité, hausse des prix) et par conséquent à accroître l'insécurité alimentaire, les conflits et les migrations climatiques, d'où un impact négatif sur les conditions de vie des populations (BOUBACAR & IDRISSE, 2017).

2.2 IMPACTS DES INONDATIONS

Les inondations ont des impacts très directs et variés sur la vie de la population sur tous les plans. Elles occasionnent la pollution de l'eau, des débordements des eaux usées dans la ville et dans les villages ; elles érodent les berges des rivières qui deviennent alors très instables et peuvent s'effondrer si les conditions se poursuivent suffisamment longtemps. Les sentiers, les routes et les murs de constructions sont touchés par l'eau qui les érode. Elles détruisent l'habitat des espèces aquatiques (Beaudoin, 2018). Les populations humaines sont tuées, blessées ou obligées de se déplacer, avec des conséquences économiques très fâcheuses (Tchad food security cluster, 2021). Les espèces animales sont nécessairement assujetties à des conséquences. En forêt ou dans un espace non altéré, les animaux peuvent migrer vers un endroit plus élevé, mais en centre urbain leurs habitats sont déjà très limités (Beaudoin, 2018). Les pertes économiques associées à ces catastrophes naturelles s'évaluent en milliards de dollars par an. En guise d'exemple, elles ont été évaluées à 337 milliards USD en 2017, contre 169 milliards USD en 2016 et 95 milliards USD en 2015 (ACTED et OXFAM, 2012 ; Beaudoin, 2018).

2.3 LES SOLUTIONS

Au temps de la colonisation, de nombreuses solutions aux inondations ont été tentées dans le monde, mais aucune n'est parvenue à éliminer les inondations (LEDOUX & al, 2007 ; Beaudoin, 2018). Jusqu'aujourd'hui, de nombreuses méthodes existent pour réduire ou éliminer les inondations et les dommages qu'elles peuvent causer, mais elles ne sont pas toutes applicables à n'importe quelle région (Beaudoin, 2018). En deuxième lieu, une ville ne peut pas financer une grosse solution coûteuse seule, elle a besoin d'aide monétaire des gouvernements ou des organisations internationales (LEDOUX & al, 2007 ; Beaudoin, 2018). En troisième lieu, des ententes politiques doivent être établies pour permettre la mise en place d'un projet de cette envergure. La collaboration entre Etats est nécessaire (Beaudoin, 2018). Lorsque des tels événements se produisent, un état d'urgence est décrété, faisant appel au gouvernement ou à d'autres bienfaiteurs afin de venir en aide aux sinistrés et de réhabiliter les populations victimes ainsi que les infrastructures de base (routes, écoles, centres médicaux,) (Beaudoin, 2018). Dans un tel cas au Canada par exemple, six solutions potentielles sont identifiées : des barrages, des digues et levés, des canaux de dérivation, le redressement du chenal, l'évacuation de la plaine inondable et la restauration des milieux naturels (Beaudoin, 2018).

2.4 RECOMMANDATIONS POUR LIMITER LES DÉGÂTS

Dans des pays développés comme la France, l'Angleterre, Les pays bas, l'Allemagne, les Etats-Unis, la Suisse, la Suisse, l'Australie,...., des méthodes pour des actions de prévention des inondations, notamment à travers l'analyse coûts-avantages

ont déjà été mises en place. Ces méthodes n'éliminent pas pour autant les catastrophes, mais réduisent leurs effets après leur survenance (LEDOUX & al, 2007).

Dans les pays en développement, comme en Afrique de l'Ouest et centrale, certaines recommandations ont été formulées afin de réduire les méfaits des inondations notamment l'activation de l'interdiction de construction dans les zones à risque ; l'intégration des associations et l'ensemble de société civile dans la sensibilisation de la population sur les risques potentiels de la zone à risque ; la prise en compte de la spécificité des zones de montagnes dans les documents d'urbanisme ; l'accélération des procédures d'élaboration des documents d'urbanisme pour éviter l'habitat dans les zones inappropriées ; la mise en place d'un plan de prévention du risque d'inondation ; l'instauration d'un suivi régulier des zones exposées au risque (ACTED et OXFAM, 2012 ; FARESS, 2017).

2.5 LE CAS DE LA RDC

Des catastrophes naturelles dont les inondations sont récurrentes en RDC. Les inondations constituent la catastrophe la plus meurtrière en RDC. Elles ont fait le plus des dégâts humains ; à elles seules 2 290 520 personnes affectées sur un total de 3 196 634 personnes affectées par des catastrophes entre 2010 et 2020. Le tableau suivant rapporte les détails de celles survenues au cours de la dernière décennie.

Tableau 1. Les catastrophes naturelles et leurs impacts en RDC entre 2010 et 2020

Types de catastrophes	Nombre (unités)	Personnes affectées (unités)				Infrastructures affectées (unités)					Terres
		Total	Blessées	Décédées	Sans abris	Maisons	Ecoles	Hôpitaux	Ponts	Routes	HA détruits (récoltes)
Inondations	29	2290 520	1247	2 075	55 834	22 919	6	1	7		14 632
Eruption volcanique	2	400 800	800		400 000		9	4		16	180
Ebola	3	3 512		2 348							
Epidémie de rougeole	1	1 350		26							
Epidémie de cholera	1	39 038		33							
Glissement de terrain	13	1 627	18	438	450	233					
Séismes	2	400 014	7	7	400 000	2 692	85	37		15	510
Feux de brousses	2	59 773		11	2 770						
TOTAL	53	3196 634	2072	4938	859 054	25 844	100	42	7	31	15 322

Source : Kengoum Djiegni & al (2021)

A partir de ce tableau, on constate que les 53 catastrophes naturelles qui se sont produites en RDC ont touchées 3 196 634 personnes dont 2 072 blessés, et 4 938 décès. En détruisant près de 25 844 maisons, elles ont mis sans-abri pas moins de 859 054 personnes (Kengoum Djiegni & al, 2021). De même, les infrastructures ont été concernées, avec 100 écoles, 42 centres sanitaires, 7 ponts, et 31 routes endommagés. Dans le secteur de l'agriculture spécifiquement, ce sont au moins 15 322 hectares de cultures vivrières et maraîchères qui ont été détruites. Au-delà de ces données chiffrées avec précision, d'autres informations font état de plusieurs hectares de terres agricoles dégradés par les inondations d'octobre 2019 dans le Nord et le Sud Oubangui, l'équateur et la Tshopo, la Mongala, le Bas-Uélé, le Maniema, Kinshasa, le Haut-Uélé, le Kasai, le Sud-Kivu et le Kasai-Central (Kengoum Djiegni & al, 2021). En plus, plusieurs hectares de champs dévastés par les inondations dans le Haut Katanga au mois d'avril 2018. A Kalehe dans la province du Sud-Kivu, les inondations et glissements de terrain d'octobre 2010 avaient, entre autres, détruits trois microcentrales d'alimentation en énergie et des centaines d'hectares de champs. Pendant le glissement de terrain dans la nuit du 15 au 16 mai 2010 à Kibiriga, groupement Kitumba dans la province du Nord Kivu, c'est 250 familles qui perdaient 205 plantations. Les ménages agricoles des territoires Kasangulu, Madimba et Mbanza Ngungu dans la Province du Bas-Congo, avaient, pendant les inondations du 6 au 16 décembre 2011, perdu des récoltes estimées à 16,6 tonnes de produits maraîchers et 31 124,9 tonnes de produits vivriers sur récolte fraîche équivalent à environ 143,5 tonnes de produits vivriers secs (Kengoum Djiegni & al, 2021).

Plusieurs plateformes et instituts de recherche ont été mis en place en RDC aux fins de la prévention et de la gestion des catastrophes naturelles. Ce sont la Plate-forme Nationale de Réduction des Risques de Catastrophes (PFN-RRC), le Cadre National de Concertation Humanitaire (CNCH), le Centre de Recherche Géologique et Minière, de l'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG), le Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, l'Agence Nationale de la Météorologie

et de la Télédétection par satellite (METTELSAT), la Stratégie nationale de protection des groupes vulnérables, et le Plan d'Organisation de Secours en cas de Catastrophe (ORSEC). A ce jour, aucune de ces structures n'est parvenue à prévenir une catastrophe, ni la gérer efficacement pendant ou après survenance (Kengoum Djiegni & al, 2021).

2.6 LES RÉPONSES AUX CATASTROPHES DE 2010 À 2020 EN RDC

Les réponses de la RDC aux catastrophes naturelles sur la dernière décennie sont très variées. On peut observer que les interventions portées par le gouvernement central et les gouvernements provinciaux se font en collaboration avec les partenaires de la coopération humanitaire multilatérale et bilatérale qui interviennent dans le pays, notamment l'IFRC, le HCR, l'ONG World Vision, l'UNICEF, le PAM, l'IRC, et la MONUSCO. La presque totalité des réponses issues des données met en exergue le fait que les informations disponibles sont celles de la phase de gestion de crise. On y retrouve, en premier la distribution de l'aide humanitaire, notamment les articles de première nécessité alimentaires et non alimentaires, puis la mise à disposition des dispositifs de santé notamment pour le test rapide et la prise en charge du choléra, du paludisme, des espaces pour le recasement des populations sinistrées, de l'appui à la gratuité des soins dans les hôpitaux généraux de référence et des centres de santé dans les territoires, de la fourniture de l'eau potable par la réhabilitation des puits et des forages et la distribution des kits de purification d'eau, de la sollicitation et le soutien aux familles d'accueil des sinistrés, de l'installation des points de chloration de l'eau, de l'assistance en vivres, et de la distribution des bâches aux sinistrés entre autres. Il n'y a pas d'informations sur la gestion de relèvement post-crise (Kengoum Djiegni & al, 2021).

3 PRESENTATION, INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

3.1 PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON ET DE L'ENQUÊTE

La population cible est constituée des personnes habitant les 10 villages du groupement de Karhongo/Nyangezi qui ont été frappées par les inondations pendant cette année 2023 ; sachant que ce groupement compte au total 44 villages.

L'enquête a porté sur un échantillon de 10 agriculteurs (les plus frappés par les inondations) par village sinistré ; ce qui donne une taille de 100 personnes à notre échantillon dont 21 hommes et 79 femmes. L'enquête se déroulait dans les familles des sinistrés quelques jours après l'inondation. Le choix de l'enquêté se passait par choix raisonné d'abord, puis par boule de neige (le premier tiré et interrogé dans le village indiquait aux enquêteurs un autre sinistré, et ainsi de suite). Les enquêteurs étaient tous munis d'une lettre de recommandation de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi avec l'accord du chef de groupement de Karhongo/Nyangezi, qui justifiait ainsi le bienfondé de l'étude.

Les enquêteurs présentaient cette lettre aux répondants et leur en expliquaient le contenu (pour ceux qui ne savaient pas lire) afin qu'ils participent à l'enquête. L'enquêteur complétait lui-même le questionnaire sur base des informations livrées par le répondant et en présence de ce dernier et d'autres villageois qui accompagnaient l'équipe des enquêteurs.

Les données ont été collectées par 10 enquêteurs à raison de deux enquêteurs par axe (ou village). Les enquêteurs étaient tous des enseignants de l'ISTM/Nyangezi ou de l'école secondaire Institut Weza des frères Maristes de la place. L'enquête a duré 10 jours successifs durant les mois de février et mars 2023, soit du 27 février au 08 mars 2023. Elle a été précédée par une journée de formation dispensée par l'un des chercheurs. La formation portait sur les étapes clés à respecter durant l'enquête ainsi que les erreurs à éviter durant le processus d'administration du questionnaire. Au total 100 questionnaires ont été administrés et récoltés. Les ménages où le père (ou la mère) était absent (e) n'avait pas été pris en compte pour l'enquête. En effet, le père ou la mère de la famille devait amener les enquêteurs au lieu de sinistre pour constater les dégâts des inondations. Cela nous a permis de réunir les 100% des réponses. Le questionnaire de récolte des données comprenait des questions principales ayant trait au nombre de champs de manioc, de haricots et de bananeraies détruits par les inondations du 25 février 2023. D'autres données ont été récoltées sur base d'un rapport confectionné par la chefferie de Ngweshe (via le chef de groupement de Karhongo) en collaboration avec la société civile locale, et concernaient les maisons, routes, et autres infrastructures détruites, familles d'accueil des déplacés,

Pour l'analyse et le traitement des données, des statistiques descriptives ont été exécutées, mais se sont limitées au calcul de la moyenne, pourcentage et l'usage de la fonction Somme avec le logiciel Microsoft Office Excel. Le logiciel SPSS (version 20.0) a aussi été mis à contribution pour la confection des tableaux croisés.

3.2 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Nous avons récolté les données dans 10 villages du groupement de Karhongo à raison de 10 personnes interviewées par villages.

3.2.1 RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON PAR CATÉGORIES DES BIENS ÉCONOMIQUES DÉTRUITS

Notons ici que le groupement de Karhongo est le grenier de production de briques pour la construction dans la ville de Bukavu et les cités et agglomérations environnantes. Voici les résultats de notre enquête quant à ce, dans ce tableau.

Tableau 2. Effectifs des personnes victimes des destructions par inondations selon la catégorie de bien économique

SEXE	Destructions totales ou partielles										Total
	Maisons d'habitation	%	Champs de manioc	%	Champs haricot	%	Bananaïes	%	Chantier brique	%	
Hommes	21/21	100%	15/21	71%	16/21	76%	21/21	100%	17/21	81%	90/105
Femmes	52/79	66%	70/79	89%	66/79	84%	40/79	51%	23/79	29%	251/395
Total	73/100	73%	85/100	85%	82/100	82%	61/100	61%	40/100	40%	341/500

Source : Notre confection sur base des données de l'enquête

Ces résultats renseignent que 73% de l'échantillon a connu la destruction (totale ou partielle) de maisons notamment tous les hommes et 66% des femmes. La totalité des hommes interrogés (21) ont tous été victimes d'inondations de leurs maisons et de leurs bananaïes, tandis que les pourcentages des femmes sont de 66% (52 sur les 79) et 51% (40 femmes sur 79) respectivement pour les maisons et pour les bananaïes. Cela pourrait s'expliquer par le fait que, dans le foyer, c'est l'homme qui est souvent propriétaire de maisons (de par même la coutume). Toutefois, les veuves et autres femmes célibataires sont aussi propriétaires de maisons ou de bananaïes.

On constate aussi que les hommes ayant été victimes d'inondations de leurs champs de manioc et de haricot respectivement sont à 15 et 16 sur 21, représentant ainsi 71% et 76% du total des hommes ; contre les pourcentages des femmes de 89% (70/79) et 84% (66/79) respectivement pour le manioc et le haricot. Dans notre échantillon, la grande majorité des hommes s'occupe de la fabrication des briques (81%). En effet, ces pourcentages se justifieraient par le fait que ce sont surtout les femmes qui s'occupent plus de l'agriculture dans les villages congolaises, les hommes préférant privilégier d'autres activités comme le petit commerce, le voyage, le travail des mines, et surtout la fabrication des briques. La production des briques est, en fait, l'activité la plus pratiquée par les hommes à Karhongo, producteur artisanal et grenier numéro 1 des briques cuites à base d'argile pour la ville de Bukavu et ses environs.

3.2.2 RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON PAR SEXE ET PAR VILLAGE

Dans le but de vouloir connaître le nombre de répondants et leur sexe par village, le tableau suivant a été constitué.

Tableau 3. Répartition de l'échantillon par sexe et par village. Tableau croisé SEXE * VILLAGE

	VILLAGES										Total
	Cibimbi	Cishashu	Kalengera	Kamina	Kandekere	Karhundu	Mazinzi	Munya	Mushego	Ntendera	
Effectif Femme	4	8	8	7	8	8	10	8	10	8	79
% ds VILLAGE	40,0%	80,0%	80,0%	70,0%	80,0%	80,0%	100,0%	80,0%	100,0%	80,0%	79,0%
Effectif Homme	6	2	2	3	2	2	0	2	0	2	21
% ds VILLAGE	60,0%	20,0%	20,0%	30,0%	20,0%	20,0%	0,0%	20,0%	0,0%	20,0%	21,0%
Effectif total	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

Source : nos analyses sous SPSS 20.0

Dans les villages de Mazinzi et Mushego, tous les répondants sont des femmes. Dans presque tous les autres villages (Cishashu, Kalengera, Kandekere, Karhundu, Munya et Ntendera), les femmes représentent 80% de l'échantillon, contre 20%

des hommes. En somme, les femmes sont plus représentatives (79%) dans l'échantillon que les hommes. En effet, pendant le passage des enquêteurs, il n'y a que des femmes qui étaient trouvables à domicile, et ce sont elles qui s'occupent plus des travaux champêtres ; les hommes étant surtout préoccupés par la fabrication des briques, le petit commerce,

3.2.3 RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON SELON LE SEXE ET LE NOMBRE DE MAISONS, DE CHAMPS DE MANIOC, DE CHAMPS DE HARICOT, DE BANANERAIES ET DE TERRAINS OU FOURS DE BRIQUES DÉTRUITS PAR LES INONDATIONS DE FÉVRIER 2023

Plusieurs personnes ont été sinistrées par les inondations de février 2023. Elles ont connu des destructions totales ou partielles d'un ou de plusieurs propriétés (ou biens) notamment des maisons (habitations, étables, ...), des champs de manioc, des champs de haricot et maïs, des bananeraies, des terrains de production artisanale de briques ou des fours de briques. En effet,

Le manioc est l'aliment principal de la population congolaise en général et de Karhngo en particulier. Comme on l'a dit plus haut, un mushi (autochtone de la chefferie de Ngweshe) ne peut passer un jour sans prendre un repas qui ne contient pas de produit de manioc. A cause des inondations, cette habitude est mise en danger au vu de la dégradation de la situation agricole actuelle.

Le haricot est un aliment aussi toujours présent sur la table des habitants de Karhongo. Avoir un champ de haricot inondé est une grande perte surtout que dans des tels cas, la destruction est totale pour cette culture.

La banane, produit du bananier, est non seulement important et toujours fréquent dans le mets d'un mushi, mais aussi et surtout un produit à base duquel on fabrique du vin ; lequel vin revêt un caractère traditionnel, de cohésion et de communion sociale. Les inondations accompagnées de grêle et de tempête, détruisent le bananier et la banane non encore récoltée, tellement que les pertes se répercutent sur tout un semestre avant que d'autres bananes ne soient produites. Et dans un tel cas, c'est une perte énorme.

La production des briques cuites à base d'argile est une activité économique de très grande importance dans le groupement de Karhongo/Nyangezi. C'est un travail qui concerne surtout les hommes étant donné les difficultés physiques y afférentes. Néanmoins, des femmes aussi s'y intéressent depuis un temps, d'une manière ou d'une autre. Une fois inondées, les briques sont détruites, surtout celles non encore cuites et celles en pleine fabrication. Même le terrain prévu pour l'exploitation des briques, une fois inondé, devient impraticable pour beaucoup de semaines ; ce qui complique le travail et constitue un manque à gagner pour le propriétaire et le travailleur.

Nous regroupons, dans ce tableau, les données selon le nombre d'hommes ou de femmes qui ont perdu 0, 1, 2, 3 ou 4 propriétés (ou biens) pour chaque catégorie.

Tableau 4. Répartition de l'échantillon selon le nombre de biens (ou propriétés) perdus par inondations de février 2023

Variable	Modalités	Effectifs	Destructions partielles ou totales					
			Nombre de biens détruits par les inondations en février 2023					
			0	1	2	3	4	Total
SEXE * MAISONS	Femmes	Effectifs	26	30	14	7	2	79
		%	32,9%	38,0%	17,7%	8,9%	2,5%	100,0%
	Hommes	Effectifs	0	6	8	5	2	21
		%	0,0%	28,6%	38,1%	23,8%	9,5%	100,0%
	Total	Effectifs	26	36	22	12	4	100
		%	26,0%	36,0%	22,0%	12,0%	4,0%	100,0%
SEXE * MANIOC	Femmes	Effectifs	9	39	23	7	1	79
		%	11,4%	49,4%	29,1%	8,9%	1,3%	100,0%
	Hommes	Effectifs	6	5	6	3	1	21
		%	28,6%	23,8%	28,6%	14,3%	4,8%	100,0%
	Total	Effectifs	15	44	29	10	2	100
		%	15,0%	44,0%	29,0%	10,0%	2,0%	100,0%
SEXE * HARICOT	Femmes	Effectifs	13	31	26	8	1	79
		%	16,5%	39,2%	32,9%	10,1%	1,3%	100,0%
	Hommes	Effectifs	5	7	6	3	0	21
		%	23,8%	33,3%	28,6%	14,3%	0,0%	100,0%
	Total	Effectifs	18	38	32	11	1	100
		%	18,0%	38,0%	32,0%	11,0%	1,0%	100,0%
SEXE * BANANE	Femmes	Effectifs	39	26	12	2	0	79
		%	49,4%	32,9%	15,2%	2,5%	0%	100,0%
	Hommes	Effectifs	0	8	9	4	0	21
		%	0,0%	38,1%	42,9%	19,0%	0%	100,0%
	Total	Effectifs	39	34	21	6	0	100
		%	39,0%	34,0%	21,0%	6,0%	0%	100,0%
SEXE * BRIQUE	Femmes	Effectifs	56	15	8	0	0	79
		%	70,9%	19,0%	10,1%	0,0%	0%	100,0%
	Hommes	Effectifs	4	6	7	4	0	21
		%	19,0%	28,6%	33,3%	19,0%	0%	100%
	Total	Effectifs	60	21	15	4	0	100
		%	60,0%	21,0%	15,0%	4,0%	0%	100%
Totaux			31,6%	34,6%	24%	8,4%	1,4%	100%

Source : Nos analyses sous SPSS 20.0

Par ce tableau, nous constatons successivement, tant pour les hommes que pour les femmes constituant notre échantillon, le nombre de biens de chaque catégorie qui ont été détruits totalement ou partiellement par les inondations de février 2023, c'est-à-dire le nombre de maisons, de champs de manioc, de champs de haricots et maïs, de bananeraies et de terrains ou fours de briques par nombre d'hommes ou de femmes. Ainsi,

La majorité des répondants a perdu une maison (36%) par les inondations. De même, la majorité des femmes (38%). Mais la majorité des hommes a perdu 2 maisons par les inondations (soit 38% des hommes). Aucun répondant homme ne s'en est sorti sans maison détruite tandis qu'environ 33% des femmes n'ont perdu aucune maison par ces inondations. Certaines personnes ont perdu même 4 maisons par ces inondations. L'explication de ces différences serait lié au fait que ce sont surtout les hommes qui sont les chefs de familles et alors propriétaires de biens de grande valeur comme la maison. Dans la coutume des bashi (tribu de habitants de Karhongo), c'est l'homme qui construit la maison et qui en est propriétaire.

La majorité des femmes a perdu 1 champ de manioc, soit un pourcentage de 49,4% (39 femmes sur 79). La majorité des hommes a perdu 2 champs par ces inondations ; au même pied d'égalité 28,6% d'hommes n'ont pas de champs. Cet écart entre les hommes et les femmes s'explique par le fait que ce sont les femmes qui s'occupent plus des travaux champêtres que les hommes. En somme, 85% des répondants ont connu des inondations ou des destructions de leurs champs de manioc.

Les femmes qui ont perdu un champ de haricot sont majoritaires et représentent 39,2%. Elles sont suivies par celles qui ont perdu 2 champs de haricot (32%). Celles qui ont perdu 3 champs de haricot représentent 10%, et un champ 1,3%. De même, les hommes qui ont perdu un seul champ de haricot sont aussi majoritaires (33,3% des hommes), ils sont aussi suivis par ceux qui en ont perdu 2. Ainsi, les répondants ayant perdu 1 champ de haricot sont majoritaires (38%) suivis par ceux qui en ont perdu 2. Remarquons que près de 24% d'hommes n'ont perdu aucun champ de haricot. Cela s'expliquerait par l'idée que ce sont les femmes qui s'occupent plus des champs que les hommes ; ces derniers préférant d'autres activités plus rentables à court terme, notamment le petit commerce, le travail de métiers (maçonnerie, menuiserie,) ainsi que la fabrication des briques pour la construction de maisons.

Concernant les bananeraies, on constate que près de la moitié des femmes (49,4%) n'a perdu aucune bananeraie par ces inondations et aucun homme n'a manqué une bananeraie détruite par les inondations de février 2023. L'explication y relatif serait liée au fait que la culture de bananier concerne les hommes seulement de par la coutume des bashi. Toutefois, plusieurs femmes gèrent les bananiers de leurs ménages, et d'autres sont veuves et ont hérité les biens de leurs défunts maris. Ces résultats nous renseignent que la majorité des répondants sinistrés en bananeraies a perdu un champ de bananiers. Cette majorité est suivie par ceux qui ont connu des inondations de 2 bananeraies (tant du côté des hommes que des femmes). Selon la coutume des bashi, ce sont les hommes qui sont souvent propriétaires des bananeraies et qui produisent du vin à partir des bananes.

Nous constatons que près de 71 % des femmes n'a pas eu de chantier inondé tandis que 33% des hommes ont perdu chacun deux (2) chantier de four de briques. D'autres hommes représentant 19% ont connu des destructions de trois (3) chantiers de briques. Comme susdit, ce sont surtout les hommes qui s'occupent plus des travaux de production de briques ; lesquelles briques sont utilisées dans la quasi-totalité des constructions dans la ville de Bukavu et ses environs. En somme, c'est 40 personnes (hommes et femmes) soit 40% de l'échantillon qui ont perdu leurs fours de briques ou ont vu leurs champs de briqueterie inondés de manière désolante.

En synthèse, nos résultats révèlent que la majorité des répondants (soit 34,6%) a perdu deux (2) biens (ou propriétés) par ces inondations ; suivie par ceux qui ont connu des inondations d'un bien (31,6%), puis par ceux qui ont eu 3 biens endommagés (représentant 8,4%), et enfin par ceux qui ont perdu 4 propriétés (1,4%). Eu égard à cela, nous pouvons facilement comprendre que la vie économique des sinistrés doit devenir précaire. Ces inondations ont affecté des milliers de personnes et menacent la sécurité alimentaire de la population. Ces résultats corroborent ceux obtenus par d'autres recherches comme celle de ACTED et OXFAM (2012), de Beaudoin (2018),.... Et surtout le rapport de Tchad food security cluster (2021), montrant qu'en 2020 lors des inondations au Tchad, les sinistrés ont perdu des biens économiques de grande valeur, notamment 10 000 têtes de bétail, 150 000 hectares des champs détruits, déplacement de personnes à grande échelle, manque d'approvisionnement des marchés, plus de 40% de hausses de prix des produits de base,.... Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Kengoum Djegni & al (2021) affirmant que les inondations sont le premier facteur destructeur comme catastrophes naturelles, ayant détruit entre 2010 et 2020 en RDC 22 919 maisons, 6 écoles, 1 hôpital, 7 ponts, 14 632 hectares de terres cultivées,....

3.2.4 RAPPORT DE LA CHEFFERIE DE NGWESHE SUR LES INONDATIONS DE FÉVRIER 2023

Les données recueillies sur terrain par notre questionnaire d'enquête, celles tirées du rapport de la chefferie de Ngweshe (par le canal du chef de groupement) et celles obtenues par observation sur terrain sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 5. Conséquences des inondations des pluies du 12 et du 25 février 2023

N°	VILLAGES	BIENS ECONOMIQUES DETRUIITS PAR LES INONDATIONS						
		ROUTES	PONTS	MAISONS	CHAMPS MANIOC	CHAMPS HARICOT	BANANE RAIES	TOTAL
1	CIBIMBI	1	2	353	138	182	38	714
2	CISHASHU	1	1	46	67	100	102	317
3	KALENGERA	1	1	166	309	31	102	610
4	KAMINA	1	1	42	84	78	42	248
5	KANDEKERE	2	3	62	124	113	162	466
6	KARHUNDU	1	0	40	78	69	40	228
7	MAZINZI	1	0	74	20	10	74	179
8	MUNYA	4	1	721	630	521	142	2 019
9	MUSHEGO	1	1	10	22	30	10	74
10	NTENDERA	1	1	53	106	101	53	315
	TOTAL	14	11	1 567	1 578	1 235	765	5 170
	POURCENTAGE	0,3%	0,2%	30,3%	30,5%	23,9%	14,8%	100%

Source : Notre confection sur base des données issues de la chefferie de Ngweshe, territoire de Walungu, enrichies et complétées par nos enquêtes.

Nous constatons, à partir de ce tableau, que 14 routes et 10 ponts jetés sur des routes de desserte agricole, ont été affectées par les inondations et les érosions, rendant difficile la circulation des véhicules et des personnes. De plus, 1 pont jeté sur la rivière Cihanda sur la route nationale n°5 (à quelques mètres du centre commercial de Munya à Nyangezi) a été détruit complètement, rendant impossible le passage des véhicules et des personnes dans un sens comme dans l'autre. Pour ce dernier cas, des centaines de véhicules de marchandises ont été bloqués à cet endroit pendant plusieurs semaines à cause de ce pont effondré complètement, avant de se voir soulagés par des volontaires et la MONUSCO en traçant un tronçon routier de déviation temporaire.

Il ressort aussi de ce tableau que 1567 maisons, 1578 champs de manioc, 1235 champs de haricots et 765 bananeraies ont été détruits par les inondations des pluies du 12 et 25 février 2023. Pour les maisons, c'est la cité de Munya qui a enregistré un grand nombre des destructions en raison de 721 maisons, soient 46,01% sur les 1567 maisons détruites dans tout le groupement de Karhongo. Elle est suivie par la cité de CIBIMBI avec 353 maisons détruites soit 22,52%. Ces maisons détruites étaient pour la plupart des habitations, des étables et des dépôts des denrées alimentaires pour les semailles ou pour le commerce. Les champs de manioc détruits à eux seuls constituent 30,3 % des destructions totales, suivis des champs de haricots avec 23,9%. Les bananerais ont connu une destruction d'environ 15% des destructions totales estimées. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Kengoum Djiegni & al (2021) affirmant que les inondations sont le premier facteur destructeur comme catastrophes naturelles, ayant détruit entre 2010 et 2020 en RDC 22 919 maisons, 6 écoles, 1 hôpital, 7 ponts, 14 632 hectares de terres cultivées,... Ces résultats confirment aussi ceux trouvés par beaucoup d'autres chercheurs à l'instar de BOUBACAR et IDRISSE (2017) qui ont montré qu'en Afrique centrale en particulier et dans le monde entier en général les inondations sont au premier rang des catastrophes naturelles et font environ 20000 victimes par an, et sont les plus coûteuses en terme socio-économique

Ce tableau des résultats peut être illustré par cet histogramme, hors mis les routes et les ponts détruits :

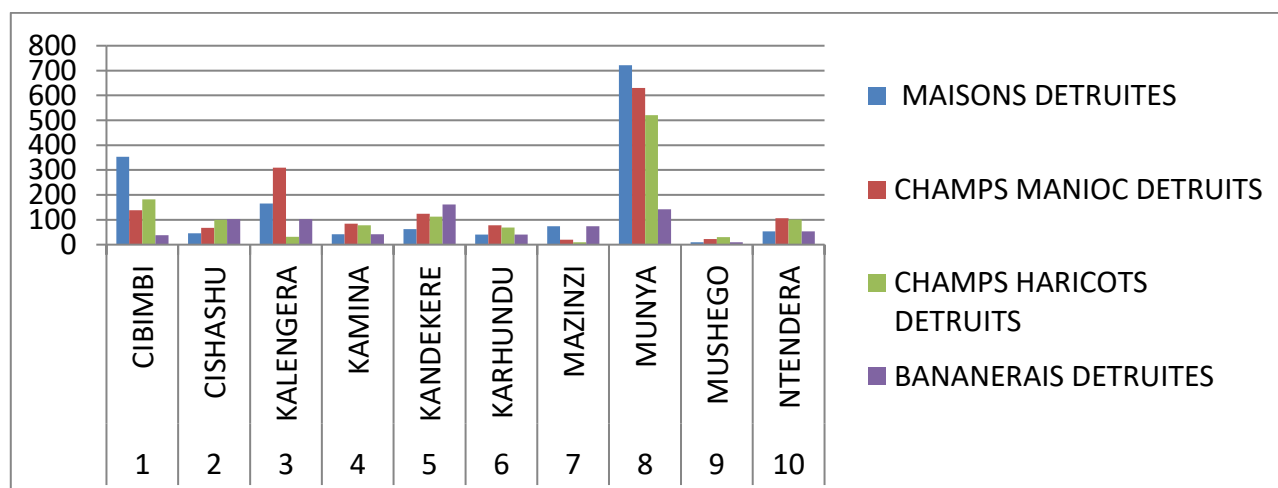


Fig. 1. Histogramme des conséquences des inondations

Source : Les données du tableau précédent traitées par nous-mêmes à l'aide du logiciel Microsoft office Excel.

Cet histogramme représente les trois produits agricoles plus cultivés (et les plus consommés) dans la contrée de Karhongo et qui ont plus connues la destruction par les inondations et emportées par les eaux. D'autres cultures non représentées ici ont connues une destruction à faible niveau et n'ont pas intéressées la présente étude. Ces trois cultures (manioc, haricot, bananeraie) sont les plus présentes dans le groupement de Karhongo pour les trois raisons suivantes, à savoir :

- Le besoin de l'alimentation quotidienne de chaque ménage est toujours constituée soit du manioc, soit de haricots ou de bananes et souvent les trois à la fois. Jamais un mushi (habitant de karhongo) ne peut dormir sans consommer l'un de ces 3 produits agricoles au risque de sombrer dans une insomnie accompagnée d'une hystérie colérique.
- Pour les besoins d'accroissement du pouvoir d'achat et une source sûre de financement en devises. En effet, une partie de la production est destinée à la commercialisation pour la réalisation des recettes d'acquisition d'autres produits issus de l'importation ; ces produits étant les plus enviés par les acheteurs locaux ou étrangers au milieu.
- Pour des besoins d'ordre traditionnel, la population locale utilise toujours le vin de bananes. Ce vin des bananes est d'usage courant dans toutes les cérémonies traditionnelles des mariages, de rites aux ancêtres et aussi de cohésion sociale et culturelle entre peuples des chefferies de la tribu des bashi.

3.2.5 IMPACTS DES INONDATIONS SUR LE VÉCU QUOTIDIEN DE LA POPULATION

Il est vraiment impossible de séparer le social de l'économique en ce sens que ce sont les biens économique qui satisfont les besoins sociaux. Avant les effets des inondations du mois de février 2023, le vécu quotidien de la population de karhongo était déjà exacerbé par la faible production agricole dans cette partie du territoire de Walungu, frappée par la maladie de la mosaïque du manioc et du WILT BACTERIAN du bananier. Cela avait créé une surchauffe de prix allant jusqu'à doubler depuis quelques années. Une année avant les inondations de février 2023, les prix des denrées alimentaires sont restés stables malgré les effets des dites maladies du manioc et du bananier. Après les inondations de février 2023, les prix des denrées de première nécessité ont pris de l'ascenseur.

Voici dans ce tableau les prix des unités de ces denrées alimentaires de base avant et après les inondations de février 2023.

Tableau 6. Variation des prix des denrées alimentaires de base à Karhongo suite aux inondations de février 2023

Denrées	Quantité	Prix avant inondations	Prix après inondations	Accroissement
Manioc	1 kg	1 200 FC	2 000 FC	67%
Maïs (farine)	1 Kg	1 200 FC	2 200 FC	83%
Banane	1 régime	10 000 FC	22 000 FC	120%
Haricot	1 Kg	3 000 FC	5 000 FC	67%

Source : Nos investigations pendant l'enquête du 27/2 au 08/03/2023 au marché de Munya à Karhongo.

Dans ce tableau, le taux d'accroissement de prix est la différence entre le prix après inondations et celui avant inondations, divisée par le prix avant inondation, le tout multiplié par 100.

A partir de ce tableau, nous constatons qu'un kilo de farine de manioc (aliment principal) se vendait à 1 200 FC soit 0,6\$ US. Actuellement, après les dites inondations, cette mesure se vend à 2 000 FC, soit un accroissement de 67%. La situation est la même pour le haricot dont la mesure se négociait à 3 000 FC soit 1,5 \$US et qui se vend aujourd'hui à 5 000 FC soit 2,5\$ US, un accroissement de 67% aussi. Une quantité de régime de banane qui valait alors 10 000 FC revient en ces jours à environ 22 000 FC, ce qui représente un accroissement de 120%. La farine de maïs (produit importé) a aussi vu son prix galoper car elle constitue un produit de substitution à la farine de manioc, devenue chère. Le kilo est passé de 1 200 FC avant les inondations à 2 200 FC après les inondations, accroissement de 83%.

Ce chiffre d'une moyenne de 84,25% d'accroissement des prix $[84,35 = (67+83+120+67)/4]$ montrent que les inondations ont eu des effets économiques néfastes sur la vie de la population de Karhongo. Ces résultats corroborent ceux trouvés par ACTED et OXFAM, 2012 ; Beaudoin, 2018 ; TAHAR, 2013 ; ... affirmant que les inondations et autres catastrophes naturelles ont des conséquences très négatives sur l'économie des ménages affectés. Ces résultats confirment aussi ceux obtenus par Kengoum Djiegni et al (2021), qui ont montré aussi qu'en RDC entre 2010 et 2020, les inondations ont détruits à elles seules 14 632 hectares de terres arables sur les 15 322 qui ont été détruits par les catastrophes naturelles ; ce qui donne un pourcentage de 95,5%. Cela ne va pas sans conséquence sur la production agricole des ménages. Ces inondations sont à l'origine d'importants dommages matériels et humains, mettant ainsi en difficulté les populations, aussi bien urbaines que rurales, dont les moyens d'existence sont régulièrement détruits. Ces résultats corroborent ceux qui avaient été présentés par le rapport de Tchad food security cluster (2021) affirmant que les prix des produits alimentaires de base ont connu une hausse de plus de 40%.

La population rurale de la RDC en général et de Karhongo en particulier est à plus de 95% cultivatrice (Kengoum Djiegni & al, 2021). Elle ne vit que de l'agriculture principalement. Les conséquences néfastes des inondations sont venues aggraver la situation économique qui était déjà affectée par plusieurs maux depuis quelques années et ceci a été à la base de la baisse de production agricole. Ainsi, ces autres maux ayant causé l'effritement de la production agricole locale à Karhongo sont entre autres :

- La Mosaïque africaine et le Wilt bactérien menaçant fortement le manioc et le bananier respectivement ; ce qui entraîne que la chefferie de Ngweshe, jadis grenier de la région, importe au moins 90% de la farine de manioc, pourtant aliment de base au niveau de l'entité² (Province du Sud-Kivu, 2021). La farine de manioc importée offre plus d'avantage comparatif en matière des prix bien qu'elle soit issue de l'usage abusif d'engrais chimiques et des germes biologiquement modifiés dans le pays voisin et est maintenant en concurrence monopolistique contre la maigre production locale en produits agricoles.
- L'infertilité croissante des sols et terres arables qui deviennent de plus en plus sablonneuses ; manque d'accès aux intrants agricoles capables de résister aux maladies ; les terres arables sont entourées par les chaînes de MITUMBA qui ne sont pas reboisées par des arbres capables de retenir les sables par leurs racines ; manque des bons encadreurs agricoles pour former les agriculteurs aux techniques modernes de conservation des eaux et des sols ; les conséquences du changement climatique sources des calamités naturelles ; la mauvaise gouvernance et la faible affectation budgétaire à l'agriculture ; les vols des produits agricoles devenus courants suite à la paupérisation des masses et à l'insécurité.
- L'apport des ONGD (organisations non gouvernementales de développement) dans le secteur agricole du groupement de Karhongo telle que l'ONGD Réseau des agronomes passionnés de développement (en sigle RAPD), Food for hungry, GIZ REBOISEMENT, DIOBASS, OXFAM et APDIK est trop insignifiante et manque d'un suivi sérieux sur terrain (Province du Sud-Kivu, 2021).

²PROVINCE DU SUD-KIVU, territoire de WALUNGU, chefferie de Ngweshe, plan de développement local de la chefferie de NGWESHE 2020-2025, mars 2021, p. 24

4 CONCLUSION, IMPLICATIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES DES RECHERCHES FUTURES

Les résultats de cette étude confirment l'impact négatif des inondations sur l'économie des ménages dans le groupement de Karhongo. Ces inondations ont eu comme impact la destruction totale ou partielle des ponts et des routes nationales et de desserte agricole, rendant difficile ou même impossible la circulation des véhicules et des personnes, avec comme conséquences le dérèglement des transactions commerciales entre les villes de Bukavu et Uvira d'une part ; et entre l'Est de la RDC et les pays de l'Afrique de l'Est d'autres part. A ce niveau, les prix de biens importés ont monté de prix, au détriment du pauvre habitant. Les résultats montrent aussi que l'impact négatif des inondations s'est fait sentir sur l'habitat, à cause de l'inondation ou de la destruction des maisons, obligeant des milliers de gens à rester sans abri et se réfugier dans des familles d'accueil temporairement (100% de l'échantillon a connu l'inondation ou la destruction d'au moins une maison). Les résultats affirment que cet impact négatif des inondations se fait remarquer sur le vécu quotidien de la population de Karhongo ; les prix des denrées issues des cultures locales de base (manioc, haricot, maïs, bananier,) détruites par les inondations de février 2023 ayant augmenté d'environ 84,6%, exacerbant ainsi la conjoncture économique qui était déjà précaire à cause de la baisse de production agricole due à la maladie de Wilt bacterian du bananier et de la mosaïque du manioc. En somme, 85% des répondants ont connu des inondations, des destructions ou de dommages pour au moins un champ de manioc, 31% pour un champ de haricot au moins et 39% pour au moins une bananeraie chacun. Le secteur minier de production artisanale des briques pour construction qui vient en appui à l'agriculture n'a pas été épargné. 40% des enquêtés ont eu au moins un champ ou un four de brique affecté par les inondations.

Ainsi donc, si rien n'est fait, la situation économique devra continuer à s'empirer d'autant plus que les causes des inondations sont toujours là. Il est certes impossible d'empêcher ces inondations de se produire, mais il est cependant possible de baisser les effets ou de diminuer le danger au niveau des zones les plus sensibles et les plus exposées. Grâce au progrès des différentes sciences, les projets de lutte contre l'inondation deviennent plus efficaces et réussissent mieux à atteindre leur but : une protection à un coût abordable avec un impact minimum sur les hommes, l'habitat et l'environnement (Beaudoin, 2018). Les mauvaises pratiques agricoles, le manque de curage et drainage des rivières et ruisseaux, l'inexistence des techniques traditionnelles et modernes de conservation de l'eau et des sols, le faible accès aux intrants de qualité et les impacts du changement climatique sont des facteurs indéniables de la forte régression de la production agricole (ACTED et OXFAM, 2012 ; FARESS, 2017 ; Beaudoin, 2018) et, ipso facto facteurs de la pauvreté au sein des ménages dans le groupement de KARHONGO.

De plus, les acteurs agricoles préfèrent investir dans d'autres secteurs tels que le petit commerce, l'extraction artisanale des minerais, etc. Il faut enfin noter que la crise alimentaire a été exacerbée par l'insécurité et l'exode rural que connaît la chefferie de NGWESHE depuis bientôt deux décennies. L'entité qui, il y a quelques années, approvisionnait la ville de Bukavu en denrées alimentaires est aujourd'hui dépendante de la même ville pour se nourrir³. Abondant dans le même sens, le groupement de KARHONGO étant une partie intégrante de NGWESHE, dont jadis la population exportait le surplus de la production en manioc bio, thé, café, tabac, huile de palme, ..., vers des contrées lointaines de la République Démocratique du Congo et particulièrement vers le pays étranger le RWANDA, est devenue l'une des grandes importatrices de la farine de manioc et tant d'autres produits agricoles en provenance du pays des mille collines, qui pourtant fait aisément recours aux substances génétiquement modifiées et à l'usage abusive des engrais chimiques pour donner satisfaction à la grande demande du géant Est du CONGO en proie aux multiples groupes armés clandestins instrumentalisés par les belliqueux et prédateurs étrangers.

Eu égard à ce qui précède, il y a lieu que les gouvernants du pouvoir central et local ainsi que les acteurs agricoles locaux puissent programmer à l'avenir, l'application et la promotion des nouvelles cultures telle que la riziculture et tant d'autres qui exigent une forte consommation d'eau, tout en faisant précéder ces nouvelles cultures, par des techniques susceptibles de conserver le surplus d'eau dans la création des Dignes et trous géants susceptibles de conserver suffisamment l'eau issues des pluies abondantes autour des espaces arables. Aussi les projets de reboisement des collines, plateaux, montagnes par des arbres fertilisants et aux racines antiérosives (ACTED et OXFAM, 2012 ; FARESS, 2017), tels que l'arbre appelé "lesenat" aux alentours des terres arables est plus qu'exigé pour freiner l'érosion des sols et les éboulements.

Aussi pour les terres arables du groupement de KARHONGO, la coopérative agricole, ce modèle de gestion qui a réussi sous d'autres cieux (ACTED et OXFAM, 2012), vaut donc la peine d'être essayé. D'autant plus qu'il dote aux agriculteurs des leviers d'action sur l'économie de la juridiction d'action et assure une bonne redistribution des revenus dans la société. La

³Plan de développement local de la chefferie de NGWESHE, IBIDEM, p. 24

coopérative agricole résiste à toute forme des crises de tout ordre et juggle à suffisance les difficultés mieux que les autres modèles économiques traditionnelles qui n'offrent plus des choix utiles pour accroître le bien-être de la population du groupement de KARHONGO et de la République Démocratique du Congo.

Une étude plus élargie sur l'impact socioéconomique des catastrophes naturelles dans le groupement de Karhongo ou en province du Sud-Kivu pourrait être envisagée. Elle engloberait, outre conséquences économiques, celles sociales aussi, et toucherait d'autres coins de la province.

REFERENCES

- [1] ACTED et OXFAM. (2012). Enquête auprès des ménages sinistrés par les inondations à Niamey, République du Niger. Niamey.
- [2] AKONDE, B.-n. (2015). Impact des inondations sur la production agricole: cas du riz et du maïs dans la commune de Lokossa. Cotonou, Bénin: Université d'Abomey-Calavy.
- [3] Artelia eau et environnement. (2017). Evaluation des conséquences des crues du Rhône: Analyse socio-économique et stratégie de réduction de la vulnérabilité en particulier pour les activités économiques. France.
- [4] Beaudoin, M. (2018). Analyse des solutions possibles aux inondations dans le centre urbain d'Ottawa et de Gatineau. Ottawa: Université de Sherbrooke.
- [5] BENEDICTE, M. (2012). Un million de révolutions tranquilles, travail, environnement, santé, argent, habitat,...: Comment les citoyens transforme le monde, Editions Les Liens qui libèrent, ISBN, 2012, 321 p.
- [6] BERTHET, A. (2019). Quels impacts économiques et financiers de l'augmentation de l'occurrence des catastrophes naturelles ? *BSI Economics*, 5 pages.
- [7] BOUBACAR, S., & IDRISSE, S. M. (2017). Evaluation Socio-Economiques De L'impact Des Inondations Sur Les Conditions De Vie Des Menages Dans La Commune Urbaine De Niamey. *International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 8, Issue 12*, 14 pages.
- [8] Damien-Joseph M. et Jules N. M. F., (2019), Crises alimentaires et mesures d'atténuation en RDC, Revue des stratégies et promotion de bonnes pratiques, Fondation KONRAD ADENAUER, MEDIASPAUL, 2019, 120 p.
- [9] ELEUTÉRIO, J., & al. (2012). Evaluation des dommages potentiels liés aux inondations. Paris: ENGEES.
- [10] FARESS, F. (2017). *Impact des inondations sur la planification spatiale: Cas de Setti Fadma*. Rabat, Maroc: Institut national d'aménagement et d'urbanisme.
- [11] Kengoum Djegni, F., & al. (2021). Impacts des catastrophes naturelles sur les secteurs agro-sylvo-pastoraux et halieutiques en Afrique centrale. Yaoundé: Cabinet BrightWay Consult.
- [12] LEDOUX, B., & al. (2007). *Évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations*. Paris: Ministère de l'écologie, développement et aménagement durable.
- [13] Plan de développement local de la chefferie de NGWESHE, IBIDEM, p. 24
- [14] PROVINCE DU SUD-KIVU, territoire de WALUNGU, chefferie de Ngweshe, *plan de développement local de la chefferie de NGWESHE 2020-2025*, mars 2021, 125 p.
- [15] TAHAR, S. (2013). Impacts des inondations sur l'espace urbain: le cas de la Wilaya Sidi Bel Abbes. Alger: Université d'Oran.
- [16] Tchad food security cluster. (2021). les inondations affectent presque 400 000 personnes et menacent la sécurité alimentaire du pays. N'djamena.

Implantation d'un système électronique de détection et de quantification des polluants atmosphériques en milieu industriel connecté à un serveur distant

[Implementation of an electronic system for detecting and quantifying atmospheric pollutants in an industrial environment, connected to a remote server]

Kondatata Mbambu Jordan¹, Meni Babakidi Narcisse², and Kinyoka Kabalumuna God'El¹

¹Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Section Electronique, Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: Air pollution is a major public health issue worldwide, particularly in the provincial city of Kinshasa, and environmental protection has become a duty for all governments in recent years. Global warming and air pollution are the main reasons for this. Indeed, the study of air pollution aims to understand its particularities in order to limit its effects as much as possible. To achieve this goal, we will be setting up a measurement station equipped with MQ-135 sensor networks to collect useful data and send it to a remote server. In addition to the literature review that preceded all the methods used, this approach was based on the direct observation method supported by a field survey. On the one hand, the results of this study showed that the city of Kinshasa is much more affected by the nitrogen oxide pollution emitted by industry. On the other hand, since the mission of any State is to guarantee the safety of people and their property, to help the relevant State services to have adequate technical resources for permanent monitoring of the said environments, in order to combat any possible spillover of harm. We would also like to support these services in the organization of cells to combat any nuisance, and to include a heading reserved for this purpose in state taxes. These costs continue to elude the public coffers of the city of Kinshasa, representing an enormous loss of revenue for the State.

KEYWORDS: Implementation, electronic system, detection, quantification, air pollutants.

RESUME: La pollution de l'air constitue un enjeu majeur de santé publique au niveau mondial plus particulièrement dans la ville province de Kinshasa, et la protection de l'environnement est devenue depuis quelques années un devoir pour tout gouvernement. Le réchauffement climatique et la pollution atmosphérique en sont des raisons principales. En effet, l'étude de la pollution atmosphérique vise à bien comprendre ses particularités dans le but de limiter au mieux ses effets. Pour atteindre ce but, nous mettrons en place une station des mesures dotés des réseaux de capteurs MQ-135 qui permet de collecter les données utiles et assure l'envoi de données vers un serveur distant. Outre la revue documentaire qui est en amont de toutes les méthodes utilisées, cette approche a été basée sur la méthode d'observation directe appuyée par une enquête sur terrain. D'une part le résultat de cette étude a montré que la ville de Kinshasa est beaucoup plus frappée par la pollution en oxydes d'azotes dégagée par les industriels et d'autre part, puisque tout Etat se veut pour mission de garantir la sécurité des personnes et de leurs biens, à aider les services de l'Etat y afférant de disposer des moyens techniques adéquats de surveillance permanent desdits milieux, afin de lutter contre tout quelconque débordement possible de nuire. Egalement accompagner les dits services dans l'organisation des cellules de lutte contre toute quelconque nuisance et qu'il soit inséré dans les taxes Etatique, une rubrique réservée pour cette matière. Des frais qui jusqu'ici continuent d'échapper en grande partie à la caisse Publique de la ville de Kinshasa et ce qui constitue un manque à gagner énorme pour l'Etat.

MOTS-CLEFS: Implantation, système électronique, détection, quantification, polluants atmosphériques.

1 INTRODUCTION

Depuis la révolution industrielle, les activités humaines émettent des grandes quantités des gaz à effet de serre; principalement les oxydes d'azotes, le dioxyde de carbone et du méthane. Ces gaz s'accumulent dans l'atmosphère, et atteignent désormais des niveaux record.

La majeure partie de la pollution carbonée de l'industrie provient de la réaction chimique fondamentalement liée au produit. L'ingrédient brut, le calcaire, est constitué principalement de carbonate de calcium, qui forme de l'oxyde de calcium lorsqu'il est chauffé, ce qui libère de grandes quantités de CO₂.

En effet, l'industrie, secteur créateur d'emplois doit aider à sortir la majeure partie de la population des Etats tels que le nôtre de l'extrême pauvreté dans laquelle elle reste jusqu'alors plongée. Et cela depuis des décennies, grâce à la main d'œuvre. Ce socle du développement se révèle sous un autre aspect à l'origine de néfastes dégâts causés par la pollution de l'environnement dont elle est génératrice, ceci un danger permanent qui se répercute et à l'espèce humaine. L'éradiquer serait possible mais une tâche de longue haleine qu'on ne peut aborder qu'à pas de tortue parce que jusqu'à présent le monde ne vit que de la dépendance des énergies polluantes. Un arrêt immédiat, sans transition compromettrait l'économie planétaire.

Mais alors à ce stade, comment allons-nous limiter cette pollution de l'environnement émise par les industries dans la ville de Kinshasa celle option possible de se concrétiser avec efficacité; dans les milieux industriels sous certaines conditions ?

Il s'agira par le concours de l'électronique moderne, de réaliser un dispositif axé sur le système embarqué.

Le dispositif conçu puisse posséder des capteurs appropriés du gaz indiqué, le microcontrôleur et soit capable d'afficher en temps réel à l'aide d'afficheur LCD ou d'un ordinateur via une application Web, les résultats du niveau des polluants détectés. En effet, la fumée dégagée par l'industrie sera détectée et captée par ledit dispositif et transformée en signal électrique analogique, qui ensuite sera traité et stocké dans un serveur pour en savoir la quantité.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIELS

2.1.1 MICROCONTRÔLEUR

Une carte Arduino est une carte électronique permettant de créer un système électronique [1,2]. Elle repose sur un microcontrôleur associé à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes. Et ensuite il faut gérer tous les éléments branchés sur la carte par un programme en utilisant l'environnement de programmation Arduino (IDE).

2.1.2 CAPTEUR DE POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Nous pouvons apprécier la qualité de l'air dans une zone donnée en utilisant un capteur, ce capteur doit donc détecter le taux des polluants chimiques. Pour notre cas, on a utilisé le MQ135, comme le montre la figure 1 ci-dessous.



Fig. 1. Capteur MQ-135

2.1.3 ECRAN LCD

L'écran à cristaux liquides ou LCD permet de la création d'un écran plat à faible consommation d'électricité [3]. Aujourd'hui, ces écrans sont utilisés dans les affichages électroniques et ils sont devenus indispensables dans les systèmes techniques. La figure 2 ci-dessous représente l'écran LCD en image [4,5].



Fig. 2. Ecran LCD 16*2

2.1.4 BUZZER

Un buzzer est un dispositif de signalisation audio, qui produit un effet sonore lorsqu'il est excité. Dans notre article, nous avons utilisé le buzzer piezoélectrique, comme illustre la figure 3 ci-dessous.



Fig. 3. Buzzer Piezo électrique

2.1.5 LED

Une diode électroluminescente est un composant optoélectronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. La figure ci-dessous montre l'aspect physique d'une diode LED. La diode électroluminescente est représentée à la figure 4 suivante.



Fig. 4. Diode électroluminescente

2.1.6 CARTE WEMOS

La carte WEMOS est un microcontrôleur dérivé de l'Arduino Uno [6]. Elle est basée sur le module ESP8266 ESP-12. La figure 5 montre le microcontrôleur WEMOS D1.



Fig. 5. Microcontrôleur Arduino WEMOS

2.1.7 POINTS D'ACCÈS

Le point d'accès est un mode qui permet de créer un réseau à part entière en interconnectant les diverses connexions sans fil. La figure 6 ci-dessous donne l'aspect physique d'un point d'accès Wi-fi.



Fig. 6. Point d'accès

2.1.8 ENVIRONNEMENT ET OUTILS DE DÉVELOPPEMENT

Pour la réalisation de notre application nous avons fait appels à plusieurs outils, notamment:

- Système d'exploitation: Windows 10
- Serveur Web: serveur Apache Tomcat
- SGBD MySQL pour l'implémentation de notre base de données
- Interface PHPmyAdmin pour administrer la base de données
- Visual Studio 2019.



Fig. 7. Serveur PC

2.2 METHODES

2.2.1 ENVIRONNEMENT ET OUTILS DE DÉVELOPPEMENT

Outre la revue documentaire qui est en amont de toutes les méthodes utilisées, cette approche a été basée sur la méthode d'observation directe appuyée par une enquête sur terrain.

Pour collecter les données, un questionnaire destiné à la population de la commune de Limete. L'enquête a été menée uniquement sur les habitants du quartier Industriel, au total trente-trois personnes dans les parcelles différentes ont fait l'objet de l'étude.

2.2.2 EXPÉRIMENTALE

La méthode expérimentale a fait l'objet de cette approche grâce à la technique des capteurs de gaz MQ-135. Un système embarqué de mesure atmosphérique assisté par un ordinateur de marque ASUS a été mise en place pour mesurer la quantité de polluants atmosphérique en temps réel.

2.2.3 AUTRES OUTILS UTILISÉS

Nous avons aussi utilisés les outils suivants:

- Un multimètre de marque:
- Un oscilloscope numérique:
- Un générateur base fréquence.

3 ETAT DE LIEU DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES EMIS PAR LES INDUSTRIES A KINSHASA

La surveillance et la préservation de la qualité de l'air sont devenues aujourd'hui un véritable enjeu économique, juridique, sanitaire et environnemental tant à l'échelle planétaire que local. La qualité de l'air est un élément essentiel à la qualité de vie comme l'eau et la terre. En ville, l'air avec le bruit constituent le principal élément environnemental dont la dégradation est directement ressentie par les populations.

En effet, la ville de Kinshasa possède des industries utilisant des produits chimiques. On peut alors comprendre que ces environnements soient considérés comme des zones à risques chimiques. Cette industrialisation bien que faible et ses rejets associés aux transports, les déchets et la densification de l'urbanisation sont à l'origine de nombreuses modifications écologiques, en l'occurrence, la dégradation de la qualité de l'air dans la ville.

Fort est de constater que plusieurs systèmes de surveillance de l'atmosphère ont été déployés sur toute la planète. Cependant, plusieurs grandes villes de l'Afrique frappées par le problème de la pollution atmosphérique, restent très peu couvertes par ces systèmes de surveillance [5]. La ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo n'est pas couverte non plus par un système de surveillance et la législation en la matière fait défaut.

4 RESULTATS

Le résultat final de notre étude après notre expérimentation du système au labo électronique de l'ISTA de Kasangulu, nous venons d'installer avec l'aide des experts, un système embarqué de détection et quantification des polluants atmosphérique connecté à une base de données à distance en milieu industriel dans la ville de Kinshasa comme le montre la figure 8 ci-dessous.

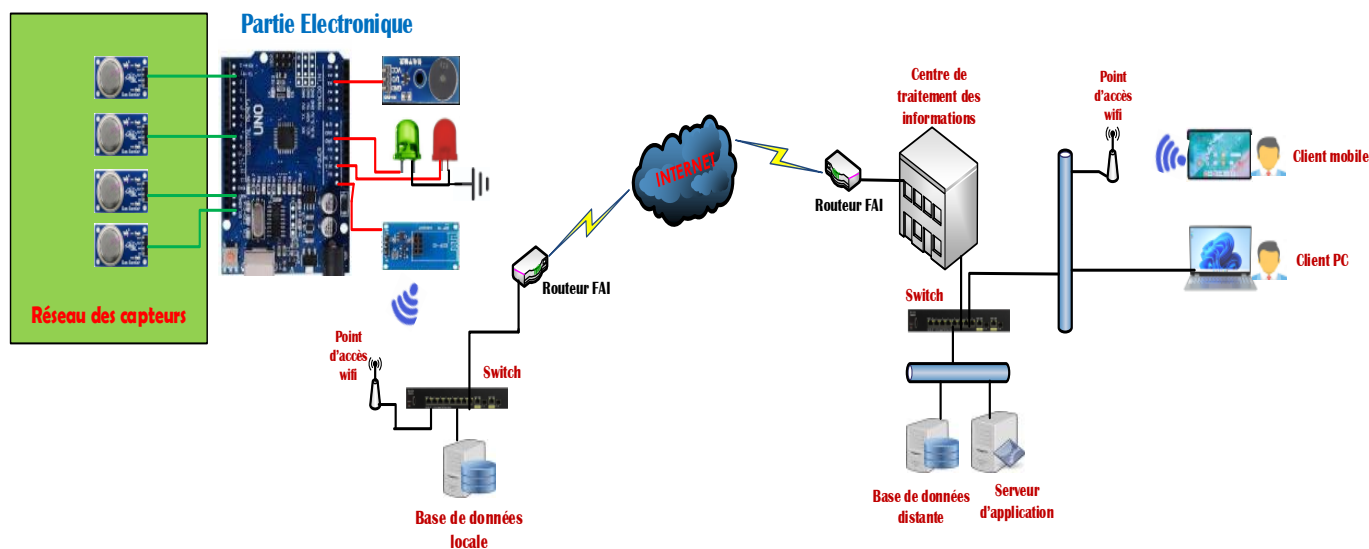


Fig. 8. Implantation d'un système embarqué de détection et de quantification des polluants atmosphérique en milieu industriel connecté à une base des données à distance (Industriels de la ville de Kinshasa)

Dès la mise en marche du système émettant le Gaz nocif en général et les oxydes d'azotes en particulier, les émissions des Gaz d'oxydes d'azotes sont captées par le capteur de gaz MQ-135, qui transforme ce Gaz à un signal électrique.

Le signal sortant du capteur peut être une tension ou un courant d'une amplitude moins significative, raison pour laquelle on associe à un capteur un circuit conditionneur pour une mise en forme, le décalage et une bonne adaptation.

A la sortie du circuit conditionneur, le signal est converti en courant. Le signal obtenu étant analogique, on joint à cette sortie l'entrée analogique de la carte Arduino qui est doté d'un convertisseur analogique-numérique, qui nous donnera la possibilité de pouvoir quantifier et enregistrer en terme des bits, la teneur et la concentration des émissions polluantes de l'air par les oxydes d'azotes.

Via l'ordinateur il est possible de visualiser la forme du signal l'image de la teneur et la concentration des oxydes d'azotes en installant l'application Web que nous avons développé.

5 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons expliqué les principes, les choix des équipements, la présentation fonctionnelle du système que nous avons implanté au sein des industries dans la ville de Kinshasa pour assurer la détection et la quantification des polluants atmosphérique et de le stocker à une base de données à distance. Les industries de productions étant considérées comme le couteau à double tranchant; elles offrent l'emploi à la population et en même temps leurs productions sont entassées de la pollution de l'air par les oxydes d'Azotes qui ont des conséquences néfastes pour la vie de cette même population.

Les recherches menées pour ce travail trouvent sa place du fait qu'on ait à capter la teneur et la concentration des émissions des oxydes d'azotes à un signal électrique, et ce signal sera converti en numérique avec possibilité d'enregistrer les résultats du taux de pollution sous forme des Bits par le biais de l'ordinateur. Un afficheur sera également sur le banc de seuil enfin de permettre une vision claire du résultat obtenu de la conversion.

ACKNOWLEDGMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Arroyo, Patricia, et al. «Wireless sensor network combined with cloud computing for air quality monitoring.» *Sensors* 19.3 (2019): 691.
- [2] Ma, Yajie, et al. «Air pollution monitoring and mining based on sensor grid in London.» *Sensors* 8.6 (2008): 3601-3623.
- [3] Roussel, I., et al. «*A multicentric study of personal exposure: what lesson.*» 14th International Conference «Air quality–assessment and policy at local, regional and global scales», Dubrovnik. 2003.
- [4] Kusunika, Athanase N., et al. «*Cartographie numérique des zones à risque chimique de l'environnement de Kinshasa.*» *International Journal of Innovation and Applied Studies* 15.3 (2016): 565.
- [5] Yombo, R. «Etude et installation d'une station de mesure des polluants atmosphérique A Kinshasa.» Mémoire DEA, Université de Kinshasa (2018).
- [6] Silalahi, Lukman Medriavin, et al. «*Design a monitoring and control in irrigation systems using Arduino Wemos with the internet of things.*» *Journal of Integrated and Advanced Engineering (JIAE)* 1.1 (2021): 53-64.

Inheritance of seed yield and its components in oleaginous gourd *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl

Yao Kouakou Abessika Georges¹, Gbotto Ahou Anique¹, Akaza Moroh Joseph¹, Kouamé Koffi Kévin², Akaffou Doffou Sélastique¹, and Zoro Bi Irie Arsène²

¹Departement of Agronomy and forestry, of Jean Lorougnon Guédé University, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Department of Nature Sciences, of Nangui Abrogoua University, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: To study the nature and magnitude of inheritance of seed yield and its components in three crosses of *L. siceraria* (Molina) Standl accessions involving four diverse parents under two environments, generation mean analysis was used seed yield and its components. Generations developed six generations, (P₁, P₂, F₁, F₂, BC₁P₁ and BC₁P₂) were planted for evaluation in a randomized complete block design with three replications. The result showed that the additive-dominance model was adequate in explaining the inheritance of seed yield and its components. This was ascribed to a non significant estimate of A, B and C scaling tests. The results of the generation mean analysis indicated that the additive genetic effects (*d*) significantly accounted for a large proportion of variability observed for fruit weight, seed number and 100-seed weight in the crosses evaluated. An additive genetic effect suggests that selection among segregating population could provide an average improvement in the performance of seed yield and its components in subsequent generations. Broad and narrow-sense heritability was estimated to be high ($\geq 0,5$) for yield and its components at Abidjan and Manfla. That indicate a great genetic effect on these traits expression. Additive components played a major role in improving the yield component that shown strong heritability whatever environment. The number of quantitative factors revealed multigenic appearance. These results confirm the appropriateness of these yield components in improving plant efficiency. A recurrent selection scheme has proposed as an effective selection strategy for improving oleaginous gourd *Lagenaria siceraria*.

KEYWORDS: Accessions, Generation mean analysis, Scaling test, Segregating population, multigenic.

1 INTRODUCTION

Oleaginous gourd, *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl, is a member of Cucurbitaceae family. It is a prostrate-growing, herbaceous and monoecious plant easily distinguished by its white flowers [1]. *L. siceraria* is believed to be of African and Asian origin [2]. This specie is well adapted to various cropping systems, characterised by minimal inputs [3]. Juvenile shoots and fruits of *L. siceraria* are sliced and cooked as vegetables throughout South Africa [4]. In Côte d'Ivoire, Oleaginous gourd is mainly cultivated for seed consumption. Mature seeds are roasted and crushed to a paste used to thicken stews, while seed oil extract is an ideal alternative for vegetable oil [5], [6]. *L. siceraria* shows great diversity on yield components [7]. Seed yield per plant varied from 12 to 56 g per plant [8]. These plants are cultivated at small scale by women for their oleaginous seeds that are a great importance in the sociocultural live of several people [8]. Its cultivation permits achievement of food security for family unit and represents a potential source of additional income for rural women, who are the main producers in West Africa [9]. Increased production and use of these cucurbits can result in addition of food security a diversify of small farmer's income. Despite several studies conducted on cucurbit edible seed [10], [11] their production are weak. Therefore, identification of yield components is a fundamental step in the work prior to the implementation of plant variety improvement programs [12]. Indeed, knowledge of yield components of a crop facilitates and guides the search for molecular markers that lighten and accelerate the work of variety creation [12, 13]. This is how work carried out by [8] allowed the determination of yield components which are traits strongly and directly linked to yield. These characteristics which are the fruit weight, of 100 seeds

weight and the number of seeds can be used as selection criteria for the establishment of a breeding program for the oil gourd *Lagenaria siceraria*. However, to know if a yield component can actually contribute to varietal improvement following conventional crosses, it is essential to have a precise knowledge of its genetic basis [14], [15]. Such data are useful in determining the breeding approach to adopt in order to identify the best genotypes and to predict the response of plants to selection [16, 17], [18]. The works carried out by [19] on the calabash type have shown showed that the seed weight, fruit weight and 100 seed weight exhibited high broad-sense heritability with a low number of genes. Thus the traits controlled by a low number of genes have high heritability values in early generations. Very little genetic knowledge is available on genetic components and genes interactions yield components of oleaginous type of *L. siceraria*. Among other methods to study the quantitative inheritance of traits, a design based on the measure of variance from six generations (P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , BC_1P_1 , and BC_1P_2) can be used to estimate environmental, additive, dominance, and phenotypic variances [20], [21]. The objective of this study is to determine genetic basis of yield components of oleaginous form of *Lagenaria siceraria*. In particular, it involves determining the type of variation that these components express, the interactions between the allele genes that govern their expression, the influence of the environment and their heritability. The results of this study should make it possible to propose a selection strategy optimizing genetic gain.

2 MATERIAL AND METHOD

2.1 PLANT MATERIALS, SITES AND EXPERIMENTAL DESIGN

In the experiment, we used three families developed from three crosses of *Lagenaria siceraria* inbred cultivars or lines to estimates the heritability of fruit weight, seed weight, 100-seed weight. Each of the three high yielding cultivars NI283, NI354 and NI106 was crossed with the low yielding cultivar NI215. These accessions were sourced from the germplasm collection of the University of Nangui Abrogoua. In this way three families were developed; 'NI283 x NI215', 'NI354 x NI215' and 'NI106 x NI215'. For each family, we developed six related generations (P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , BC_1P_1 , and BC_1P_2) on both sites, Abidjan and Manfla. At each site, all six generations of the same family were planted in the following number and order P_1 (20); P_2 (20); F_1 (40); F_2 (100); BC_1P_1 (30) and BC_1P_2 (30).

The first experimental site was located in Abidjan at University of Nangui Abrogoua, between 5°17'N-5°31' and longitudes 3°45'W-4°22'W. The second experimental was conducted in the village of Manfla, located in centre (latitudes 7°00N – 7°26N and longitudes 6°00W- 6°30W) during 400 km north Abidjan.

Three families were developed from three crosses of *L. siceraria* cultivars or lines (NI283, NI354, NI106 and NI215). Theses cultivars were sourced from the germplasm collection of the University of Nangui Abrogoua. These lines are obtained after three self pollinated generations. F_1 seeds were planted and each F_1 plant was allowed to self pollinate to produce F_2 seeds. Subsequent flower buds were backcrossed to parents to obtain the BC_1P_1 and BC_1P_2 .

Field evaluation of the parental P_1 , P_2 , F_1 , F_2 and BC_1 was carried out at the University of Nangui Abrogoua. The experimental layout was a randomized completed block design with some replications. Planting was done according to a completely randomized block design with three replications. Each plot was 96 x 30 m. The holes at depth of 3 cm and they were arranged in rows at spacing of 3 m between and within rows. Two or three seeds of each generation were planted per hole, with intra row spacing of 3 m. The plots were hoe weeded regularly to prevent any interaction between plant materials and weed load. Disease and pest control was carried out using a carbamate-based insecticide applied when necessary. The field was harvested when more than 90% of the fruit were ripe.

2.2 DATA ANALYSIS

We tested the F_2 data for homogeneity of variances using Bartlett's method.

The individual scaling tests of [25] were employed to test the adequacy of additive-dominance model for seed yield and its components in each case i.e.:

$$A=2\times\mu(BC_1P_1)-\mu(F_1)-\mu(P_1)$$

$$B=2\times\mu((BC_1P_2))-\mu(F_1)-\mu(P_2)$$

$$C=4\times\mu(F_2)-2\times\mu(F_1)-\mu(P_1)-\mu(P_2)$$

The generation mean analysis was conducted under the assumptions that observed variation was due to additive and dominance effects, with no epistasis or linkage using the method of [22] where M is midpoint, d is the additive genetic effects, h is the dominance genetic equations:

$$M = \mu(F_2)$$

$$d = \mu(BC_1P_1) - \mu(BC_1P_2)$$

$$h = 2 \times \mu(BC_1P_1) + 2 \times \mu(BC_1P_2) - 4 \times \mu(F_2) + \mu(F_1) - \frac{1}{2} \times \mu(P_1) - \frac{1}{2} \times \mu(P_2)$$

$$i = 2 \times \mu(BC_1P_1) + 2 \times \mu(BC_1P_2) - 4 \times \mu(F_2)$$

$$j = 2 \times \mu(BC_1P_1) - 2 \times \mu(BC_1P_2) - \mu(P_1) + \mu(P_2)$$

$$l = \mu(P_1) + \mu(P_2) + 4 \times \mu(F_2) - 4 \times \mu(BC_1P_1) - 4 \times \mu(BC_1P_2)$$

P_1 is the parent with a high mean value, while P_2 is the parent with a lower mean value. BC_1P_1 and BC_1P_2 are corresponding backcrosses to parent P_1 and parent P_2 , respectively.

ESTIMATE OF VARIANCE

The variance components E , D , A , P and G representing the environmental variance, additive variance, dominance variance, phenotypic and genotypic variance respectively were calculated as specified by the method of [27], [28], [29] as follows:

$$\sigma^2(A) = 4(\sigma^2(BC_1P_1) + \sigma^2(BC_1P_2) - \sigma^2(F_1) - \sigma^2(E))$$

$$\sigma^2(D) = 2 \times \sigma^2(F_2) - (\sigma^2(BC_1P_1) + \sigma^2(BC_1P_2))$$

$$\sigma^2(E) = \frac{\sigma^2(P_1) + \sigma^2(P_2) + [2 \times \sigma^2(F_1)]}{4}$$

$$\sigma^2(P) = \sigma^2(F_2)$$

$$\sigma^2(G) = \sigma^2(P) - \sigma^2(E)$$

Where $\sigma^2(P)$; $\sigma^2(F_1)$; $\sigma^2(F_2)$; $\sigma^2(BC_1P_1)$; $\sigma^2(BC_1P_2)$ are the variances of parental, F_1 , F_2 and Backcross generation respectively. Approximate variations of these variances were estimated.

ESTIMATION OF HERITABILITY

Broad (H^2) and narrow (h^2) sense heritability were estimated based on the formula:

Broad-sense heritability:

$$(H^2) = \frac{\sigma^2(G)}{\sigma^2(P)}$$

Narrow-sense heritability:

$$(h_n^2) = \frac{\sigma^2(A)}{\sigma^2(P)}$$

Negative estimates should be considered equal to zero [23] but should be reported" in order to contribute to the accumulation of knowledge, which may, in the future, be properly interpreted [24].

Number of quantitative factor:

The number (N) of factors actually involved in the expression of a given quantitative traits was estimated using the means (μ) of the different generations according to the following formula.

$$N = \frac{D^2}{8(\sigma^2(F_2) - \sigma^2(F_1))}$$

With D which represents the numerical value of the difference between the Means of the two parental lines.

$$D = (\mu_{P2} - \mu_{P1})$$

3 RESULTS

3.1 EFFECT OF THE ENVIRONMENT AND FAMILIES

Multivariate analysis of variance indicates that site study has a significant effect on the performance of families (table1). Indeed, various parameters evaluated vary significantly from one site to another ($P < 0.001$). Likewise, the performances of generations differ from each other within the same locality regardless of the trait studied ($P < 0.001$). Analysis of the study site-family interaction shows that the study site does not influence the variability between generations for all the traits studied ($P > 0.05$). Whatever the environment, wide variability can be observed between parental generations and F_1 , F_2 and BC_1 hybrids.

Table 1. Effect of environment, inter-family variability and study site-family interaction on yield components

Traits	Sites	Family	Interaction
Fruit weight	6,64***	43,81***	25,05***
100-Seed Weight	11,36***	23,93***	9,79***
Number of seed	24,25***	41,25***	20,88***
See weight	2,43***	46,97***	24,24***

Value of test statistic test (Frequency followed by Probability in asterisk) ***Very significant

3.2 GENERATION MEAN

The mean values of seed yield and those of its components were subjected to individual tests or scaling test [21]. The results of these tests showed that the parameters A, B, C are not significantly different from zero (Table 2). This information reveals that only the model of additivity and dominance could explain the mode of action of genes in the transmission of traits. The six-parameter model was therefore used to determine the type and extent of action of the genes that govern the transmission of the characteristics studied (Table 2). Fruit weight (FW) showed a positive additive effect (d) at crosses. For C1 cross at Manfla, although a positive value is observed, it is not significant. As for dominance, negative values are recorded for cross C1 at both sites and for cross C3 at Manfla. In addition, the other crossings presented positive values on the sites. The same trend is observed for the interaction components (i). On the other hand, additivity x dominance (j) values obtained are all negative, except in the C3 cross made at Manfla. Finally, with regard to dominance x dominance (l), only crosses C1 in Abidjan and C2 in Manfla are positive. All other recorded values are negative. 100 seed weight (100-SW) showed a positive additive effect (d) in all the crosses made. Only the C1 cross in Abidjan showed a significant additivity effect. For the dominance (h), negative values were obtained in the C1 cross in Abidjan and in the Manfla crosses. The same trends were observed for the parameter additivity x additivity (i). As for the additivity x dominance interaction effect, non-significant negative values were observed in crosses C2 and C3 in Abidjan and C1 and C3 in Manfla. For the parameter dominance x dominance (l) non-significant positive values were recorded only in the crossings C2 in Abidjan and C3 in Manfla. Regarding the number of seeds (NS), positive values were observed in the media except for the C3 cross in Abidjan which presented a negative value. A positive and significant effect of additivity was observed in the C2 crosses of both sites.

Table 2. Effect of genes through Hayman's six-parameter model for yield components of *Lagenaria siceraria* in Abidjan and Manfla

Model of six parameters						
	<i>M</i> (Mean of F_2)	<i>d</i> (additivity)	<i>h</i> (dominance)	<i>i</i> (additivity x additivity)	<i>j</i> (additivity x dominance)	<i>l</i> (dominance x dominance)
ABIDJAN						
FW						
C1	659.72±210.5	148.33±26.04*	-276.37±1216.72	-52.65±1199.32	-291.23±691.02	430.67±1618.13
C2	588.51±217.91	370.83±27.11*	29.24±1035.48	226.95±1026.53	-23.32±640.62	-144.74±1456.31
C3	557.39±193.35	241.17±18.39*	234.65±120.46	328.10±856.39	-364.65±441.18	-1151.40±1114.61
100-SW						
C1	14.72±3.31	2.91±0.28*	-1.96±14.61	-0.62±14.36	1.33±6.70	-5.06±18.28
C2	12.28±2.75	0.77±3.90	3.97±13.63	2.89±13.50	-0.42±8.34	2.23±19.63
C3	12.44±2.42	0.25±2.82	6.33±18.12	7.09±11.19	-1.73±6.46	-11.98±15.92
NS						
C1	165.50±52.83	4.00±59.75	14.99±247.95	25.98±242.76	-66.18±142.69	-50.77±342.47
C2	156.12±55.13	96.80±6.36*	63.83±259.58	74.04±254.56	27.21±144.97	-104.09±357.65
C3	138.50±43.03	-3.50±71.04	188.21±61.98	191.28±223.19	-8.38±148.98	-490.23±342.65
SY						
C1	21.12±8.45	3.02±10.31	5.85±40.45	9.55±39.60	-8.96±24.17	-13.63±57.05
C2	22.99±9.80	14.11±1.15*	-0.43±46.08	-0.05±45.40	2.71±26.10	4.49±63.50
C3	17.47±6.57	1.82±13.38	37.58±22.67	38.70±37.49	-4.91±27.92	-88.64±61.16
MANFLA						
FW						
C1	686.70±332.97	27.67±222.77	-839.77±1426.00	-718.80±1404.41	-293.00±596.33	-4287.41±1705.79
C2	638.26±318.37	238.83±30.68*	197.28±1822.17	35.44±1413.58	-632.86±626.46	217.54±1429.54
C3	628.36±181.87	296.33±18.50*	-286.69±1080.12	-186.76±816.15	99.94±417.99	-110.19±1080.12
100-SW						
C1	17.16±4.09	1.16±3.54	-7.48±18.29	-8.16±17.82	-1.29±8.53	-126.62±23.29
C2	14.53±2.99	0.04±2.62	-1.38±16.99	-2.62±13.04	5.42±6.05	-0.97±13.32
C3	15.73±2.27	0.15±3.00	-8.20±16.13	-8.81±10.89	-1.68±6.49	12.53±16.13
NS						
C1	144.34±60.00	40.40±72.11	-90.00±286.50	-81.89±279.99	2.61±162.40	-1030.70±396.99
C2	128.70±44.03	21.03±4.37*	63.95±267.30	-41.05±196.66	-76.19±99.28	27.03±201.73
C3	129.56±45.45	14.10±52.28	-72.37±287.80	-67.65±209.72	1.02±111.52	49.80±287.80
SY						
C1	24.82±12.63	7.48±11.75	-21.20±57.21	-21.24±55.71	-1.62±28.43	-166.72±74.37
C2	18.21±10.12	3.62±8.24	10.70±56.18	-9.71±43.70	-3.77±18.65	4.88±44.73
C3	17.46±8.09	2.11±0.77*	-9.42±47.05	-9.13±35.86	-2.16±16.84	12.28±47.05

FW: Fruit weight; 100-SW: 100-seed weight; SY: Seed yield; NS: Number of seed;; C1: NI215 (P_1) x NI283 (P_2); C2: NI215 (P_1) x NI354 (P_2); C3: NI215 (P_1) x NI106 (P_2);

*Significant at 5% level of probability, M: Mean

Positive values of dominance (h) were also observed in Abidjan and negative values in Manfla with the exception of crossing C2 which gave a positive value. On the other hand, the additivity x additivity (i) parameter showed positive values in Abidjan and negative values at Manfla in the three crossings. At the level of the additivity x dominance (j) parameter, negative values were observed in crosses C1 and C3 in Abidjan. However at Manfla, the values obtained were all positive. For the dominance x dominance (l) parameter, negative values were observed in Abidjan while only the C1 cross showed a negative value in Manfla. Seed yield gave positive values in crosses at both sites at additivity (d). For this parameter, significant effects were noted in crossings C2 in Abidjan and C3 at Manfla. The additivity x additivity (i) component presented negative values only at Manfla. However, the C1 and C3 crosses in Abidjan showed positive values in Abidjan. The additivity x dominance (j) interaction effect showed negative values at both sites with the exception of crossing C2 in Abidjan. The dominance x dominance (l) interaction effect showed negative values in crosses C1 and C3 in Abidjan and C1 at Manfla. The values observed for the other crosses were positive.

3.3 ESTIMATE OF VARIANCES

Overall, the variances of F_2 are greater than the parental variances for the yield and its components. The mean variances of parents NI283, NI354 and NI106 are higher than that of parent NI215: 8733.26 respectively against 5877.70 for total weight of fruits; 4.12 versus 2.43 for 100-seed weight; 839.04 against 593.34 for the number of seeds, finally 26.04 against 12.76 for the seed yield (Table 3).

The values of variances observed in F_2 for fruit weigh, number of seed and total weight of seeds are high by locality. For fruit weight, number of seeds and yield, the highest values for the variance in F_2 are observed in Abidjan.

There was no difference in backcross variance, BC_1P_1 and BC_1P_2 for 100 seed weight (100-SW). But differences were observed across the results in backcross variances for total number of seeds (NS) within crosses and sites. The variance in BC_1P_1 observed for this trait varies from 2136.45 in the C1 cross at Manfla to 3726.21 in the C1 cross at Abidjan (Table 3). The variance observed in BC_1P_2 for this trait varies from 2054.25 in C1 cross in Manfla to 3678.76 in the C3 cross in Abidjan. The backcross variance observed with the first parent (BC_1P_1) ranges from 33,164.26 to 51549.45 with C3 crosses in Manfla and C1 in Abidjan (Table 4). The backcross variances observed with the second parent vary from 29,031.16 to 48,477.04 for the respective crosses C3 in Manfla and C1 in Abidjan (Table 3). In the results observed for yield and its components, the estimated environmental variance, $\sigma^2(E)$ is lower than that of the genetic variance, $\sigma^2(G)$ (Table 4). Positive values of the additive variance were recorded in all crosses. The overall mean of the observed genetic variance is greater than that of the additive variance in yield and its components. The results of the analysis of the genetic components, shown in table 4, revealed that the additive effect is greater than the effect of the dominant genes for the different characters studied in the different crosses made. This result was observed for the fruit weight and 100-seed weight in crosses C1 and C3 in Abidjan and only for 100-seed weight in the three crosses at Manfla.

Table 3. Variances by generation for genotypes of *Lagenaria siceraria* for Fruit weight, of seeds weight, 100-seed weight and Number of seed in Abidjan and Manfla

Crosses	$\sigma^2 (P_2)$	$\sigma^2 (P_1)$	$\sigma^2 (F_1)$	$\sigma^2 (F_2)$	$\sigma^2 (BC_1P_1)$	$\sigma^2 (BC_1P_2)$
Fruit weight (FW)						
Abidjan						
C1	9785.85	5363.84	21960.78	80734.14	51549.45	48477.04
C2	7035.74	5179.91	30162.95	70483.60	45093.94	44411.61
C3	9054.52	6440.49	20038.51	57383.05	41096.55	39123.59
Mean	8625.37	5661.41	24054.08	69533.60	45913.31	44004.08
Manfla						
C1	8045.42	5628.45	21251.08	60202.26	42879.38	37652.15
C2	9451.35	6132.24	21749.31	45234.15	37546.43	34542.27
C3	9026.65	6521.25	23745.62	44271.36	33164.26	29031.16
Mean	8841.14	6093.98	22248.67	49902.59	37863.36	33741.86
Overall mean	8733.26	5877.70	23151.38	59718.09	41888.34	38872.97
100-Seed weight (100-SW)						
Abidjan						
C1	5.15	3.34	4.61	8.87	7.22	6.41
C2	4.54	2.12	2.56	7.04	5.34	4.87
C3	2.21	2.65	3.25	8.77	6.28	5.43
Mean	3.97	2.70	3.47	8.23	6.28	5.57
Manfla						
C1	5.21	2.13	3.46	12.24	10.21	6.23
C2	4.31	2.08	5.43	12.32	9.23	8.58
C3	3.28	2.26	3.98	11.25	9.35	8.24
Mean	4.27	2.16	4.29	11.94	9.60	7.68
Overall mean	4.12	2.43	3.88	10.08	7.94	6.63
Number of seeds (NS)						
Abidjan						
C1	980.12	659.34	2815.21	5090.94	3726.21	3475.94
C2	857.23	584.06	2027.46	5539.19	3635.26	3404.31
C3	914.28	600.02	2276.27	4834.24	3454.35	3678.76
Mean	917.21	614.47	2372.98	5154.79	3605.27	3519.67
Manfla						
C1	870.21	676.78	1598.17	2654.27	2136.45	2054.25
C2	648.26	466.48	1205.43	3201.65	2457.86	2365.12
C3	764.12	573.36	1068.32	3054.49	2341.37	2221.78
Mean	760.86	572.21	1290.64	2970.14	2311.89	2213.72
Overall mean	839.04	593.34	1831.81	4062.46	2958.58	2866.69
Seed Weight (SY)						
Abidjan						
C1	26.75	10.99	31.56	75.44	52.31	49.38
C2	25.28	11.48	33.24	54.65	44.65	39.25
C3	27.23	13.06	43.25	68.25	62.14	42.31
Mean	26.42	11.84	36.02	66.11	53.03	43.65
Manfla						
C1	25.15	10.54	36.36	60.44	48.34	43.36
C2	24.38	11.22	37.45	55.65	45.21	39.25
C3	27.44	19.25	39.69	70.25	57.14	50.76
Mean	25.66	13.67	37.83	62.11	50.23	44.46
Overall mean	26.04	12.76	36.93	64.11	51.63	44.05

C1: NI215 (P_1) x NI283 (P_2); C2: NI215 (P_1) x NI354 (P_2); C3: NI215 (P_1) x NI106 (P_2)

The same result was also observed at the level of seed yield only in C1 cross in Abidjan and in the three crosses in Manfla. Regarding the number of seeds, the trend was noted in crosses C1 and C2 at Abidjan and C2 at Manfla.

3.4 HERITABILITY

Broad-sense heritability for fruit weight in Abidjan and Manfla, estimated (H^2) is high, respectively 0.77 and 0.69. 100-seed weight also showed high broad-sense heritability in Abidjan and Manfla, which are respectively 0.59 and 0.69 with an average value of 0.64 (Table 4). Broad-sense heritability for the number of seeds per fruit are also high in Abidjan and Manfla, ie 0.69 and 0.66 with an average of 0.68. high level of broad-sense heritability were recorded for seed yield in Abidjan and Manfla, ie 0.58 and 0.54 with an average of 0.56 (Table 4)

Narrow-sense heritability (h^2), obtained during this work presented high values in the sites. The values observed for each of the yield components in Abidjan and Manfla are presented respectively as follows: for fruit weigh 0.70 and 0.63; for 100 seed-weight 0.56 and 0.55; for the number of seeds 0.61 and 0.54; finally for the yield 0.53 and 0.48. The overall means of narrow-sense heritability are 0.63; 0.55; 0.54 and 0.50 respectively for the FW, 100-SW, NS, and SY (Table 4).

Overall broad and narrow-sense heritability are all high at both sites. However, those observed in broad-sense for the yield and its components were all higher than those observed in the narrow-sense

3.5 ESTIMATE OF GENETIC GAIN FROM SELECTION

Estimates of the different average genetic gains for fruit weight is 315.67; 268.54 and 237.94 g for the respective selection intensities of 5, 10 and 20% (Table 5). The mean values of expected genetic gains for seed yield are 8.30; 7.06 and 6.26 g respectively for the selection intensities of 5, 10, and 20%. The means expected genetic gains are respectively 3.63 g; 3.09 g and 2.74 g for 100-seed weight according to the selection intensities of 5; 10 and 20%. Finally, the averages of the expected gains for the number of seeds are respectively 71.44; 60.77 and 53.85 for the respective selection intensities of 5, 10 and 20% (Table 5). Overall, for each trait, the best gains are obtained with a selection intensity of 5%. From this selection intensity, which is both strong and rigorous, it is possible to have individuals with strong performance in crosses because it only takes into account the 5 best individuals in the population.

Table 4. Estimated variances and heritability in *Lagenaria siceraria* crosses for yield and Seed yield components in Abidjan and Manfla

Pedigree	$\sigma^2 (P)$	$\sigma^2 (G)$	$\sigma^2 (E)$	$\sigma^2 (A)$	H^2	h^2
Fruit weight						
Abidjan						
C1	80734.14	65966.33	14767.81	61441.79	0.82	0.76
C2	70483.60	52348.21	18135.39	51461.65	0.74	0.73
C3	57383.05	43490.04	13893.01	34545.96	0.76	0.60
Mean	69533.60	53934.86	15598.74	49149.80	0.77	0.70
Manfla						
C1	60202.26	46158.25	14044.01	39872.99	0.77	0.66
C2	45234.15	30463.60	14770.55	18379.60	0.67	0.41
C3	44271.36	28511.58	15759.79	26347.30	0.64	0.60
Mean	49902.59	35044.48	14858.12	28199.96	0.69	0.55
Overall meane	59718.09	44489.67	15228.43	38674.88	0.73	0.63
100-Seed weight						
Abidjan						
C1	8.87	4.44	4.43	4.11	0.50	0.46
C2	7.04	4.10	2.95	3.87	0.58	0.55
C3	8.77	5.93	2.84	5.83	0.68	0.66
Mean	8.23	4.82	3.40	4.60	0.59	0.56
Manfla						
C1	12.24	8.68	3.57	8.04	0.71	0.66
C2	12.32	8.01	4.31	6.83	0.65	0.55
C3	11.25	7.88	3.38	4.91	0.70	0.44
Mean	11.94	8.19	3.75	6.59	0.69	0.55
Overall meane	10.08	6.50	3.58	5.60	0.64	0.55
Number of seed						
Abidjan						
C1	5090.94	3273.47	1817.47	2979.73	0.64	0.59
C2	5539.19	4165.14	1374.05	4038.81	0.75	0.73
C3	4834.24	3317.53	1516.71	2535.37	0.69	0.52
Mean	5154.79	3585.38	1569.41	3184.64	0.69	0.61
Manfla						
C1	2654.27	1468.44	1185.83	1117.84	0.55	0.42
C2	3201.65	2320.25	881.40	1580.32	0.72	0.49
C3	3054.49	2185.96	868.53	1545.83	0.72	0.51
Mean	2970.14	1991.55	978.59	1414.66	0.66	0.47
Overall mean	4062.46	2788.46	1274.00	2299.65	0.68	0.54
Seed Weight (SY)						
Abidjan						
C1	75.44	50.23	25.22	49.19	0.67	0.65
C2	54.65	28.84	25.81	25.40	0.53	0.46
C3	68.25	36.55	31.70	32.05	0.54	0.47
Mean	66.11	38.54	27.57	35.55	0.58	0.53
Manfla						
C1	60.44	33.34	27.10	29.18	0.55	0.48
C2	55.65	28.03	27.63	26.84	0.50	0.48
C3	70.25	38.73	31.52	32.60	0.55	0.46
Mean	62.11	33.37	28.75	29.54	0.54	0.48
Overall mean	64.11	35.95	28.16	32.54	0.56	0.50

C1: NI215 (P_1) x NI283 (P_2); C2: NI215 (P_1) x NI354 (P_2); C3: NI215 (P_1) x NI106 (P_2)

Table 5. Gain and selection intensity of 5, 10 and 20% of the Yield and its components in Abidjan and Manfla.

Crosses		Selection gain		
		5 %	10 %	20 %
Fruit weight				
Abidjan				
	C1	446.10	379.50	336.25
	C2	399.89	340.19	301.42
	C3	297.51	253.09	224.25
	Mean	379.56	322.89	286.10
Manfla				
	C1	335.25	285.20	252.70
	C2	178.28	151.66	134.38
	C3	258.33	219.76	194.72
	Mean	255.58	217.43	192.65
Overall mean		315.67	268.54	237.94
100-seed weight				
Abidjan				
	C1	2.85	2.42	2.15
	C2	3.01	2.56	2.27
	C3	4.06	3.45	3.06
	Mean	3.31	2.82	2.49
Manfla				
	C1	4.74	4.03	3.57
	C2	4.01	3.42	3.03
	C3	3.02	2.57	2.28
	Mean	3.91	3.33	2.95
Overall mean		3.63	3.09	2.74
Number of seed				
Abidjan				
	C1	86.15	73.29	64.94
	C2	111.95	95.24	84.38
	C3	75.23	64.00	56.70
	Mean	90.79	77.24	68.43
Manfla				
	C1	44.76	38.08	33.74
	C2	57.62	49.02	43.43
	C3	57.70	49.09	43.49
	Mean	53.25	45.30	40.14
Overall mean		71.44	60.77	53.85
Seed weight (SY)				
Abidjan				
	C1	11.68	9.94	8.81
	C2	7.09	6.03	5.34
	C3	8.00	6.81	6.03
	Mean	8.87	7.55	6.69
Manfla				
	C1	7.74	6.59	5.84
	C2	7.42	6.31	5.59
	C3	8.02	6.83	6.05
	Mean	7.75	6.59	5.84
Overall mean		8.30	7.06	6.26

C1: NI215 (P_1) x NI283 (P_2); C2: NI215 (P_1) x NI354 (P_2); C3: NI215 (P_1) x NI106 (P_2)

3.6 NUMBER OF QUANTITATIVE FACTORS

The results showed that the average number of polygenic factors which control fruit weight, yield and 100-seed weight is 2 and 4 for the number of seeds (Table 6). While the highest number of quantitative factors (8.67) was recorded for the number of seeds per fruit from the data of C1 cross at Manfla.

Table 6. Estimate of number of quantitative or polygenic factors of yield and its components in Abidjan and Manfla

Characters	Number of quantitative or poligenic factors (N)											
	FW			SY			100-SW			NS		
Crosses	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Abidjan	1.64	1.93	0.19	1.47	4.16	0.16	1.12	1.13	0.79	5.69	4.01	0.12
Manfla	1.32	0.88	0.94	0.42	4.77	0.04	1.18	1.81	0.76	8.67	0.47	0.09
Mean		1.06			1.02			1.10			3.18	
N	2			2			2			4		

FW: Fruit weight; SY: Seed Yield 100-SW: 100-seed weight; NS: Number of seed; C1: NI215 (P_1) x NI283 (P_2); C2: NI215 (P_1) x NI354 (P_2); C3: NI215 (P_1) x NI106 (P_2)

N: Number of quantitative factors

4 DISCUSSION

According to [27] the hypothesis of the effect of additive genes in the transmission of traits is accepted when the mean expected in F_1 is between the mean values of the crossed parents. However, a heterosis effect was observed for fruit weight and number of seeds in C3 cross. Indeed, average value of the F_1 population is greater than that of the two parents for fruit weigh. This result is consistent with the work of [30] who observed a heterosis effect in the cucurbit *Citrullus lanatus* in terms of fruit weight. These results also confirm the genetic distance of the crossed parents.

Scaling tests performed [21] are not significantly different from zero for all characters. Such results could suggest that the mode of action of genes is not under the control of non-allelic genes. In fact, this result reveals a situation of additivity and dominance in the transmission of genes that govern traits. The significant effect of additivity (d) for the characteristics fruit weight, 100-seed weight and number of seeds in different crosses highlights the action of additive genes in the transmission of these traits. This study is the first of its kind on the oilseed form of *Lagenaria siceraria*, so there is no benchmark against which to conduct a meaningful discussion of results. Nevertheless, it should be noted that similar results were obtained by [28], [29] then [30] on okra in West Africa and by [31] on maize. These authors showed that effect of additive genes is significantly greater than the effect of dominant genes on seed yield, precocity and 100-seed weight in okra and the number of seeds in corn. The importance of the additivity effect suggests that there is an effective possibility of obtaining, by self-fertilization and selection in each generation, genotypes with better phenotypic values.

In the situation where the mode of action of genes is governed by the effect of additive genes, early selection within the segregating population would be possible. Similar results have been reported by [32] who also showed that the effects of additive genes play an important role in the transmission of fruit weight in tomatoes. Insignificant interactions of the parameters i (additivity x additivity), j (additivity x dominance) and l (dominance x dominance) for yield and its components (FW; 100-SW and NS) do not indicate any evidence of interaction between genes non-allelic. This could reflect the additivity of genes in the transmission of these traits. This result is consistent with the result of individual tests A, B and C by [21]. Indeed, these individual tests are not significant. Effects of additive genes were greater than effects of dominant genes and environmental variation. This result is observed for the fruit weight in crosses C1 in Abidjan and C3 in Manfla and for the weight of seeds in cross C1 in Abidjan. The same is true for 100-seed weight in crosses C1 and C3 in Abidjan and in the three crosses in Manfla, then for the number of seeds (C1, C2 in Abidjan and C2 in Manfla). These results could be attributed to the preponderance of the effects of additive genes in the transmission of these traits. In addition, the genetic strengths of these traits can be retained in a single line. Which could be ideal in the creation of pure line. The different trends observed in these traits at the two sites could be linked to environmental variation.

In the study of variance components, estimation of genetic heritability was used to assess the possibilities for improvement by selection. Analysis of results showed that the genetic and additive variances are significantly greater than the environmental variances at both sites. A selection according to the yield components would therefore be beneficial for the continuation of work to improve the plant. These results suggest a weak influence of the environment on the genotype for seed yield and its

various components. However, these results show that the heritability assessed is a function of the environment and the character as observed by [33], [34].

Broad-sense heritability (H^2) ranges from 0.64 to 0.82 for the total fruit weight (FW). This trait revealed an overall mean heritability of 0.73. Similar values of heritability for total fruit weight in Cucurbitaceae *Citrullus lanatus* have been reported by [20], [35] and [19] on the calabash. This value of heritability ($H^2 = 0.73$) explains that 73% of the variation in fruit weight is due to genetic variation. The remaining 27% is thought to be mainly due to environmental factors and probably to other experimental causes. According to Bernard et al. (2002), the environment plays an important role in broad heritability in the expression of the phenotype. High values of broad heritability are recorded for seed yield. This result is similar to those of [19] on calabash, [36] on peanuts and [37] on rapeseed, which reported a high value for broad heritability in yield. These results also indicate that for the most part, variation in yield is influenced by genotype. The 100 seed weight also has high values of broad heritability in Abidjan and Manfla. These results are similar to those of [19] on calabash, [38] on melon, Singh [39] on chickpea and [40] on field beans, who found high values of heritability (H^2) for this character. The number of seeds per fruit also showed a high value for heritability (H^2). These results agree quite well with those of [38] then of [41] for the number of seeds trait respectively in melon and chickpeas. Similar results have been reported by [42] and [43]. The values of heritability in the strict sense (h^2) are also high for the fruit weight, the yield, 100-seed weight and the number of seeds. These heritability values are high and also indicate, that these traits can all be considered as good selection criteria for plant improvement. The reference [20] also found high values for heritability for fruit weight in melon. Data from this study indicate that additive components could play a major role in improving these traits. Also, high heritability values obtained indicate that the selection of these yield components may be effective for improvement of *L. siceraria*. Expected genetic gains in selection depend on the family or cross and the site of experimentation. Based on results obtained in the two sites, it should be possible to improve the production of *L. siceraria* in a few generations of selection through fruit weight, 100-seed weight and the number of seeds, with changes more important for the high selection intensities ($k = 5\%$). That is to say, select from the F_2 populations of C1 cross (NI215 x NI283) which have a wide distribution, the best individuals with low numbers and cross them in order to have significantly improved offspring. However, because of the risk of genetic erosion and the uncertainty of the contribution of the female parent in the genotype at the level of the parent chosen in F_2 , it would be more interesting to orient the selection at a selection intensity of 10%. at the level of BC_1P_2 or in the crossing C1 (NI215 x NI 283) x NI283. Breeding programs that might allow a high rate of recombination can help all of efficient factors needed to obtain the desired genotype, and break down unfavorable links. In addition, due to a relatively low number of quantitative or polygenic factors which appear to regulate fruit weight, seed weight fixation can be achieved within a few generations under high selection intensity. Variations observed in the parameter, number of quantitative factors may be due to the size of the population or to the calculation method adopted. This number of quantitative factors was calculated from variance estimates and may not be very precise. These results show that the yield and its components are quantitative traits controlled by at least two quantitative factors which could be major genes. They are therefore multigenic characters. Variation in environment and the high heritability observed for these traits may require progeny testing using self-pollination of half-sibling families in several settings. This study demonstrated that plant breeders can modify or improve seed yield by focusing on yield components within *L. siceraria* populations through efficient breeding methods. Possible biases could be introduced into this experiment because a large number of plants produced only two fruits. Therefore, it is desirable to perform several crosses for a better estimate of the variability in order to better assess the heritability of the yield components. It should also be noted that the drop of many female flowers during the experiment must have influenced the yield per plant in this work. However, the proposal of a recurrent selection scheme with cyclic intercrosses between families selected on the basis of yield components, would best suit a strategy for effective improvement of *L. siceraria* populations. This technique of improvement by recurrent selection must be applied for an improvement of the productivity of the plant through each of the yield components.

5 CONCLUSION

All of the results obtained showed genetic variability in yield and its components. One of the important results obtained is the fact that all the F_1 averages are between the averages of the two crossed parents. The implications of this result were shown through the scaling test which revealed that the transmission of genes is not under the control of non-allelic genes. However, the significant effect of additivity (d) observed for the yield components revealed that gene transmission is under the control of the action of additive genes. The broad and narrow heritability values of yield components are high. These results clearly demonstrate the relevance of the choice of weight of fruit, weight of 100 seeds and number of seeds as good selection criteria for improvement of the plant. Observation of the number of quantitative factors showed that the yield and its components are multigenic traits. Expected genetic gain in selection for each trait is greater when the selection intensity is high (5%). However, recurrent selection for population improvement should be an efficient selection method, although the smallest gains are obtained from the lower intensity of selection (20%).

REFERENCES

- [1] Muralidharan B., Kanthaswamy V. and Sivakumar B., Correlation and path analysis studies in bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standl.). Published in Proc. of National Symposium on Abiotic and Biotic stress management in Vegetable crops. *Indian Society of Vegetable Science*, 69, 2013.
- [2] Morimoto Y., Maundu P., Fujimaki H., & Morishima H., Diversity of landraces of the white-flowered gourd (*Lagenaria siceraria*) and its wild relatives in Kenya: fruit and seed morphology. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52, 737–747, 2005.
- [3] Taffouo V.D., Djotie N.L., Kenné M., Din N., Priso J.R., Dibong S. and Akoa A., Effects of salt stress on physiological and agronomic characteristics of three tropical cucurbit species. *Journal of Applied Biosciences* 10, 434 - 441, 2008.
- [4] Xaba P., Croeser P., The calabash gourd. Kirstenbosch National Botanical Garden. Veld and Flora, South Africa, 2011.
- [5] Chimonyo V.G.P., Modi A.T., Seed performance of selected bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl). *American Journal of Experimental Agriculture* 3 (4): 740-766, 2013.
- [6] Loukou A.L., Gnagri D., Djè Y., Kipré A.V., Malice M., Baudoin J-P. & Zoro Bi I.A., Macronutrient composition of free cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology* 6 (5): 529-533, 2007.
- [7] Yao K.A.G., Bonny B.S., Gore B.B.N., Koffi K.K., Akaffou, D.S and Zoro Bi I.A., Agro-morphological Variability of Bottle Gourd Accessions *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl in Côte d'Ivoire. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*. 5 (7): 129-143, 2019.
- [8] Yao K.A.G., Koffi K.K., Ondo-Azi S.A., Baudoin J-P., and Zoro Bi I.A., Seed yield component identification and analysis for exploiting recombinative heterosis in bottle gourd. *International Journal of Vegetable Science* 21, 441-453, 2015.
- [9] Zoro Bi I.A., Koffi K.K. & Djè Y., Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbites consommées en sauce en Afrique de l'Ouest: *Citrullus sp.*, *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. *Biotechnol Agronomy Society Environment* 7 (3-4), 189-199, 2003.
- [10] Achigan-Dako E.G., Fuchs J., Ahanchede A. & Blattne F.R., Flow cytometric analysis in *Lagenaria siceraria* (Cucurbitaceae) indicates correlation of genome size with usage types and growing elevation. *Plant Systematics and Evolution* 276: 9-19, 2008.
- [11] Koffi K.K., Anzara G.K., Malice M., Djè Y, Bertin P., Baudoin J-P., & Zoro Bi I.A., Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. from Côte d'Ivoire. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 13 (2): 257-270, 2009.
- [12] Lacarpe J.M., Gawrysiak G. & Cao T.-V., Mapping QTLs for traits related to phenology, morphology and yield components in an inter-specific *Gossypium hirsutum* × *G. barbadense* cotton RIL population. *Field Crops Research* 144: 256–267, 2013.
- [13] Andersen J.R. & Lübberstedt T., Functional markers in plant. *Trends Plant Science* 8: 554-560, 2003.
- [14] Piepho H-P., & Möhring J., Computing heritability and selection response from unbalanced plant breeding trials. *Genetics* 177: 1881–1888, 2007.
- [15] Holland J.B., Nyquist W.E., & Grevantes-Martinez C.T., Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. In: Janick J (Ed): *Plant breeding review*, pp 9-122, 2003.
- [16] Xiao J., Li J., Yuan L. & Tanksley S.D., Dominance is the major genetic basis of heterosis in rice as revealed by QTL analysis using molecular markers. *Genetics* 140: 745–754, 1995.
- [17] Xing Y., Tan Y. & Hua J., Characterization of the main effects, epistatic effects and their environmental interactions of QTLs on the genetic basis of yield traits in rice. *Theoretical and Applied Genetics* 105: 248–257, 2002.
- [18] Holland J.B., Genetic architecture of complex traits in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 156–161, 2007.
- [19] Amangoua N.F., Koffi K.K., Baudoin J-P. and Zoro Bi I.A., Heritability and number of genes controlling seed yield in bottle gourd. *African Crop Science Journal* 26 (2), 245 - 258, 2018.
- [20] Gusmini G. & Wehner T.C., Heritability and Genetic Variance Estimates for Fruit Weight in Watermelon. *Horticultural science* 42 (6): 1332–1336, 2007.
- [21] Mather K., Biometrical genetics. The study of continuous variation. Dover publication., inc., London, 1949.
- [22] Mather K., & Jinks J.L., Biometrical Genetics. The study of Continuous Variation. Cornell University Press, Ithaca, NewYork, 1971.
- [23] Robinson H.F., Comstock R. E. & Harvey P. H., Genetic variances in openpollinated varieties of corn. *Genetic* 40, 45-60, 1955.
- [24] Dudley JW & and Moll RH., Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sciences* 9, 257-262, 1969.
- [25] Warner J.N., A method for estimating heritability. *Agronomy Journal* 44, 427-430, 1952.
- [26] Wright S., The genetics of quantitative variability. S. Wright edn, University of Chicago Press, Chicago, IL, 373-420, 1968.
- [27] Mather K., & Jinks J.L., Biometrical Genetics. The study of continuous variation, Chapman and Hall Ed. London, NY; 1982.

- [28] Kilkarni R.S., Rao T.S., & Virupakshappa K., Genetics of importance yield components of bhindi. *Indian Journal Genetics and Plant Breeding* 38, 160-165, 1978.
- [29] Adeniji O.T. & Kehinde O.B., Genetic variability and heritability of seed yield components in West african okra (*Abelmoschus caillei* [a. Chev] stevels). *Asset Series A 3* (4): 81-89, 2003.
- [30] Adeniji & Olawale T., Heritability and Number of genes governing pod yield in West African Okra (*Abelmoschus csillei* (A.chev) Stevels. *Agricultural Journal* 2 (4), 483-486, 2007.
- [31] Singh Y., Mittal P., Katoch V., & Floriculture DoVsa, Genetic variability and heritability in turmeric (*Curcuma longa* L.). *Himachal Journal of Agricultural Research* 29 (1&2) 31-34, 2003.
- [32] Zdravkovic J., Pavlovic N., Girek Z., Brdar-Jokanovic M., Savic D., Zdravkovic M., & Cvikic D., Generation mean analysis of yield components and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Pakistan Journal of Botany* 43 (3), 1575-1580, 2011.
- [33] Akbar M., Shakoar M.S., Hussain A. & Sarwar M., Evaluation of maize 3-way crosses through genetic variability, broad sens heritability, characters association and path analysis. *Journal Agriculture Research* 46 (1): 39-45, 2008.
- [34] Waqar-Ul-Haq, Malik M.F., Rashid M., Munir M. & Akram Z. Evaluation and estimation of heritability and genetic advancement for yield related attributes in wheat lines. *Pakistan Journal of Botany* 40 (4): 1699-1702, 2008.
- [35] Adjoumani K., Kouonon L. C., Koffi K. G., Bonny B. S., Brou K.F., Akaffou D.S., et Sie R. S., Analysis on genetic variability and heritability of fruit characters in *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumura and Nakai (Cucurbitaceae) cultivars. *Journal of Animal & Plant Sciences* 28 (1) 4340-4355, 2016.
- [36] Ali N & Wynne J.C.,. Heritability estimates and correlation studies of early maturity and other agronomic traits in two crosses of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Pakistan Journal of Botany* 26 (1): 75-82, 1994.
- [37] Ali N., Javidfar F., Elmira J.Y., & Mirza M.Y., Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany* 35 (2), 167-174, 2003.
- [38] Ogbonna P.E. & Obi I.U., Variability of yield and yield components in «Egusi» melon. *African Crop Science Journal* 18 (3): 107-113, 2010.
- [39] Singh, M., Genotypic and phenotypic correlations in plant traits. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 1991.
- [40] Toker C., Estimates of broad-sense heritability for seed yield and criteria in faba bean (*Vicia faba* L.). *Hereditas* 140, 222-225., 2004.
- [41] Saleem M., Shahzad K., Javid M., & Abdul-Ur-Rauf S., Heritability Estimates for Grain Yield and Quality Characters in Chickpea (*Cicer arietinum*). *International journal of agriculture & Biology* 4 (2) 275-276, 2002.
- [42] Khalid M., khalil I.H., Tullah F., Bari A., Tahir M., Ali S., Anwar S., Ali A., & Ismail M., 2011. Assessment of heritability estimates for some yield traits in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 43 (6), 2733-2736.
- [43] Bhatt G.M., Variation of harvest index in several wheat crosses. *Euphytica* 25 (1), 41-50, 2004.

Hydrodynamique sédimentaire des plages adjacentes à l'embouchure d'Assinie (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)

[Sedimentary hydrodynamics of the beaches adjacent to the mouth of Assinie (South-Eastern of Côte d'Ivoire)]

Casimir Beh Kpan, Paul Yao Assale, Aristide François Assiè Kouao, and Sylvain MONDÉ

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Laboratoire Géologie Environnement Sédimentaire, Ressources Minérales et Énergétiques, 01 BPV 34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The aim of this work is to characterize the sedimentary hydrodynamics responsible for the morphological evolution of the beaches adjacent to the Assinie Passe. We opted a posteriori for a sedimentological approach based on granulometric analysis, for which fifty-four sand samples were taken from the three levels of the beach foreshores at varying depths, following four profiles of the two squares. These samples, subjected to physical and numerical processing, yielded graphs whose analysis reveals three granulometric stocks transported by rolling, graded suspension and saltation from coastal dunes and rivers. These predominantly fine sandy facies are « well classified », with acuity indices in the mesocurtic, platycurtic and rarely leptocurtic intervals. This approach shows that the beaches adjacent to the Passe of Assinie are governed by a relative sedimentary hydrodynamics, dominated by the combination of marine currents (tide and swell) and the contribution of fluvial currents. Knowledge of the sedimentary hydrodynamics of beaches adjacent to river mouth is fundamental to the monitoring of coastal erosion and the sustainable management of the evolving coastal environment.

KEYWORDS: sedimentary hydrodynamics, tide, swell, acuteness, foreshore.

RESUME: Ce travail a pour objectif de caractériser l'hydrodynamisme sédimentaire responsable de l'évolution morphologique des plages adjacentes à la passe d'Assinie. Nous avons choisi à postériori, une approche sédimentologique par l'analyse granulométrique, pour laquelle, cinquante-quatre échantillons de sable ont été prélevés aux trois niveaux des estrans à des profondeurs variables suivant quatre profils des deux plages. Ces échantillons, soumis aux traitements physique et numérique ont fourni des graphiques dont l'analysable révèle trois stocks granulométriques transportés par roulement, suspension gradée et saltation en provenance des dunes côtières et rivières. Ces faciès sableux majoritairement fins, sont « bien classé » avec des indices d'acuité se situant dans les intervalles mésocurtiques, platycurtiques et rarement leptocurtique. Il ressort de cette approche, que les plages adjacentes à la passe d'Assinie sont gouvernées par un hydrodynamisme sédimentaire relatif, dominé par la combinaison des courants marins (marée et houle) et l'apport du courant fluvial. La connaissance de l'hydrodynamisme sédimentaires des plages adjacentes à une embouchure, est fondamentale dans le suivi de l'érosion côtière et la gestion durable de l'environnement évolutif côtier.

MOTS-CLEFS: hydrodynamisme sédimentaire, marée, houle, acuité, estran.

1 INTRODUCTION

Les plages font partie d'un ensemble hydrosédimentaire complexe au sein duquel les paramètres géomorphologiques, hydrodynamiques et biologiques interagissent pour composer un système unique et propre à chaque plage [1]. Ces paramètres des plages dépendent de la configuration de la côte et de l'action de la mer et du vent (vagues, courants côtiers) qui caractérisent cet ensemble [2]. Ces caractéristiques naturelles déterminent l'hydrodynamique et l'évolution morphologique de toute plage à des échelles de temps et d'espace variées [3]. Soumis à cette forte activité hydrodynamique, les plages changent régulièrement de texture et de morphologie. Dans cette cellule littorale, la zone de l'estran joue un rôle très important sur la stabilité et sur l'évolution de toute la zone côtière [3]. En Côte d'Ivoire, les plages et particulièrement la zone de l'estran, ont fait l'objet de plusieurs études entre autres, [4], [5], [6], [7]. Toutes ces études ont pour facteur commun, la compréhension de l'écosystème littoral pour une gestion durable de la zone côtière vulnérable. Dans cette vision commune, le littoral et particulièrement les plages d'Assinie pose problème du fait que, situé dans une zone longtemps considérée comme stable, il montre actuellement des signes inquiétants d'érosion [8] et de variation morphologique entraînant la migration du grau. En effet, le segment Ouest a particulièrement enregistré un taux moyen de recul de 1,85 m/an, avec la destruction des infrastructures, notamment des routes, des habitats et de la perte d'activités économiques de 1990 à 2007 [8], contrairement à celui de l'Est qui a subi un engraissement d'une vitesse moyenne de 3,5 m/an au cours de cette même période [9] et jusqu'à ce jour. Par ailleurs, il faut noter qu'Assinie a une plage basse régulièrement submergée par les vagues de grande vive-eau [10]. Cette situation dans laquelle, érosion, engraissement et submersion se succèdent en période de temps agité et de beau temps [9], semble si préoccupante que des experts ivoiriens préparent un plan de protection de cette zone contre les aléas littoraux [8]. Les réalités observées de cette apparence contradictoire [8] du littoral d'Assinie, et en raison de son importance économique et environnementale, il est impératif que l'hydrodynamique sédimentaire de cette zone côtière soit explorée dans une perspective de gestion et de conservation durable, comme [11] l'a suggéré pour littoral charentais. Ainsi, la préservation des aptitudes naturelles de ces milieux, tout en assurant leur meilleure gestion et exploitation [12], requiert la compréhension des mécanismes hydrodynamiques dont ils sont le siège. Cette étude a donc pour objectif de caractériser l'hydrodynamisme sédimentaires des plages adjacentes à l'embouchure d'Assinie, par une approche granulométrique. Depuis le siècle dernier, les sédimentologues ont étudié et déterminé les paramètres physiques des sédiments par l'analyse granulométrique [13]. Car à partir des changements spatiaux des indices granulométriques des sédiments (le grain moyen, le classement et l'asymétrie), il est possible selon [3] de décrire l'hydrodynamisme local et d'identifier le sens du transport épisodique de sédiments. Selon [13], ces caractéristiques sont liées à la source ou origine, à la nature et sont affectées par le transport et l'environnement de dépôt du sédiment à déterminer.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 PRÉSENTATION DES PLAGES ADJACENTES À LA PASSE D'ASSINIE

L'embouchure d'Assinie est l'ouverture de la passe d'écoulement hydraulique des eaux de la mer du Golfe de Guinée vers la lagune Aby, et des eaux douces en provenance des cours d'eau Tanoé et la Bia vers la mer. La Figure 1 ci-dessous présente la situation géographique et la localisation de la passe, prolongeant la mer sur le continent dans le bassin sédimentaire à l'extrême Sud-Est de la Côte d'Ivoire. En amont, ces deux cours d'eau jettent leurs contenus hydrosédimentaires dans la lagune et en aval, la mer communique avec cette même lagune à travers la passe au cours des cycles de marée [14]. Elle couvre une superficie d'environ 1,52 km², un périmètre de 8,74 km (passe unique) et est située dans une plaine littorale du bassin sédimentaire ivoirien, constituée de cordons sableux anciens. Le climat régnant sur la zone d'étude est de type équatorial de transition avec quatre saisons engendrées par le front intertropical [15], [16], [14]. De Décembre à fin Mars, nous avons la grande saison sèche; d'Avril à mi-mai, on a la période de transition; de mi-mai à mi-juillet, on a la période grande saison des pluies [15], [16], [14], [17].

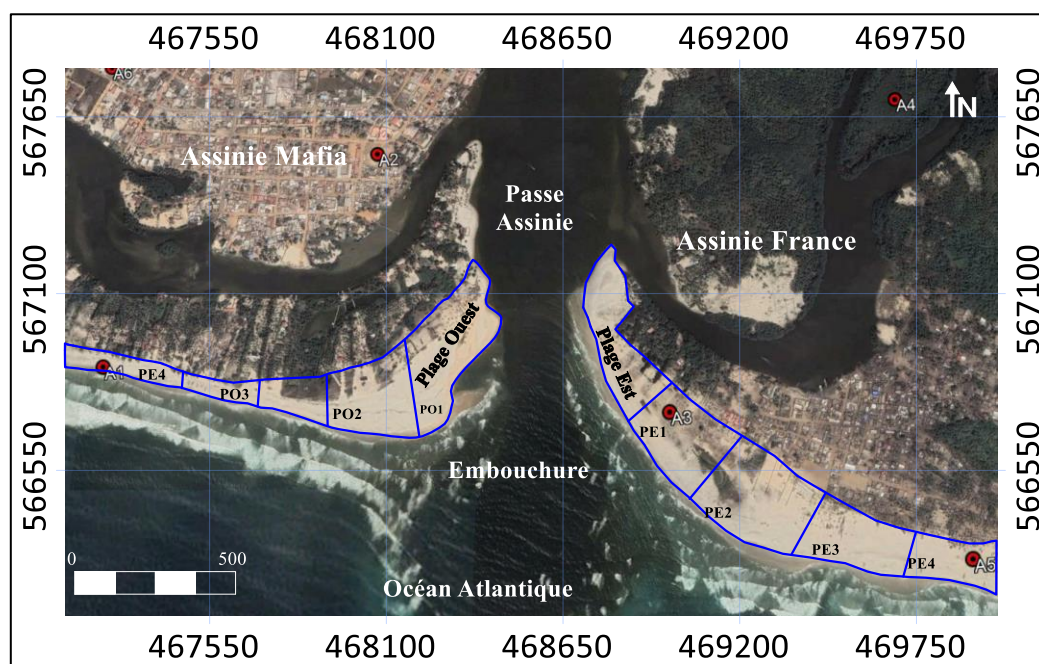


Fig. 1. Zone d'étude Google Earth, NOA. CNES/Attribus [18]

2.2 ECHANTILLONNAGE

Les échantillons sableux de cette étude, ont été prélevés mécaniquement à l'aide d'une tarière manuelle au cours d'une campagne pendant un cycle de marée. Sur ces deux segments de plage de part et d'autre de l'embouchure de la Figure 1 ci-dessus, cinquante-quatre (54) échantillons de sédiments ont été prélevés sur un (01 m) d'épaisseur à trois (03) niveaux de l'estran, suivant quatre (04) profils séparées d'un (01) kilomètre.

2.3 ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Deux traitements ont précédé l'analyse granulométrique et l'interprétation des résultats:

- Le traitement physique dit préparatif consiste à un lavage à l'eau douce et un tamisage à sec du sable dans une colonne de tamis montée sur un tamiseur à vibration. Le tamisage porte sur une fraction de 100 g et dure dix (10) minutes sur le tamiseur. Les refus des différents tamis étant soigneusement recueillis et pesés. Les masses des fractions obtenues par peser sont soumis au traitement numérique.
- Le traitement numérique utilise des outils informatiques plus ou moins sophistiqués, élaborés par AFNOR sous EXCEL. Le complément Excel, GRADISTATv8.xls, a donc permis de calculer tous les paramètres et indices granulométriques selon [19], [20], [21].

2.4 MODE DE TRANSPORT DES SÉDIMENTS

Le diagramme de Passega [22], connu sous le nom de l'enveloppe de Passega permet de caractériser la relation entre la taille d'une particule, son mode de transport et les conditions de son dépôt. Dans ce diagramme, l'ordonnée, le premier percentile est la dimension à laquelle 99% du sédiment sont inférieurs dans une fréquence cumulative décroissante et l'abscisse est la valeur de la médiane (en μm) de la distribution granulométrique. Les cinq (05) portions de l'enveloppe permettent de distinguer les modes de transport des sédiments des plages d'Assinie. La portion (NO), représente les grains grossiers transportés par saltation ou roulement, les portions (OP), (PQ), (QR), indiquent le domaine sableux aux particules moyennes transportées par saltation, la portion (RS), représente un transport en suspension gradée des particules fines.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 PARAMÈTRES ET INDICES GRANULOMÉTRIE DU SABLE DES PLAGES

3.1.1 MOYENNE GRANULOMÉTRIQUE DU SABLE DES PLAGES

Le sable des plages d'Assinie présente une granulométrie globalement fine en surface avec une taille moyenne inférieure à 250 micromètres (Figure 2), telle que révélée par [8].

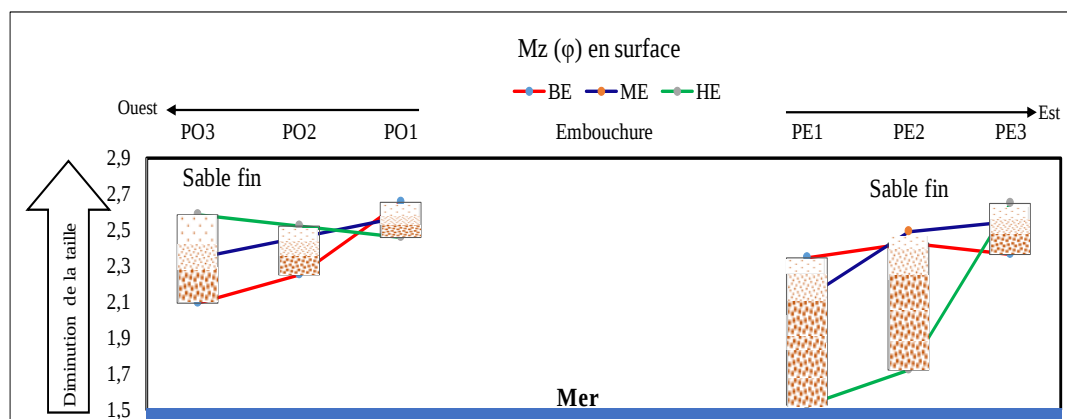


Fig. 2. Répartition schématique de la moyenne granulométrique du sable des plages

Ce fait majeur qui témoigne que le comportement du mélange des grains serait dominé par la fraction fine comme dans [23] révèle d'autres caractéristiques pour des études plus détaillées prenant en compte les échantillons d'une épaisseur conséquente des segments de plages adjacentes à l'embouchure. Ainsi, plus proche de l'embouchure, la taille des grains augmente du bas au haut estran. Et plus, on s'éloigne de l'embouchure, la tendance change de sens, le grain moyen devient plus en plus petit du bas au haut estran. Ces changements spatiaux des indices granulométriques des sédiments à l'estran de plages ont également été mis en évidence par [3]. Il ressort donc qu'à proximité de l'embouchure, les particules de grande taille sont transportées plus loin que les fines, alors que, plus on s'éloigne de l'embouchure, les particules marines sont transportées et déposées suivant un gradient décroissant du diamètre. En effet, on a une augmentation de la taille des grains de 2,6 à 2,1 (ϕ), au bas et mis estran et une diminution de 2,4 (ϕ) à 2,6 (ϕ) au haut estran de la passe vers l'Ouest alors que vers l'Est, la taille des grains augmente à tous les niveaux de l'estran. Afin de connaître cette variation granulométrique à l'échelle saisonnière, l'analyse sur un mètre (1m) d'épaisseur, fournit des courbes aux allures presque uniformes présentées par la Figure 3 ci-dessous.

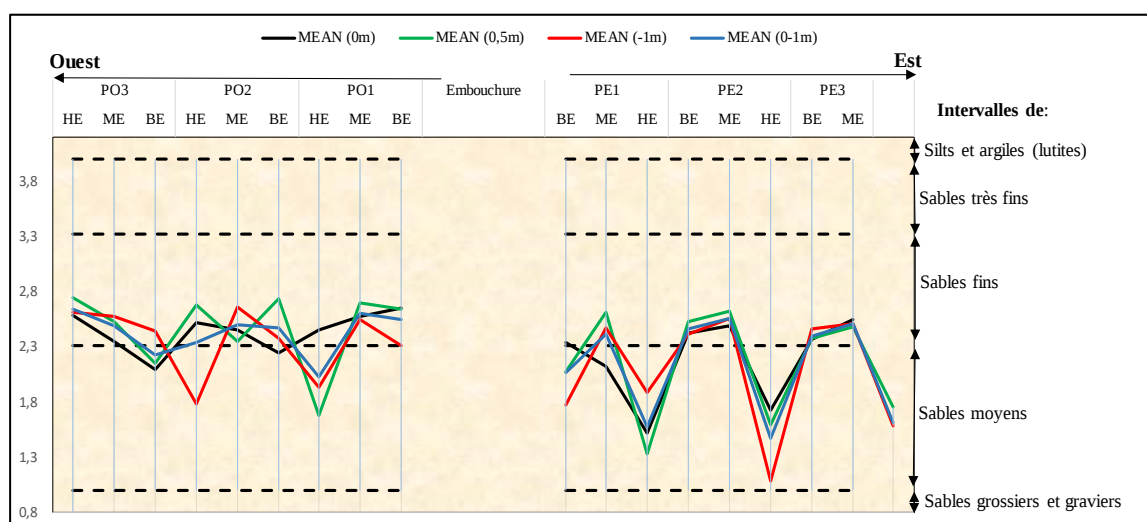


Fig. 3. Répartition de la moyenne granulométrique du sable des plages

L'hydrodynamisme naturel faible, régulier presque uniforme à court terme (pour l'épaisseur considérée) serait à l'origine d'une distribution spatio-temporelle régulière avec des grossiers en haut de pente faible aux environs de la passe. Par ailleurs, l'existence des grains plus grossiers (1,5 ϕ) plus proche de l'embouchure à l'Est qu'à l'Ouest traduirait que cet hydrodynamisme naturel au niveau de l'embouchure serait fortement perturbé par un second facteur de forte énergie (la houle) plus orienté vers l'Est. Aussi, la constance et la régularité du courant de marée, laisse penser que le segment Est, serait soumis à une troisième composante continentale fluviale. Le régime fluvial serait à l'origine de la différenciation de tendance entre ces deux segments de plage. Ce qui aurait pour conséquence, une inégale répartition de l'énergie dissipée et de stock sédimentaire au niveau des deux segments de plage. Les variations contraires par endroit, seraient liées aux sédiments ruisselés des dunes en amont des plages. Abordant dans le même sens [3] affirme qu'au niveau des plages, il y a une action différenciée de l'hydrodynamisme, dans le temps et dans l'espace en fonction de la marée. Ce qui veut dire que, les embouchures seraient des lieux de grande importance hydrodynamique dans toute zone littorale. Un lieu de consommation hydro-énergétique dont le disfonctionnement impacterait plus ou moins toute la zone littorale. Dans notre zone d'étude, les eaux douces qui transitent par l'estuaire Aby constitueraient de véritables sources pourvoyeuses de sédiments terrigènes au profit du delta de jusant et vraisemblablement des eaux ghanéennes par le côté Est. Par ailleurs, le long des profils plus éloignés de la passe, la taille des grains diminue fortement du mis au haut estran et augmente légèrement du bas au mis estran. De telles tendances permettent de déduire que l'hydrodynamisme est marqué par une diminution progressive d'intensité lorsqu'on s'éloigne de la passe des deux côtés, du bas au mi estran, contrairement au haut estran. Un courant régulier entraînant les grains de moins en moins fins vers le haut. Ce courant de transport et de dépôt édifierait des séries de progradation dans le temps et dans l'espace à l'Ouest et de rétrogradation à l'Est proche de l'embouchure. Cela explique l'importance de l'estran des plages adjacentes à l'embouchure sur la stabilité et l'évolution de la zone littorale telle qu'affirmé par [3]. Cette importance s'explique par le fait que, dans cette partie, les houles, la marée, les courants et le transport sédimentaire sont mutuellement dépendants et interagissent pour façonner la plage à des échelles de temps et d'espace variées selon [24] dans [3]. Ainsi, sous l'action de ces facteurs hydrodynamiques, le sable est arraché du fond des hydrosystèmes côtiers, transporté par l'écoulement puis redéposé en permanence au niveau des plages adjacentes à l'embouchure. Ainsi, soumis à cette forte activité hydrodynamique de ces facteurs tels que révélés par [3], la plage change régulièrement de texture et de morphologie en fonction des saisons marines et continentales. Dans ce contexte hydrodynamique, l'aptitude des sédiments à être remobilisés dépend de la distribution granulométrique des grains au niveau des zones immergées. Et l'action des courants (flot et jusant) lors des processus de transit modifie la distribution du sédiment initial par enlèvement d'une partie plus ou moins importante des grains qui le constituent telle que décrit par [25] dans [3].

3.1.2 INDICE DE CLASSEMENT DU SABLE DES PLAGES

Tout comme la moyenne granulométrique, l'indice de tri ou de classement ou Sorting index (σ_i) renseigne également sur l'hydrodynamisme lors du dépôt du sédiment. Nous l'avons utilisé dans le but de confirmer les résultats précédents ou de fournir d'autres informations complémentaires. En effet, le tri granulométrique des sables est fonction des pentes et de l'action des facteurs qui transportent les sables selon [26]. Les faciès sableux à l'estran des plages adjacentes à la passe d'Assinie, présentent différents intervalles de classements selon la situation du point d'échantillonnage par rapport à l'embouchure et la mer sur la Figure 4.

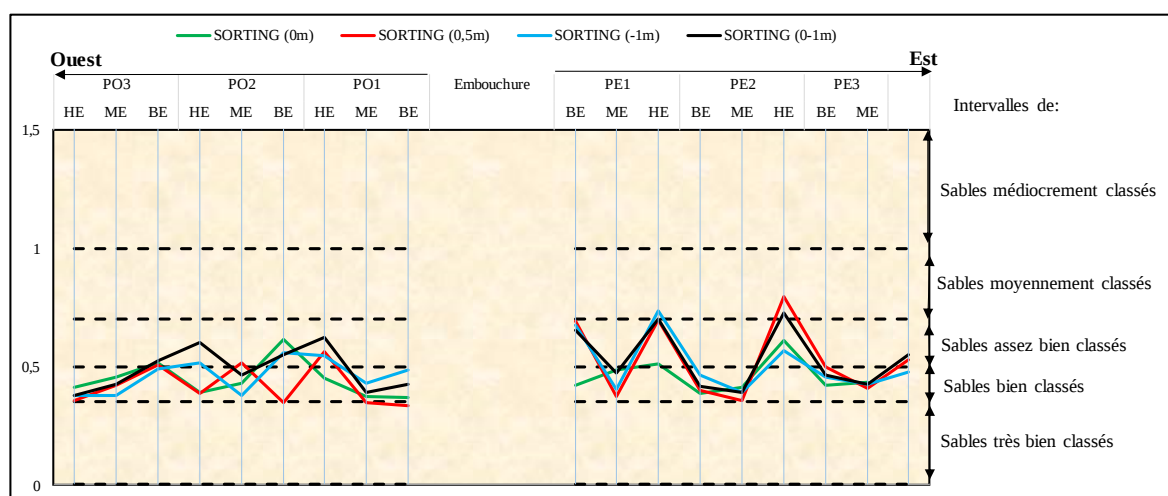


Fig. 4. Intervalles de classement du sable des plages d'Assinie

À l'Est, les sables sont « moyennement classés » proche de l'embouchure au haut estran et « assez bien classés », « bien classés » loin de l'embouchure du bas au mi estran. Les sables du segment Ouest, sont « bien classés » et « assez bien classés » à tous les niveaux de l'estran tel que mis en évidence par [27], [10], [14]. La corrélation avec la variation du grain moyen montre que les sables « moyennement classés » au haut estran du premier et deuxième profil à l'Est sont grossiers alors que les particules fines et moyennes sont classées dans l'intervalle « bien classées » à « assez bien classés ». Ces classements sont caractéristiques d'un environnement peu agité à l'origine d'un hydrodynamisme dominé par un courant régulier et faible et rarement fort à l'Est de la passe (Figure 5). Le segment de plage Est, serait en constance engraissement contrairement au segment Ouest en équilibre morphologique tel que mis en évidence par [9]. Ces remplissages sédimentaires seraient aussi liés à l'absence des facteurs d'hétérométrie des particules sédimentaires qui concentreraient des particules des toutes tailles dans les plages environnantes de la passe. Les estrans des plages d'Assinie sont constitués de remplissages sédimentaires naturels ne témoignant pas d'impact anthropiques majeurs. Cette régularité de courant faible, moyen et rarement fort, résumé par la Figure 5, favoriserait la sédimentation de fortes épaisseurs de sédiments au-delà d'un mètre d'épaisseur. Ces résultats confirment en partie ceux de [26], qui dit qu'en fonction du tri granulométrique à l'estran des plages, les plus grossiers sont transportés vers les côtes et les sables les plus fins sont évacués vers le large par le courant sagittal lors de déferlement. Par ailleurs, le classement moyen des grossiers à l'est de l'embouchure au haut estran et de plage, laisse penser que cette fraction grossière dans les sédiments bien classés, serait d'origine fluviale au cours des périodes de crue.

Description									
Ouest									Est
PO3			PO2			PO1			
HE	ME	BE	HE	ME	BE	HE	ME	BE	
Courant fort			Courant fort			Courant faible			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier			Courant régulier			Courant régulier			
Courant régulier									

Un asymétrique vers les fins, un presque symétrique et un asymétrique vers les grossiers (grains moyens dans notre cas). En outre, une quatrième tendance exceptionnelle avec un très-très asymétrique vers les grossiers caractérise le sable du haut estran des profils éloignés à l'Est de l'embouchure. À l'ouest, le sable d'une épaisseur d'un mètre (01m) présente dans l'ensemble un Skewness positif proche de l'embouchure. Ici, la fraction grossière (sable moyen dans notre cas) est plus importante donc mieux classée que la fraction fine. Et un Skewness négatif plus loin, excepté au mis et haut estran du premier profil où la fraction fine est mieux classée que la fraction grossière (sable moyen dans notre cas). Ces valeurs de Skewness se situent dans trois (03) intervalles. Suivant premier profil proche de l'embouchure à l'Ouest, les fractions fines et grossières sont classées symétriquement par rapport à la médiane pour les sables du bas et mis estran, excepté le haut estran qui a une symétrique vers les grossiers. Ensuite, suivant le deuxième profil à l'Oust, on a un asymétrique vers les fins au bas estran, puis un presque symétrique au mis et haut estran. Enfin, suivant les derniers profils, on a un « très asymétrique vers les grossiers » au bas estran et un asymétrique vers les grossiers au mis et haut estran. La fraction fine est mieux classée que la fraction grossière à l'estran. À l'Est, le sable d'une épaisseur d'un mètre (01m) présente dans l'ensemble un Skewness négatif à tous les niveaux de l'estran. Ces différentes valeurs de Skewness se situent principalement dans deux intervalles. Suivant le premier profil, on a un asymétrique vers les grossiers (sable moyen) au bas estran, un presque symétrique au mis estran, et un asymétrique vers les grossiers (sable moyen) au haut estran. Suivant le deuxième profil, on a un asymétrique au bas et haut estran, intercalé par un symétrique au mis estran. Enfin, suivant les profils plus éloignés de l'embouchure, on a un asymétrique au bas et mis estran et un très-très asymétrique au haut estran. En surface, le faciès sableux est presque homogène à proximité de l'embouchure avec un assemblage de grains moyens et fins. Mais lorsqu'on s'éloigne de l'embouchure, il se produit une variation brusque d'asymétrie vers les fins et vers les grossiers au niveau des profils éloignés, du bas au mis estran. Ainsi, à l'Est, d'un assemblage moyens-fins proche de l'embouchure, on passe brusquement à un assemblage grossiers-fins du mis au haut de plage. Les grossiers sont allés plus loin que les fins. Cela est impossible s'il s'agit d'un même courant de transport selon la loi de Stock et Rivière [29]. Nous pouvons donc déduire un changement brusque dans l'hydrodynamisme sédimentaire dû à un courant plus fort qui s'ajouterait au courant régulier à cet endroit. L'analyse des autres courbes ne donne pas d'explications contraires, aux changements brusques de conditions hydrodynamiques en cet endroit. Les plages à proximité de l'embouchure sont des zones soumises temporellement aux changements brusques dans les conditions hydrodynamiques sédimentaires. Les changements de tendance de part et d'autre de l'embouchure seraient dus aux facteurs de fortes énergies (houles) qui s'ajouteraient et/ou se combineraient aux courants réguliers (de marée) dans la zone. Cela est à l'origine du régime variable de vent qui engendrerait des vagues de vent, de houle et de la combinaison des deux dans cette région. Ces facteurs, quand ils se combinent aux courants de marées déjà régulier, sont à l'origine d'un hydrodynamisme fort et régulier sur les plages et dans la passe. En pleine mer, leurs actions ont deux effets au niveau des plages à proximité d'une embouchure. Quand ils s'additionnent aux courants de marées, on aura une asymétrie irrégulière à sens unique vers les grossiers (bas-mis-haut estran). Ces sédiments seraient bien classés. Quand ils ne s'additionnent pas aux courants de marées, on aura une discordance d'asymétrie. Le long d'un profil à l'estran, on a une asymétrie vers les fins au bas estran et une asymétrie vers les grossiers à partir du mis estran. C'est ce qui expliquerait la variabilité des allures de courbes sur une épaisseur d'un mètre (1m). Cette variabilité des allures de courbes d'asymétrie traduit ainsi la variabilité morphologique des embouchures et de sources sédimentaires diverses. Selon [28], les variations d'indices d'asymétrie de grossières aux fines à l'estran des plages témoignent l'influence de plusieurs sources d'apports sédimentaires avec des courants de différentes intensités mais généralement faibles dans le milieu de dépôt. Ces facteurs dominants gouvernent le fonctionnement et l'évolution des embouchures de types hydrodynamiques telle que celle d'Assinie. Ces résultats, corroborent ceux de [30] dans [28] selon lesquels, les brusques changements de l'énergie et de la compétence du courant d'écoulement à l'estran des plages, provoquent l'alternance de niveaux sableux et un mélange de sédiments fins, moyens et grossiers.

3.1.4 INDICE D'ACUITÉ DU SABLE DES PLAGES

L'indice d'acuité ou Kurtosis (KG) est l'indice du mode d'une série statistique représentée sous forme de courbe de fréquences. Il mesure l'angulosité ou l'allure de la courbe des fréquences. Parmi plusieurs auteurs qui ont établi des formules de calcul de cet indice, nous avons utilisé celle en unité phi (ϕ) comme [29]. Ils ont caractérisé trois principaux intervalles de valeurs de cet indice: les intervalles de [0.90 à 1.11], de [1.11 à 1.50] et de [0.67 à 0.90] définissent des courbes respectivement mésocurtique (ou mésokurtique), leptocurtique et platicurtique. Le mode granulométrique étant la classe qui a plus d'effectifs ou d'éléments exprimés sous forme de fréquences (en %), les distributions granulométriques autour du mode correspondraient respectivement aux distributions, ni dispersée, ni concentrée; concentrée et dispersée. La Figure 7 ci-dessous montre les indices d'acuité du sable des plages d'Assinie.

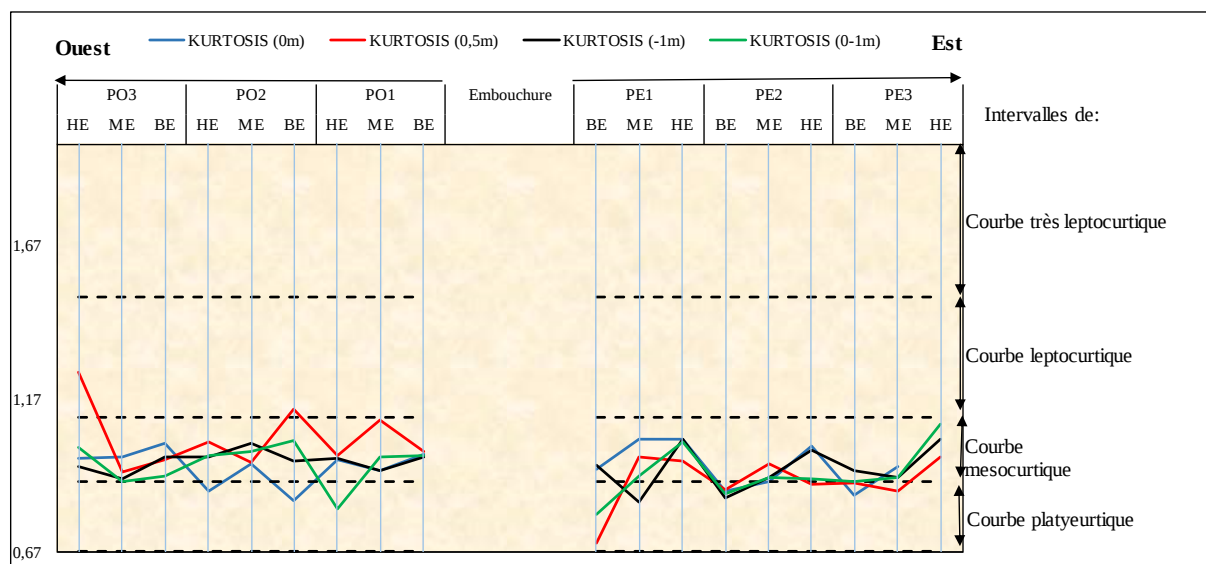


Fig. 7. Variation des indices d'acuité des sables des plages adjacentes à la passe.

Ainsi, au niveau des plages adjacentes à l'embouchure d'Assinie, on a les distributions suivantes: En surface (courbe bleue), aux abords de l'embouchure, la distribution est mixte et quand on s'éloigne de l'embouchure des deux côtés, la distribution est relative et vacille entre mixte et dispersée. Sur toute l'épaisseur d'un mètre (1m) (courbe verte), on a une distribution mixte à l'Ouest, excepté au haut estran du premier profil, tandis qu'à l'Est, elle est dispersée et mixte, proche de l'embouchure et reste mixte plus loin. Les courbes des indices d'acuité du sable des plages aux abords de la passe se situent dans les intervalles de courbes mésocurtiques, platycurtiques et leptocurtiques. Ces différentes catégories d'indices d'acuité correspondent aux distributions, ni restreints, ni dispersés (mésocurtiques) et dispersés dans les classes granulométriques de grains fins et moyens de ces plages. Ces valeurs ainsi obtenues informent sur la qualité du classement et sur la multiplicité de différentes sources d'apports telles que révélées par [28]. Trois stocks granulométriques ont été révélés par endroit, suivant les profils et par différents niveaux de profondeur à l'estran. À l'Ouest de la passe d'Assinie, l'épaisseur d'un mètre de sable proche de l'embouchure, est unimodale aux différents niveaux de l'estran, excepté le haut estran, bimodal. Ces ensembles laissent entrevoir une variation hydrodynamique plus ou moins contrastée et à partir de diverses sources d'approvisionnement tel que révélé par [28]. Une telle variation peut aussi trouver son origine dans les changements saisonniers du régime hydrologique des cours d'eau (Bia et Tanoé) liés à la variabilité pluviométrique et au chemin du transit littoral à Assinie sans obstacles majeurs telle que signifiée par [28]. La Figure 8 ci-dessous présente cette variabilité des modes et les types de mode des sables des plages de la passe d'Assinie. Les grossiers trimodaux (565 μm) et bimodaux (462,5 μm), particulièrement au haut estran et de plage à l'Est de l'embouchure témoignent l'apport fluvial.

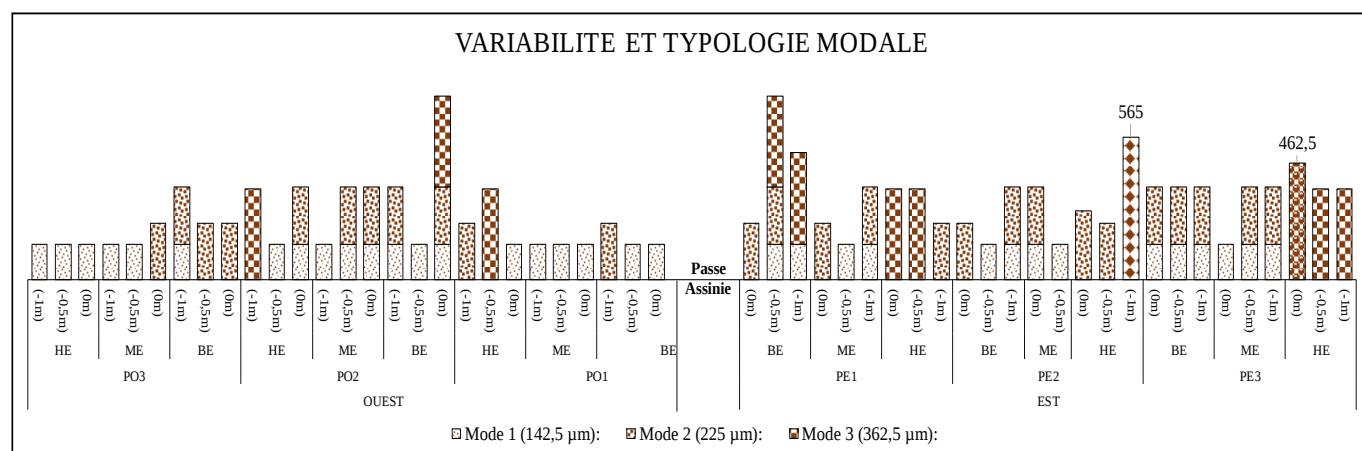


Fig. 8. Variabilité et typologie modale des faciès sableux des plages de la passe

3.1.5 ORIGINE DES SÉDIMENTS DE PLAGES

La représentation couplée des indices granulométriques (en unité ϕ) du sable de surface et celui de toute l'épaisseur d'un mètre, révèle que les sédiments de plages actuelles d'Assinie se sont déposés majoritairement dans des paléoenvironnements de plage, de dune côtière et de dune ou rivière. (Figures 9). Trois cas de figure se présentent dans ces représentations d'indices granulométriques. L'utilisation successive et l'analyse objective de ces diagrammes obtenus comme [31], [32] permettent de tirer profit de ces données à travers les indices granulométriques qui en résultent. Il ressort que tous les sédiments seraient déposés dans un environnement de dune côtière (a), et de plage (b). En prenant en compte, leurs classements, la majorité des sédiments « bien classé » et « assez bien classé » seraient déposés dans un environnement de plage, alors que les sédiments « moyennement classé » du haut estran seraient déposés dans un environnement de dune ou de rivière (c et d). Etant donné que ces sédiments ont été directement échantillonnés à la plage actuelle, les différents environnements de dépôt mis en évidence, expliqueraient le ou les origine (s) antérieures ou sources des sédiments. Ainsi, on aurait un transport suivant un gradient décroissant de la taille des particules sédimentaires dans une zone côtière (a). Les données utilisées permettent de fixer les limites extérieures maximales de la zone d'analyse concernée. Il s'agit d'une échelle globale d'approche. Ensuite, le diagramme (b), précise que dans cette zone côtière, le transport a lieu dans un environnement de plage. Ce qui sous-entend l'impact des forçages marins, à l'origine des sédiments majoritairement moyens, fins, très fins distribués dans ces plages.

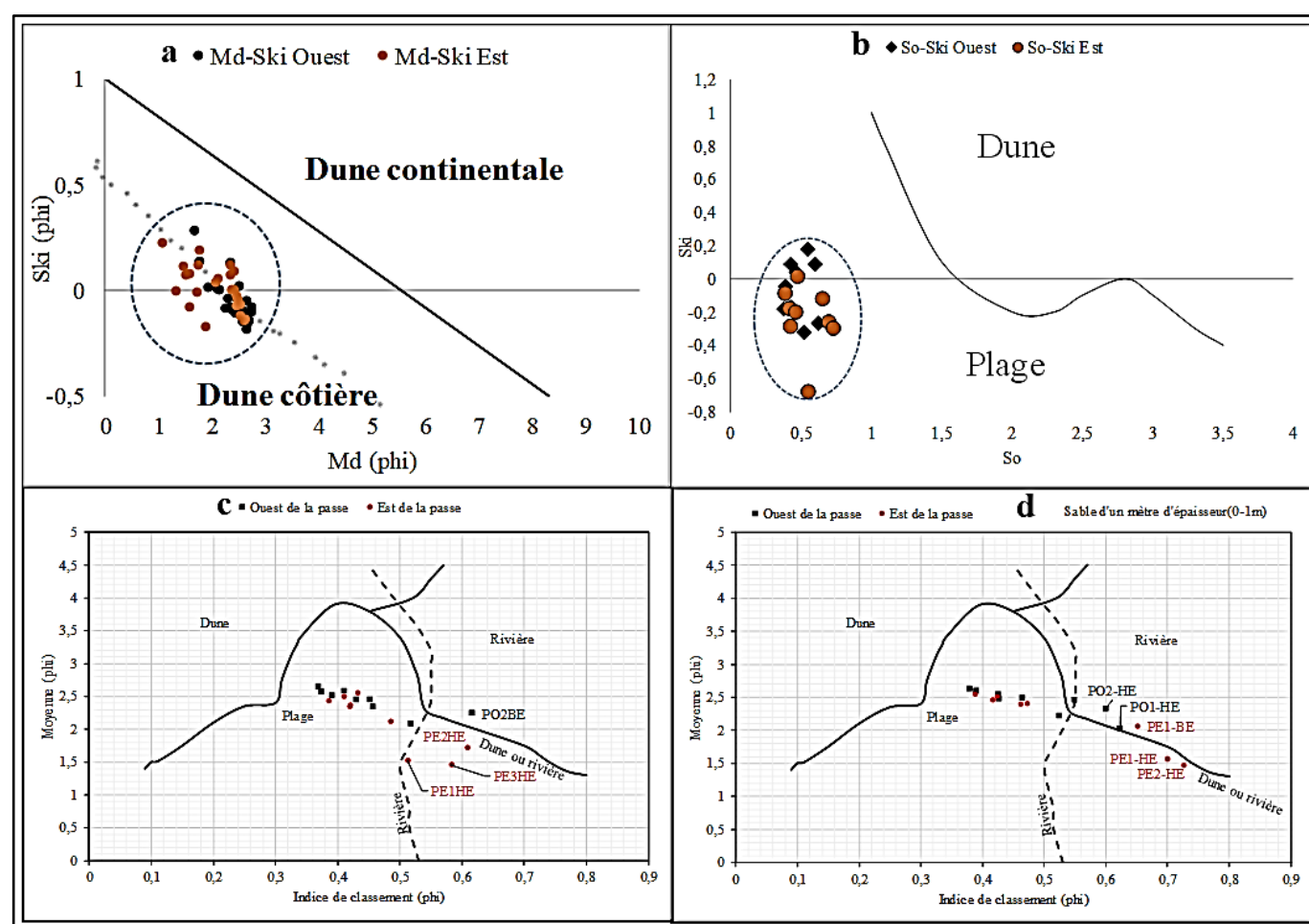


Fig. 9. Représentation couplée des indices granulométriques (en unité ϕ) du sable de surface et de toute l'épaisseur d'un mètre

Avec ce diagramme, les données définissent une échelle plus restreinte correspondante à un niveau d'analyse le plus pertinent. Enfin, les diagrammes (c) et (d), révèlent que, les sédiments « fins », bien classé et assez bien classé, se seraient déposés dans un environnement de plage, particulièrement au bas et mis estran, alors que les grossiers (moyennement classé), seraient déposés dans un environnement de dune ou rivière au haut estran. Avec ce diagramme, les données précisent une zone d'étude particulière locale. Les sédiments moyens, fins et très fins des plages actuelles proviendraient de la mer, des

dunes sableuses anciennes (cordons littoraux fossiles) qui coexistent avec les hydrosystèmes lagunaires et canaux de vidange, alors que les sédiments grossiers proviendraient des apports fluviaux estuariens en amont, en plus de ceux du transit littoral.

4 MODE DE TRANSPORT DES SABLES DES PLAGES DE LA PASSE

Pour la détermination du mode de transport, nous avons utilisé le diagramme de la médiane en fonction du diamètre du premier centile (en μm), connu sous le nom de l'enveloppe de Passega [22] (Figure 10). On remarquera que la dispersion des points n'épouse pas exactement l'enveloppe de Passega, mais ils occupent dans une certaine mesure les portions QP et PO. Cette analyse permet de déduire que, le transport de ces sables des plages de la passe d'Assinie se fait généralement par roulement (grossiers) et suspension gradée (PO) (fins) et dans une moindre mesure par saltation (grains moyens) (QP).

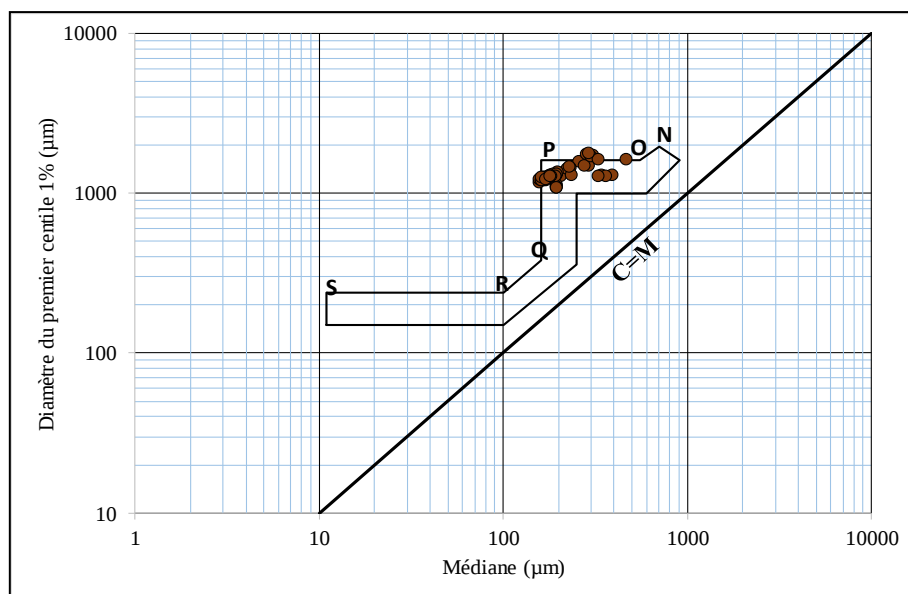


Fig. 10. Diagramme C/M de Passega [22] pour les sédiments des plages de la passe

5 FACIÈS GRANULOMÉTRIQUES DES SABLES DES PLAGES DE LA PASSE

Les faciès granulométriques permettent de décrire les conditions hydrodynamiques sédimentaires par comparaison avec les courbes cumulatives de références [33]. En effet, avec l'utilisation des paramètres granulométriques et du diagramme de Passega, [34], a pu associer ces différents faciès avec des conditions hydrodynamiques de dépôts. Dans notre cas, les faciès sableux des plages adjacentes de la passe d'Assinie présentent des différences qu'on soit à l'Ouest ou à l'Est de l'embouchure et permettent d'établir une relation hydrodynamique dune-plage-mer.

5.1 FACIÈS GRANULOMÉTRIQUES DU SABLE DE HAUT DE PLAGE À L'OUEST DE LA PASSE

À l'Ouest, les sédiments sont caractérisés par de deux groupes de courbes cumulatives ayant la forme d'un S à forte pente du domaine sableux. Ils débutent par une légère partie grossière basse, et se terminent par une fraction fine dans le domaine de silts grossiers. Ces courbes correspondent aux faciès paraboliques qui traduisent des conditions de dépôt dans un courant relativement rapide telles que signifiées par [33]. La fraction grossière au bas de la distribution granulométrique est témoin de cette action spontanée. Le décalage entre ces deux groupes de courbes, traduit non seulement un écart important entre deux diamètres des grains de sables, mais également deux stock sableux [26] à l'estran du segment Ouest de plage.

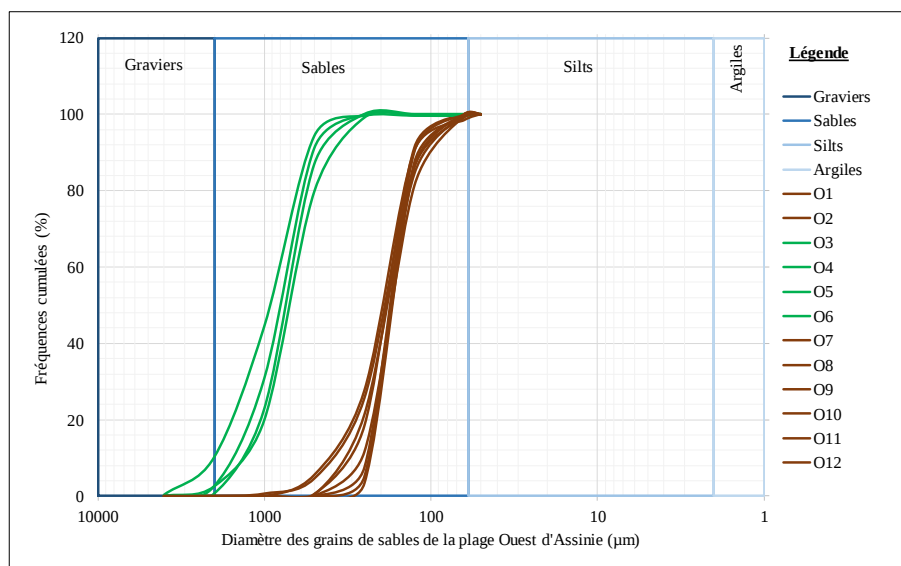


Fig. 11. Faciès hyperboliques du sable de haut de plage à l'Ouest de la passe

Ces deux stocks sont caractérisés par un courant de dépôt relativement rapide de houle (pour les grossiers) et un courant de l'étalement de pleine mer de longue durée (pour les fins) tel que mis en évidence par [3]. Ces faciès correspondraient aux sédiments déposés par excès de charge et caractérisent les sables triés au cours d'un transport dans un milieu peu agité. La fraction fine du domaine de silts grossiers caractérise les faciès hyperboliques des autres faciès du fait que la sédimentation a lieu dans un environnement de décantation à l'étalement de pleine mer.

5.2 FACIÈS GRANULOMÉTRIQUES DU SABLE DE PLAGE À L'EST DE LA PASSE

À l'Est, les sédiments sont caractérisés par trois catégories de faciès paraboliques à forte pente des domaines graviers et sables. Ils commencent ensemble, par une fraction très grossière dans le domaine « graviers » et se terminent à 100% dans le domaine « sable » en fraction fine, contrairement à celles de l'Ouest qui se terminent en domaine « silts », avec une très forte pente (Figure 12).

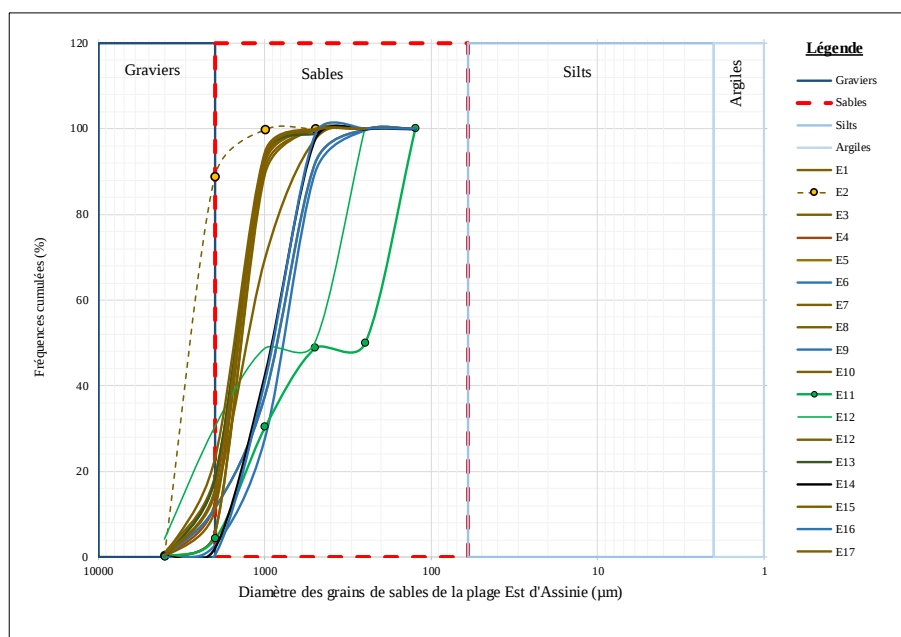


Fig. 12. Faciès hyperboliques du sable de haut de plage à l'Est de la passe

Ces caractéristiques diverses des faciès paraboliques témoignent le positionnement des points d'échantillonnage dans les conditions hydrodynamiques variables. Des conditions hydrodynamiques calmes, régulières avec la combinaison de facteurs de plus ou moins forte d'énergie, de courte durée dans cette partie de plage. Les faciès (E1, E2, E3, E4, E5, E7, E8, E10, E12, E13, E15 et E17 en vert foncé), correspondraient aux sédiments issus des cours d'eau qui se jettent dans la lagune Aby en amont. Ils seraient déposés en période de crue et redistribués sur la plage Est par la dérive littorale, avec l'action combinée de la houle au moment de forte énergie, contrairement aux faciès (E6, E9 et E16, en bleu), de faible énergie. Les faciès paraboliques, (E11 et E12 en vert clair), correspondent aux sédiments déposés dans des conditions hydrodynamiques particulièrement rapides, marquées une interruption brusque de facteur de forte énergie combinée (la déflexion) au cours du transport et du dépôt continu et régulier de la fraction grossière. La déflexion et le décalage traduisent respectivement, la différence de diamètre entre les deux classes de cette série et la condition hydrodynamique particulière au niveau du segment de plage Est. Dans ce même contexte, [26] expliquent que la charge solide de l'eau n'étant pas encore adaptée au courant transporteur, les particules grossières (grains moyen dans notre cas) sont en excès dans la suspension et se déposent en premier en grand nombre. Ces faciès correspondraient aux sédiments déposés par excès de charge et caractérisent les sables triés au cours d'un transport dans un milieu à forte énergie tel que mis en évidence par [26].

6 GRANULOMÉTRIE *IN-SITU* DU SABLE DE LA PLAGE À L'EST DE LA PASSE

L'analyse macroscopique *in-situ* présente les réalités naturelles pendant la période de campagnes de terrain. Elle vise à montrer la conformité des résultats théoriques aux réalités naturelles. Elle est importante dans la mesure où les conditions hydrodynamiques sont variables en fonction des facteurs, surtout de forte énergie. En effet, notre étude macroscopique *in-situ* a mis en évidence un fait majeur dans la granulométrie du sable d'Assinie. C'est la présence d'un banc d'environ 0,5 mètre d'épaisseur constitué de sable fortement coquillé à dominance grossière à l'Est de l'embouchure. Ce banc, légèrement surmonté d'une couche de sable blanc, fait surface à certains endroits du haut de plage, alors que le bas de plage (l'estran) est constitué de sable blanc fin. L'échantillonnage a été fait à dessin pour matérialiser et expliquer cette réalité naturelle. Les photographies de la Figure 13 ci-dessous montrent une tranchée d'un mètre (1m) réalisée au haut de plage végétalisé, immergé en pleine mer de vive eau.

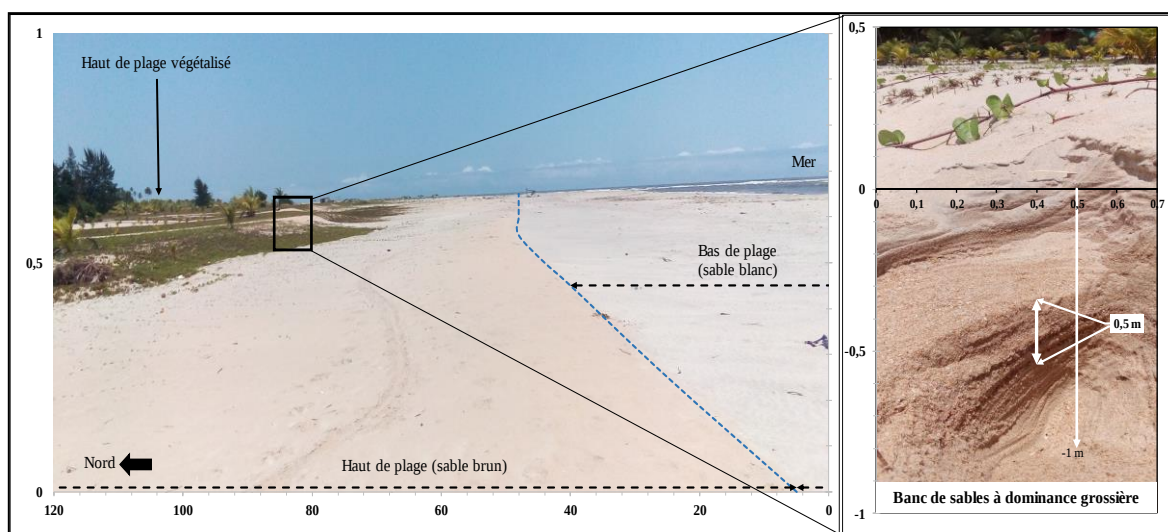


Fig. 13. Analyse macroscopique au haut de plage à l'Est de la passe

Étant donné que la campagne d'échantillonnage a été réalisée dans le mois de décembre (saison sèche), ce banc de sable grossier discordant témoignerait l'apport fluvial par l'action conjuguée des forçages marins en période de crue précédente. La houle à l'origine du transit littoral serait de direction et de sens Sud-Est en cette période de l'année. La comparaison des épaisseurs des bancs de sable aux faciès distincts fournirait des informations relatives sur la périodicité des paléoclimats de la région.

7 FACIÈS GRANULOMÉTRIQUES COMPARATIVES DU SABLE DE BAS DES PLAGES DE LA PASSE

Pour une compréhension objective de l'étude granulométrique des plages, nous avons fait une analyse granulométrique comparative des deux secteurs situés au même niveau de balancement de marée de part et d'autre de l'embouchure. La Figure 14 ci-dessous présente les courbes de fréquences cumulées des fractions granulométriques des sables. Les faciès granulométriques du sable à l'Ouest de l'embouchure (en vert) se situent dans les domaines de sables moyens, fins, très fins et se terminent dans le domaine de silts très grossiers, tandis que ceux du sable à l'Est (en bleu et noir) débutent dans le domaine de sables grossiers. De part et d'autre de l'embouchure, les sables aux faciès paraboliques traduiraient des environnements de dépôt plus ou moins agités. Ces zones à hydrodynamisme au facteur primordial faible et régulier (marée) sont impactées par deux autres facteurs (houle et débit fluvial) dont la combinaison augmenterait la fraction grossière, avec des actions inégalement réparties sur ces deux plages à l'origine du domaine de sables grossiers à l'Est et non à l'Ouest. Les explications de [3] suivantes donnent un sens aux résultats obtenus. En effet, la fluctuation du niveau d'eau statique au cours d'un cycle tidal est à l'origine du balayage de l'estran par le déferlement.

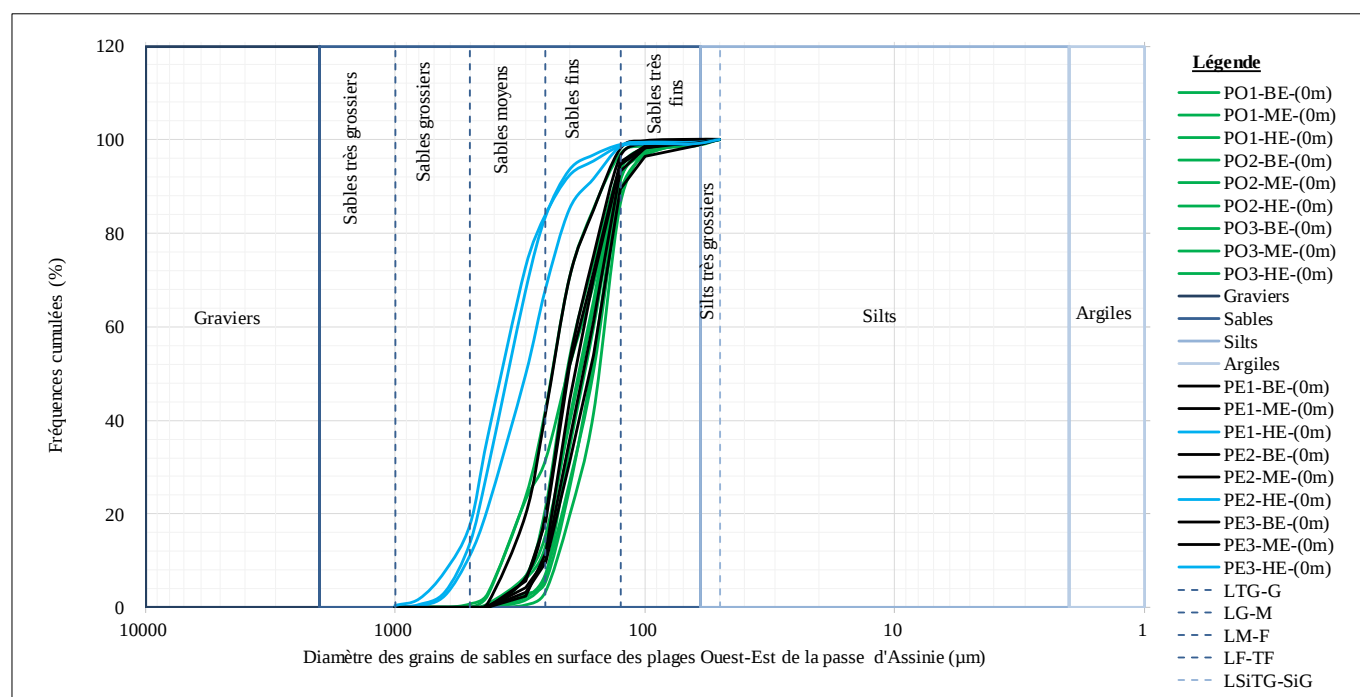


Fig. 14. Faciès granulométriques des sables des plages de la passe d'Assinie

Ce qui perturbe la répartition et l'organisation granulométrique des sédiments établis par les courants pendant les hautes mers et son efficacité diminue du haut estran vers le large en fonction de sa cambrure dans la zone de swash et de la pente de la plage. De ce fait, le sens du transit sédimentaire suit la direction de provenance des houles et est orienté vers le Sud-Est et l'Est d'Assinie en cette période de l'année. Le déferlement des houles et la durée de leur action en fonction du parcours de l'onde de marée sur l'estran expliqueraient à la fois l'organisation et la désorganisation des vecteurs de directions lorsqu'on s'éloigne de l'embouchure des deux côtés. Dans le haut estran, l'action des houles est caractérisée par une longue durée, pendant toute la période de l'étalement de la pleine mer. Le retrait de la mer induit la mobilité de la zone de déferlement à l'estran. Ces conditions sont très favorables à une évolution des vecteurs de direction contrastée à l'estran. La durée de l'action des houles dans les zones de déferlement et du swash et leur mobilité varie suivant les cycles de marées. La répartition granulométrique et les vecteurs de directions du transport des sédiments dépendent essentiellement du déferlement des houles dont l'action est différenciée dans le temps et dans l'espace en fonction de la marée. Les caractéristiques du transport conditionnent le spectre granulométrique du matériel déplacé et déterminent la distribution du flux des particules déposées, modifiant ainsi la texture du sédiment mis en place. Selon [35], La connaissance des propriétés physiques et la qualité des sédiments des plages permettent de connaître le comportement de ces sédiments de plages dans toute situation de mobilité hydraulique. Selon le même auteur, elle est nécessaire le plus en amont possible afin de définir les modes de gestion les plus appropriés à la maîtrise des effets de l'opération sur l'environnement littoral. Au regard de ces résultats, nous pouvons croire

que la granulométrie majoritairement fine des sédiments d'Assinie traduirait une surface spécifique plus grande, susceptible d'entraîner une concentration plus forte en contaminant de l'eau dans le sédiment telle que révélée par [35].

8 CONCLUSION

L'approche granulométrique de la compréhension de l'hydrodynamisme sédimentaire des plages adjacentes à la passe d'Assinie a été réalisée avec l'utilisation de cinquante-quatre (54) échantillons prélevés en une campagne de terrain au cours d'un cycle de marée en saison sèche. On retient que, les grains de sable des plages sont majoritairement fins (2,1 à 2,6 ϕ) dans l'ensemble avec un banc de faciès grossier coquiller discordant à l'Est de l'embouchure. Ces sables en provenance de dunes côtières (cordons littoraux anciens), mer (fins et moyens) et de rivières (grosiers), seraient transportés par roulement, suspension graduée et dans une moindre mesure par saltation. L'interprétation de ces résultats révèle un hydrodynamisme sédimentaire relatif à intensité décroissante lorsqu'on s'éloigne de l'embouchure. Il serait gouverné par trois facteurs dont deux marins (marée et houle), synchrones (Ouest) et asynchrones (Est) avec une composante fluviale. Ces données acquises permettront non seulement de rendre compte de l'évolution de la qualité du milieu dans le temps, mais d'évaluer les enjeux liés à leur mobilité hydraulique et de définir les méthodes de travaux de gestion environnementaux les plus adéquates. Avec les études granulométriques plus approfondies des faciès du remplissage sédimentaire de ces plages, l'on pourrait caractériser la périodicité et la régularité des paléoclimats littoraux aux enjeux préventifs.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements aux membres de l'équipe des campagnes de terrain pour leur soutien dans l'acquisition et le traitement des données scientifiques. Une équipe dirigée par le Professeur Sylvain MONDE et conduite par M. Paul ASSALEY (MC) avec l'assistance de Docteur Aristide KOUAO et la participation de Docteur Ted-Edgard WANGO et Monsieur Mamadou TOURE (MC). Mon fervent remerciement est réservé au Chef de la localité d'Assinie pour son accord à notre demande de campagne de prélèvement de sédiments sur son sol et aux étudiants de Master 2, filière Géologie Marine, de la 17^{ème} promotion pour leur participation active lors des campagnes de terrain et des traitements de données au laboratoire.

REFERENCES

- [1] Site internet de CEREMA, Analyser le fonctionnement global de la plage, ddtm-sml-gl@manche.gouv.fr, (2022).
- [2] DONVAL, B. GOBERT, G. YOUENOU, R. LOARER, La plage, un univers à découvrir. Al manach du Marin Breton, Open Access Version, (2011) 20-25.
- [3] M. CHAIBI, N.A. RAMADAN, M. AYTOUGOUGDAL, H. AIT MALEK, F. EL BCHARI, A. CHARIF et A. ELMIMOUNI, Analyse de la dynamique sédimentaire d'une plage mésotidale par l'application de modèle: cas de la plage sableuse d'El Haouzia - El Jadida, Maroc. Revue Marocaine de Géomorphologie. N°5. (2021). PP. 72- 89. ISSN: 2508-9382
- [4] A.V. WOGNIN, Caractérisation hydrologique et sédimentologie de l'embouchure du fleuve Bandama. Thèse Science de la terre, UFRSTRM, GEOMARSE, Université d'Abidjan: Abidjan, 2004 - 195 p. + annexe.
- [5] C.HAUHOUOT, M. ROBIN, A. MIOSSEC, Cinématique du littoral de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire) à l'aide d'un SIG, In: Iles et littoraux tropicaux - Brest, Ouest éditions, (1997), pp. 269-276.
- [6] J.P. TASTET, Le littoral ivoirien: géologie, morphologie, dynamique. Ann. Univ. Abidjan, Série c, T. XXI-B, (1985), pp 189-218.
- [7] L. MARTIN, Morphologie sédimentologique et paléogéographie au quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Trav. Doc. ORSTOM, Paris, (1977) 61, 265p.
- [8] HAUHOUOT, « Le littoral d'Assinie en Côte-d'Ivoire: dynamique côtière et aménagement touristique», Les Cahiers d'Outre-Mer [En ligne], 251-Juillet-Septembre 2010, document 2, mis en ligne le 01 juillet 2013, consulté le 01 octobre 2016. URL: <http://com.revues.org/6023>; DOI: 10.4000/com.6023.
- [9] E. KONAN, J. ABE, K. AKA, URS NEUMEIER, J. NYSSSEN et A. OZER, « Impacts des houles exceptionnelles sur le littoral ivoirien du Golfe de Guinée », Géomorphologie: relief, processus, environnement, 2016, 11241.
- [10] P.K. KOFFI, K. S. YAO, J. ABE, C. HAUHOUOT, S. B. Barthélémy, Quelles perspectives face à la dynamique préoccupante des plages d'Assouindé Valtour et du Club Nautique, respectivement au Sud-Est et au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Dunkerque, 2-4 juillet 2014, 11p.
- [11] N. WEBER, Morphologie, architecture des dépôts, évolution séculaire et millénaire du littoral charentais apports de la sismique réflexion combinée à des suivis bathymétriques et validée par des vibrocarottages, Thèse de Doctorat Présentée à l'Université de la Rochelle, (2004), 357 p.

- [12] T-E. WANGO, M. MOUSSA, A. N. YAO et S. MONDE, Hydrodynamique du complexe lagunaire Grand-Lahou, Ebrié et Aby (Côte d'Ivoire): Impacts des forçages fluviaux et de la marée. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre, 2013, n° 35, 27–38.
- [13] D. VIENNET, Utilisation de la morphogranulométrie dans le suivi source to sink du transfert particulaire dans les bassins versants. Thèse soutenue publiquement le 30/06/2020, 2020, 222 P.
- [14] T-E. WANGO, Modélisation de l'hydrodynamique, de la dispersion du sel et de l'eau douce dans le complexe lagunaire de la côte d'ivoire (grand-lahou, ebrié et aby), thèse de doctorat, Université de Cocody, (2009), 188p.
- [15] J. ABE, Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique du littoral ivoirien (cas du littoral d'Abidjan) Essais de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse, Université de Cocody-Abidjan, (2005), 345 p.
- [16] K.S. YAO, Etude de la dynamique sédimentaire du littoral occidental ivoirien entre Tabou et Sassandra: Approches morpho-bathymétriques, sédimentologiques et exoscopiques. Thèse de doctorat unique, université Félix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan, (2012), 197 p.
- [17] K.S. YAO, J. ABE, S.B BAMBBA, K.E. KONAN, K. AKA Dynamique d'un périmètre littoral portuaire: la côte de San-Pédro, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Revue Paralia, Vol. 3, (2010), pp 2.1–2.12.
- [18] GOOGLE EARTH PRO., Image © CNES/Attribus du 11/03/2022.
- [19] K.H. WENTWORTH, A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology 30, (1922), 377-392.
- [20] R.L. FOLK, W.C. AND WARD, Brazos rivers bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 27, n° 1 (1957), 325-354.
- [21] W.C. KRUMBEIN, and F.J. PETTIJOHN, Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century-Crofts, New-York, (1938).
- [22] R. PASSEGA, Grain size representation by C.M. patterns as a geological tool. Journal of Sedimentary Petrology, 34 (4), (1964), 830p.
- [23] P. REIFFSTECK et J. ARBAUT, Influence de la répartition granulométrique sur le comportement mécanique d'un sol, BLPC, n°268-269, juil/août/sept 2007. 83-103 p.
- [24] A. SHORT, J. WILEY and L. SONS, Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics, Coastal Studies Unit, School of Geosciences, University of Sidney, Australia, 1999, 379 p.
- [25] N. WEBER, Morphologie, architecture des dépôts, évolution séculaire et millénaire du littoral charentais apports de la sismique réflexion combinée à des suivis bathymétriques et validée par des vibrocarottages, Thèse de Doctorat Présentée à l'Université de la Rochelle, (2004), 357 p.
- [26] K.S. YAO, J. ABE, S.B BAMBBA, K.E. KONAN, K. AKA Dynamique d'un périmètre littoral portuaire: la côte de San-Pédro, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Revue Paralia, Vol. 3, (2010), pp 2.1–2.12.
- [27] E. KONAN, Etude de caractérisation morpho-dynamique du cordon littoral sableux ivoirien à l'est d'Abidjan avant et après la tempête exceptionnelle d'août 2007. Thèse de Doctorat Unique. Univ. Felix Houphouët Boigny, (2012) 187 p.
- [28] M. TOSSOU, A. R. ADECHINA, B. J. HOUNKPE, C. N. KELOME, B. A. SY, A. T. DIAW, Analyse Granulométrique et Cartographie des Sédiments Superficiels de la Lagune Côtière au Bénin (Afrique de L'Ouest), European Scientific Journal August 2019 edition Vol.15, No.24 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [29] RIVIERE et STOCK, Méthodes granulométriques: techniques et interprétation. Ed Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan, (1977), 149p.
- [30] PIMMEL, Contribution à l'étude sédimentologique des mangroves de Casamance (Sénégal): étude granulométrique et exoscopique. Thèse de Doctorat de spécialité (3ème cycle) en géologie, Institut de Géographie, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, (1984), 132p.
- [31] G.M. FRIDMAN, Comparison of moment measures for sieving and thin-section data for sedimentary petrological studies. Jour. Sedim. Petrol., (1962), 32, 15 - 25.
- [32] R.J MOIOLA, and D. WEISER, Textural parameters: an evaluation. Journal of Sedimentary Petrology, n°38, (1968), 45-53.
- [33] J. FOURNIER, C. C. BONNOT, R. PARIS, O. VOLDOIRE, M. LE VOT, Analyses granulométriques, principes et méthodes. CNRS, Dinard, 2012, 99 p.
- [34] CHEDEVILLE, Étude de la variabilité du fonctionnement hydro-sédimentaire des karsts de l'Ouest du Bassin de Paris à partir de la comparaison des remplissages sédimentaires karstiques anciens, actuels et du signal turbide des eaux souterraines. Université de Rouen, 2015.
- [35] LEBOLLOCH, Bonnes pratiques pour la caractérisation des matériaux en vue d'une opération de dragage et d'immersion en milieu marin et estuarien, Novembre 2016. 126 p.

Impact de deux fumures organiques sur la productivité de la culture du maïs dans la région de Ngandajika, Province de Lomami, RD Congo

[Impact of two organic manures on the productivity of maize crop in the region of Ngandajika, Province of Lomami, DR Congo]

Michel Nkongolo¹, Charles Ilunga¹, Evelynne Madilo¹, Carcy Tshimbombo², and Robert Mukendi²

¹Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo

²Institut National de Recherches Agronomiques, Station de Ngandajika, RD Congo

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

ABSTRACT: This study was carried out with the aim of evaluating the impact of the contributions of organic fertilizers (*Tithonia diversifolia*, Batguano) on the growth and yield of maize cultivation in monoculture and in association with cowpea. From this study, the following results were recorded: In monoculture, Bat-guano gives a yield of 4.18 T/Ha significantly higher than *Tithonia diversifolia* with 3.73 T/Ha in the QPM3 variety; 3.82 T/Ha against 2.43 T/Ha with the Mus1 variety. In maize-cowpea association, Bat-guano gives the yield of 3.19 T/Ha significantly higher than *Tithonia diversifolia* with 2.77T/Ha in the QPM3 variety, 2.89 T/Ha against 1.40 T/Ha with the variety Mus1. The study that was conducted highlights a clearly beneficial effect of the use of natural fertilizers, namely Tithonia and bat guano, on the cultivation of maize in monoculture as well as in association with cowpea. Data analysis indicates that the treatment with bat-guano was found to be the manure capable of significantly improving the vegetative and yield components of grain maize compared to tithonia. In general, both treatments had higher yields compared to the control (F0).

KEYWORDS: *Tithonia diversifolia*, Bat-guano, monoculture, association, cowpea.

RESUME: Cette étude a été réalisée dans l'objectif d'évaluer l'impact des apports des fertilisants organiques (*Tithonia diversifolia*, Batguano) sur la croissance et le rendement de la culture du maïs en monoculture et en association avec le niébé. De cette étude, il a été enregistré les résultats ci-après: Dans la monoculture, le Bat-guano donne le rendement de 4,18T/Ha significativement plus élevé que le *Tithonia diversifolia* avec 3,73 T/Ha dans la variété QPM3; 3,82 T/Ha contre 2,43 T/Ha avec la variété Mus1. En association maïs-niébé, le Bat-guano donne le rendement de 3,19 T/ Ha significativement plus élevé le *Tithonia diversifolia* avec 2,77T/Ha dans la variété QPM3, 2,89 T/Ha contre 1,40 T/Ha avec la variété Mus1. L'étude qui a été menée, met en évidence un effet nettement bénéfique de l'utilisation des fertilisants naturels à savoir le Tithonia et le bat guano sur la culture du maïs en monoculture comme en association avec le niébé. L'analyse des données indique que le traitement au bat-guano s'est révélé être la fumure susceptible d'améliorer significativement les composantes végétales et de rendement du maïs grain par rapport au tithonia. D'une manière générale, tous les deux traitements ont eu des rendements plus élevés par rapport au témoin (F₀). Les deux peuvent ainsi être utilisés pour accroître la fertilité du sol et augmenter de façon significative les rendements de cultures et par conséquent contribuer à l'amélioration de la production de maïs.

MOTS-CLEFS: *Tithonia diversifolia*, Bat-guano, monoculture, associaciation, niébé.

1 INTRODUCTION

Il est généralement admis que les sols de régions tropicales, spécifiquement les ferralitiques ne peuvent pas soutenir une production au de-là de trois ans de suite sans subir une dégradation [14]. Face à cette dégradation, plusieurs options ont été essayées, il ressort de tous ces essais que le recours à la fumure organique est la plus efficace [9]; [8]. La restauration de la fertilité de sols dans ces régions et plus particulièrement sur les ferralitiques revient au type de matière organique utilisée. L'option se réduit au choix de la matière organique à utiliser qui soit susceptible de relever le niveau de la fertilité [4].

Cet essai porte sur le choix de deux fertilisants organiques susceptibles d'être une solution au problème de fertilité du sol à Ngandajika, il s'agit de *Tithonia diversifolia* et de Bat-guano qui ont montré leur performance dans certaines régions tropicales dans la restauration de la fertilité de sols [3]; [10]. Il s'agit dans cet essai d'évaluer l'effet de ces deux fumures organiques choisies (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray, et Bat-guano) sur la croissance et le rendement (rentabilité) du maïs (en monoculture et en association avec le niébé).

2 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le site de la Station de l'INERA/Ngandajika a servi de cadre expérimental pour l'étude sous examen. Cette station est située à 7Km de la cité de Ngandajika, dans le territoire portant le même nom, dont les coordonnées géographiques sont 6° 43' 326" de latitude Sud et 23° 56' 33,5" de longitude Est, à 793 m d'altitude moyenne [2]. C'est une zone à vocation agricole par excellence pour les provinces du Kasai Oriental et de la Lomami.

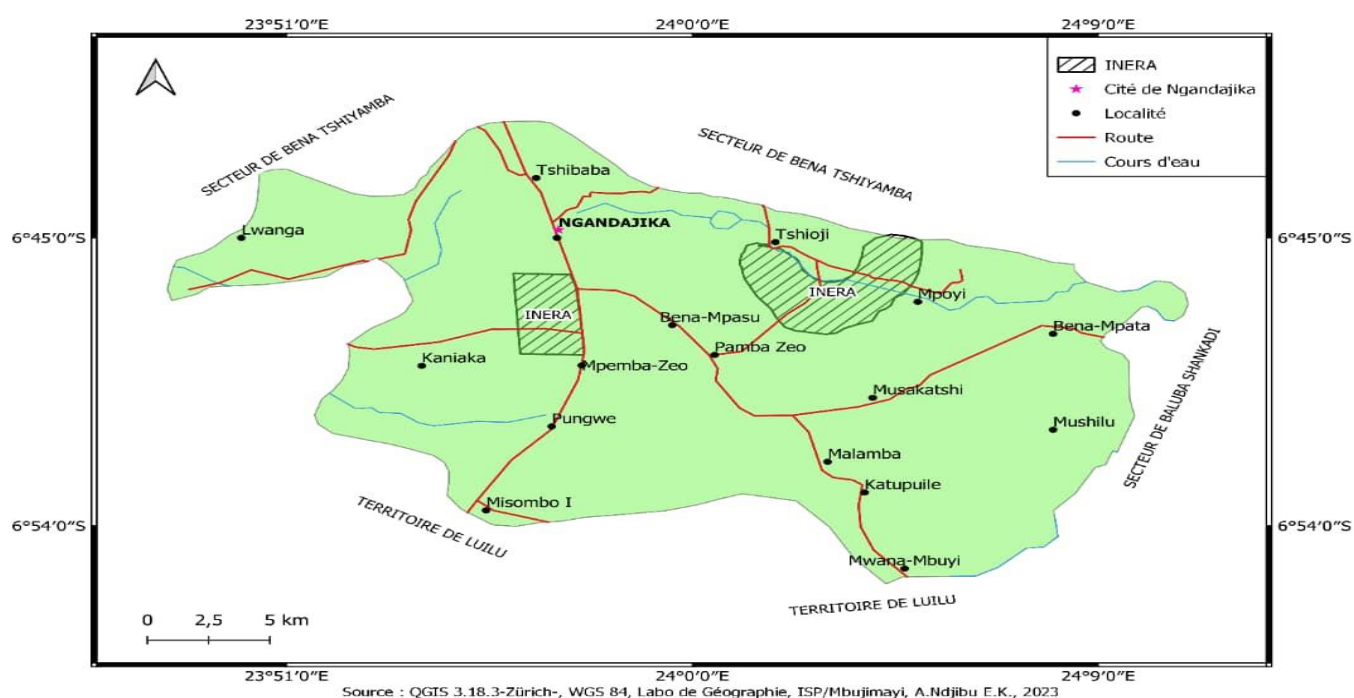


Fig. 1. Carte de l'INERA/NGANDAJIKA

2.1 LES ASPECTS PHYSIQUES

2.1.1 LE RELIEF

Le relief de Ngandajika est dominé par les plaines et les plateaux. Comme le climat, il confère à cette région des bonnes potentialités agricoles. La végétation type de Ngandajika est la savane herbeuse boisée [17]; [1].

2.1.2 LE CLIMAT

Le climat du territoire de Ngandajika est du type tropical, AW_4 , selon la classification de Köppen. Il se caractérise par l'alternance de deux saisons climatiques, la pluvieuse et la sèche. La 1^{ère} se subdivise en deux, une grande dite saison A, allant du 15 août au 31 décembre et une petite dite saison B qui va de 15 janvier au 15 mai, ces données sont en train de devenir théoriques avec le phénomène du changement climatique qui se manifeste certaines saisons dans la région.

Quant à la saison sèche, elle se subdivise aussi en deux, elle va du 31 décembre au 15 janvier, c'est la petite saison sèche, et du 15 mai au 15 août c'est la grande saison sèche. La moyenne des précipitations annuelles, enregistrées dans la période de 1980 à 2014, est de 1216,14 mm à la Station de recherche de l'INERA/NGANDAJIKA, et celle des températures est de 24,25°C. Le mois d'avril est le plus chaud avec une moyenne des maxima de 28,4°C et le plus froid est juillet avec 20,1°C de moyenne des minimas [6]. La durée de l'insolation est de 2400 heures [11].

2.1.3 LES SOLS ET LA VÉGÉTATION

Les sols de Ngandajika sont formés d'un recouvrement sableux sur un sédiment argileux qui repose souvent à faible profondeur, sur une ancienne dalle latéritique. La fraction argileuse peu importante ne semble pas uniquement constituée de kaolinite. Ces sols contiennent 21 à 23% d'éléments fins [7]. Ils sont de manière générale, profonds avec un profil qui décrit la présence de tous les horizons et leurs subdivisions, à l'exception de certains endroits où il peut exister une nappe phréatique superficielle.

Elle est dominée par les poacées qui couvrent plus de 70% de la superficie par m². Les espèces dominantes sont *Imperata cylindrica* sur les sols lourds et *Hyparrhenya dissoluta*, *Digitaria brazzoli*, *Triumfetta musteru*, *Eriosema griseu*, *Mimosa pudica* sporadiquement quelques espèces de la famille de légumineuse comme *Mucuna Sp*, *Stylosanthes Sp*, rencontrées dans les bas-fonds sur les sols légers. A l'instar d'autres savanes boisées, on trouve de galeries forestières le long des rivières et ruisseaux.

3 METHODE ET TECHNIQUES

3.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans cet essai était constitué des semences de maïs (*Zea mays*) de variété QPM3 provenant de l'INERA/Ngandajika. La variété QPM vient de la conversion de variétés de maïs tropical et subtropical normal en OPAQUE-2 qui a été découverte aux Etats Unis [13]; [25]; [5].

Elle est le résultat de la recherche qui a permis la mise au point d'un maïs avec une apparence normale et une haute teneur en lysine et en tryptophane (70%) [26]. Elle est en vulgarisation en RDC depuis 20

3.2 MATÉRIEL FERTILISANT

Ce sont les deux matières organiques, le Bat-guano et le *Tithonia diversifolia* qui ont été utilisées comme fertilisants.

3.3 MÉTHODES

Le dispositif expérimental de cet essai est un factoriel construit selon un arrangement en Split-plot. Les variétés QPM3 (V_1) et Mus1 (V_2) constituent des facteurs principaux tandis que les fumures (*Tithonia diversifolia* et bat-guano) sont des facteurs secondaires. Les blocs séparés de 1,5 m, l'un de l'autre, ont été répétés trois fois (B_1, B_2, B_3) pour pallier aux éventuelles erreurs dues à l'hétérogénéité des terrains. Chaque bloc est subdivisé en douze parcelles élémentaires de même superficie soit 12 m² (4 m x 3 m) séparées de 0,5 m l'une de l'autre, correspondant aux variétés QPM3 et Mus1. Chacune des parcelles d'étude est séparée de la suivante par des rangs de bordure, afin d'éviter des interférences entre traitements. Ces interrangs ont été maintenus désherbés par un travail du sol.

Ce dispositif s'étend sur une superficie de 30 m x 20,5 m, soit un total de 615 m² (Fig. 1.). Deux traitements, F_1 et F_2 constitués de deux doses de fumures de 1 kg/m² correspondant à 12 kg par unité expérimentale, sont appliqués. Les parcelles témoins non amendées sont symbolisées par F_0 .

Le prélèvement de mesures de paramètres de croissance (diamètre au collet, hauteur de plants, surface foliaire) et de rendement (nombre d'épis par plant) était effectué, le 12 avril 2020 et la récolte était faite le 28 mai 2020. La mesure des

autres paramètres de rendement (nombre de grains par épi, poids de mille grains et rendement Mg/ha) était effectuée, en ce jour de récolte. Les conditions de précipitations et de températures ayant prévalu tout au long de cette saison culturale, ont été conformes au contexte habituel de cette région, les effets du changement climatiques ne se sont pas manifestés.

4 RESULTATS

4.1 RÉSULTATS DES APPORTS ORGANIQUES SUR LES PARAMÈTRES DE DÉVELOPPEMENT DU MAÏS EN MONOCULTURE ET EN ASSOCIATION MAÏS-NIÉBÉ

Au cours de cet essai, les paramètres suivis étaient: le taux de levée, le diamètre au collet, la hauteur des plants, et la surface foliaire. Nous présentons dans les tableaux 7.1 et 7.2., les résultats des données relatives au développement du maïs pour respectivement le maïs mis en monoculture et en association avec le niébé sous application des fumures organiques sus mentionnées.

Tableau 1. Résultats relatifs au développement du maïs en monoculture sous application de fumures organiques

Variété	Fertilisants	Paramètres analysés															
		T.L (%)				D.C (cm)				H.P. (cm)				S.F. (cm²)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM 3	F1	91,7a	87,2 am	S	25,4	2, 100a	2,156 am	NS	27,4	108,0b	114,6 am	S	8,98	251,1b	290,6 am	S	16,2
	F2	86,7b				2,300a				132,0a							

(Les moyennes portant la même lettre ne sont pas différentes au seuil de 5% par le test LSD de Turkey)

Légende: F₁ Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin; T.L.: Taux de levée (%); D.C.: Diamètre au collet (cm); H.P. Hauteur des plantes (cm); S.F. Surface foliaire (%); VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation (%).

Tableau 2. Résultats relatifs au développement du maïs en association avec le niébé sous application de fumures organiques

Variété	Fertilisants	Paramètres analysés															
		T.L (%)				D.C (cm)				H.P. (cm)				S.F. (cm²)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM 3	F1	85,9a	84,4 am	S	6,35	2,167a	2,144 am	NS	6,9	105,7b	107,1 bm	S	4,31	292,5a	280,8 am	S	10,9
	F2	88,0a				2,200a				111,7a				2			

(Les moyennes portant la même lettre ne sont pas différentes au seuil de 5% par le test LSD de Turkey)

Légende: F₁ Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin; T.L.: Taux de levée (%); D.C.: Diamètre au collet (cm); H.P. Hauteur des plantes (cm); S.F. Surface foliaire (%); VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation (%).

L'examen de ces tableaux permet de constater que les apports en matières organiques ont influencé de manière variable les différents paramètres analysés sur le développement du maïs en monoculture ou en association avec le niébé. L'analyse des résultats obtenus, a montré des différences significatives entre les valeurs moyennes des paramètres de développement végétatif dans les deux variétés utilisées et aussi au niveau de différentes fumures au seuil de (P<0,05).

4.1.1 LE TAUX DE LEVÉE

En **monoculture**, la différence entre les fumures est significative, le tithonia donne un taux de levée (91,7%) statistiquement supérieur au bat-guano (86,7%) et au témoin (83,3%).

En **association de la culture du maïs avec le niébé**, la différence entre les fumures est significative, les fumures de tithonia (85,9%) et de bat-guano (88,0%) donnent un taux de levée statistiquement le même, mais supérieur à celui du témoin (79,0%).

4.1.2 LE DIAMÈTRE AU COLLET

En **monoculture**, la différence est non significative entre les fumures pour le diamètre au collet, (2,100 cm) pour le tithonia, (2,300 cm) pour le bat-guano et (2,067 cm) pour le témoin.

En **association de la culture du maïs avec le niébé**, la différence entre les fumures est non significative pour le diamètre au collet, elles ont toutes statistiquement le même diamètre au collet, (2,167 cm) pour le tithonia, le bat-guano (2,200cm) et le témoin (2,067 cm).

4.1.3 LA HAUTEUR DE PLANTS

En **monoculture**, la différence entre les fumures est significative, le bat-guano donne la hauteur de plants (132,0 cm) statistiquement plus élevée que le tithonia (108,0 cm) et le témoin (103,7cm).

En **association de la culture du maïs avec le niébé**, la différence entre les fumures est significative, le bat-guano affiche la hauteur des plants (111,7cm) plus élevée statistiquement que celle du tithonia (105,7cm) et le témoin (103,8cm).

4.1.4 LA SURFACE FOLIAIRE

En **monoculture**, le bat-guano a une surface foliaire (382,7 cm²) statistiquement supérieure au tithonia (251,1cm²) et au témoin (238,0 cm²).

En **association de la culture du maïs avec le niébé**, Le *Tithonia diversifolia* donne la surface foliaire (292,5cm²) statistiquement la même que le bat guano (293,4cm²) supérieure au témoin (256,3 cm²).

4.2 RÉSULTATS DES APPORTS ORGANIQUES SUR LES PARAMÈTRES DE RENDEMENT DU MAÏS EN MONOCULTURE ET EN ASSOCIATION MAÏS/NIÉBÉ

Le nombre d'épis par plant (NEP), le nombre de rangées par épi (NGE), le nombre des graines par rangée (NGR), le poids de 1000 graines (P1000) et le rendement (RDH) sont les paramètres mesurés pour évaluer la production en graines. Pour ces caractères, les différentes valeurs obtenues sont consignées dans les **tableaux 3. et 4.**

Tableau 3. Résultats relatifs à la production du maïs en monoculture sous application de fumures organiques

Variétés	Fertilisants	Paramètres analysés															
		NEP				NGE				P1000 (grammes)				RDH (Mg/Ha)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV (%)	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM3	F1	1,0a	1,0 am	NS	4,72	327,18b	375,90 am	S	21,1	199,0a	177,0 bm	S	3,8	3,73b	2,95 am	S	3,36
	F2	1,0a				479,22a				196,3a				4,18a			
	F0	1,0a				321,31b				135,7b				0,96c			
MUS 1	F1	1,0a	1,0 am	NS	4,72	329,1b	354,66 bm	S	21,1	204,7b	197,8 am	S	3,8	2,43b	2,43 bm	S	3,36
	F2	1,0a				411,6a				221,7a				3,82a			
	F0	1,0a				323,19b				164,0c				1,02c			
Décision		NS				S				S				S			
CV		4,72				21,4				9,3				1,84			

Légende: F₁ Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation NEP: Nombre d'épis par plant; NGE: Nombre de grains par épi; P1000: Poids de 1000 grains; RDH: Rendement en Mégagrammes par hectare

Tableau 4. Résultats relatifs à la production du maïs en association au niébé sous application de fumures organiques

Variétés	Fertilisants	Paramètres analysés															
		NEP				NGE				P1000 (grammes)				RDH (Mg/Ha)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV (%)	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM3	F1	1,0a	1,0 am	NS	4,72	395,01a	359,54 am	S	8,22	207,3a	184,2 am	S	8,46	2,77b	2,25 am	S	6,46
	F2	1,0a				408,31a				218,3a				3,19a			
	F0	1,0a				275,31b				127,0b				0,76c			
MUS 1	F1	1,0a	1,0 am	NS	4,72	315,21b	320,90 bm	S	8,22	186,7b	171,8 bm	S	8,46	1,40b	1,70 bm	S	6,46
	F2	1,0a				368,20a				205,3a				2,89a			
	F0	1,0a				279,3c				123,3c				0,82c			
Décision		NS				S				S				S			
CV		4,72				8,22				13,03				8,45			

Légende: F₁: Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation NEP: Nombre d'épis par plant; NGE: Nombre de grains par épi; P1000: Poids de 1000 grains; RDH: Rendement en Mégagrammes par hectare.

4.2.1 LE NOMBRE D'ÉPIS PAR PLANT

En **monoculture**, la différence entre les fumures est non significative pour le nombre des épis par plant qui est statistiquement le même pour toutes les fumures soit (1).

En **association du maïs au niébé**, il n'y a pas de différence significative entre les fumures pour le nombre des épis par plant, le tithonia et le bat-guano ont statistiquement le même nombre des épis par plant soit (1).

4.2.2 LE NOMBRE DES GRAINS PAR ÉPI

En **monoculture**, la différence entre les fumures est significative pour le nombre des grains par épi (NGE), le bat-guano donne le nombre des grains par épi (479,22) statistiquement plus élevé que tithonia (327,18) et le témoin (321,21).

En **association du maïs au niébé**, le bat-guano a le nombre des grains par épi (368,2) statistiquement plus élevé que le tithonia (315,21) et celui-ci plus que le témoin (279,3).

4.2.3 LE POIDS DE MILLE GRAINS

En **monoculture**, la différence entre les fumures n'est pas significative, Tithonia a un poids de 1000 grains (199,0g) statistiquement le même que bat-guano (196,3g), mais plus élevé que le témoin (135,7g).

En **association du maïs au niébé**, la différence entre les fumures est significative pour le poids de mille grains, Le bat-guano a le poids de mille grains (218,3g) statistiquement plus élevé que le tithonia (207,3g) et celui-ci a sa moyenne plus élevée que le témoin (127g).

4.2.4 LE RENDEMENT

En **monoculture**, la différence entre les fumures est significative, le bat-guano donne un rendement (4, 18Mg.ha⁻¹) statistiquement plus élevé que tithonia (3,73g Mg.ha⁻¹) et celui-ci donne un rendement plus élevé que le témoin (0,96 Mg.ha⁻¹).

En **association du maïs au niébé**, la différence est significative entre les fumures. Le bat-guano donne un rendement de (3,19 Mg.ha⁻¹) statistiquement plus élevé que le tithonia (2,77 Mg.ha⁻¹) et celui-ci a un rendement plus élevé que le témoin (0,76 Mg.ha⁻¹).

Les tableaux 5 et 6, ci-après donnent l'accroissement du rendement de fumures utilisées par rapport au témoin.

Tableau 5. *Accroissement du rendement de la culture de maïs sous application de fumures utilisées par rapport au témoin (en monoculture du maïs)*

Variétés en monoculture	Traitements	Rendement (Mg/ha)	Accroissement du rendement par rapport au témoin (%)
QPM3	F ₁	3,73	288,3
	F ₂	4,18	335,4
	F ₀	0,96	---
Mus1	F ₁	2,43	138,2
	F ₂	3,82	274,5
	F ₀	1,02	---

F₁: Traitement au Tithonia; F₂: Traitement au bat-guano; F₀: Témoin sans fertilisant

En monoculture, le bat guano se plaçant en tête, suivi par le tithonia. Il varie de 100 à 300% avec la variété Mus1, le bat guano se plaçant encore en tête, suivi par le tithonia.

Tableau 6. *Accroissement du rendement de la culture du maïs en association au niébé avec les fumures utilisées par rapport au témoin*

Variétés en association au niébé	Traitements	Rendement (Mg/ha)	Accroissement du rendement par rapport au témoin (%)
QPM3	F ₁	2,77	264,4
	F ₂	3,19	319,7
	F ₀	0,76	---
Mus1	F ₁	1,4	70,7
	F ₂	2,89	252,4
	F ₀	0,82	---

F₁: Traitement au Tithonia; F₂: Traitement au bat-guano; F₀: Témoin sans fertilisant

En association maïs-niébé, l'accroissement du rendement par rapport au témoin va de 200 à 300%, le bat-guano vient en tête, suivi par le tithonia. Les tableaux 7, 8. et 9. Donnent respectivement le coût engagé pour les fumures utilisées, les recettes susceptibles d'être réalisées dans la vente du produit de la récolte et la rentabilité générée par les fumures utilisées.

4.3 RENTABILITÉ DES FERTILISANTS UTILISÉES

Tableau 7. *Coût engagé pour les fumures utilisées*

Fertilisants avec la variété QPM3	Prix par unité expérimentale (P) (FC)	Nombre d'unités expérimentales (N)	Coût total (PXN) (FC)
Témoin	---	---	---
Tithonia	2666,66	36	96000
Bat-guano	3166,66	36	114000
Fertilisants avec la variété Mus1	Prix par unité expérimentale (P) (FC)	Nombre d'unités expérimentales (N)	Coût total (PXN) (FC)
Témoin	---	---	---
Tithonia	2666,66	36	96000
Bat-guano	3166,66	36	114000

Le bat-guano engage un coût plus élevé que le tithonia à cause des frais engagé pour sa disponibilisation et son épandage au champ.

Tableau 8. Recettes réalisables sur l'accroissement de la production obtenue

Fertilisants avec la Variété QPM3	Rendement Kg.ha ⁻¹	Accroissement du rendement	Prix unitaire FC/Kg	Valeur monétaire des surplus (FC)
Témoin	960	---	350	---
Tithonia	2770	1810	350	633500
Bat-guano	3190	2230	350	780500
Fertilisants avec la variété QPM3	Rendement Kg.ha ⁻¹	Accroissement du rendement	Prix unitaire FC/Kg	Valeur monétaire des surplus (FC)
Témoin	1020	---	350	---
Tithonia	1400	380	350	133000
Bat-guano	2890	1490	350	521500

Le bat-guano donne un grand montant que le tithonia sur les recettes réalisées par la vente du produit de la récolte, avec les deux variétés de maïs

Tableau 9. Rentabilité économique des fumures utilisées sur la culture du maïs

Fertilisants avec V.QPM3	Recettes sur accroissement/Production (R)	Dépense pour les fumures (D)	Taux Rentabilité (R/D)
Témoin	---	---	---
Tithonia	633500	96000	6,5
Bat-guano	780500	114000	6,8
Fertilisant avec la variété Mus	Recettes sur accroissement/Production (R)	Dépense pour les fumures (D)	Taux Rentabilité (R/D)
Témoin	---	---	---
Tithonia	133000	96000	1,5
Bat-guano	521500	114000	4,5

Le bat-guano génère une rentabilité plus élevée que le tithonia, dans les deux variétés de maïs.

5 DISCUSSION

En ce qui concerne les paramètres végétatifs de la culture du maïs, on observe que:

- **Le taux de levée** n'est pas le même pour les deux fumures en monoculture de maïs comme en association maïs-niébé. Le tithonia a un taux de levée supérieur au bat-guano, ce qui serait dû à la production de l'ammoniac à partir du bat-guano. Celui-ci a un impact négatif sur la germination [15].
- **Le diamètre au collet** est le même pour les deux fumures. Ce qui s'expliquerait par le fait que le diamètre au collet est une caractéristique plus variétale qui n'est pas très impactée par les fumures [12].
- **La hauteur de plants**, pour ce paramètre, on observe que le bat-guano donne une valeur moyenne significativement plus élevée que le Tithonia du fait de sa richesse en éléments nutritifs [15], [19].

Par rapport aux paramètres de rendement

Au niveau de fumures, pour les paramètres de rendement, en monoculture comme en association maïs-niébé, on observe globalement que le bat-guano donne de valeurs moyennes significativement plus élevées que le Tithonia du fait de sa richesse en éléments nutritifs. Cependant le Tithonia s'arrangeant dans la catégorie d'arbres fixateurs d'azote, il contribue dans l'amélioration biologique de la fertilité du sol.

Ceci explique ses performances comparativement à la plupart d'autres arbres fixateurs d'azote [16]; [20]; [18]; [22]; [21]. Quant à l'accroissement du rendement par rapport au témoin, il traduit la tendance des résultats qui ont été enregistrés sur ce paramètre, il se situe au-dessus (variant aux environs de 100 à plus de 300%) de celui qui a été enregistré en Afrique de

l'Ouest [23]; [24]; [27] de l'ordre de 140%. Ce résultat montre bien les performances de ces deux matières organiques par rapport à d'autres même si les conditions édapho-climatiques peuvent être différentes.

En ce qui concerne la rentabilité de ces deux fumures par rapport au témoin, elle est évidemment supérieure à celle de beaucoup d'autres matières organiques et à l'instar de résultats enregistrés avec l'accroissement du rendement par rapport au témoin, elle varie de 4 à 7. Dans la mesure où elles offrent la possibilité de minimisation de leur coût, leur rentabilité peut encore s'accroître étant donné que ces deux matières organiques sont à la portée des producteurs.

6 CONCLUSION

L'étude qui a été menée, met en évidence un effet nettement bénéfique de l'utilisation des fertilisants naturels à savoir le *Tithonia* et le bat guano sur la culture du maïs en monoculture comme en association avec le niébé. L'analyse des données indique que le traitement au bat-guano s'est révélé être la fumure susceptible d'améliorer significativement les composantes végétatives et de rendement du maïs grain par rapport au tithonia. D'une manière générale, tous les deux traitements ont eu des rendements plus élevés par rapport au témoin (F_0). Les deux peuvent ainsi être utilisés pour accroître la fertilité du sol et augmenter de façon significative les rendements de cultures et par conséquent contribuer à l'amélioration de la production de maïs. Le bat-guano donne dans l'ensemble de valeurs plus élevées que le *Tithonia diversifolia*.

Il peut être retenu que ces deux matières organiques utilisées comme fumures sur la culture du maïs, induisent un accroissement du rendement plus élevé en monoculture qu'en association au niébé. Cet accroissement de rendement est plus élevé pour le bat-guano en comparativement au *Tithonia diversifolia*.

A la vue des résultats enregistrés, il peut être observé que l'association maïs-niébé n'accroît ni la croissance de la culture du maïs, ni non plus son rendement. Vraisemblablement la légumineuse (niébé) associée n'enrichit pas toujours le sol en azote, au point que la culture du maïs (céréale) en bénéficie substantiellement. L'azote fixé est plus utilisé par le niébé (légumineuse) qui croît au même moment que la céréale.

REFERENCES

- [1] Anonyme: Monographie de la Province du Kasai-Oriental. Programme national de relance du Secteur, Agricole rural (MNSAR) 997-2001 Programme des Nations Unies pour le Développement, Agence de Nations Unies pour les Services aux projets (UNOPS), Kinshasa, 277p, 1998.
- [2] Rapport annuel du territoire de Ngandajika province du Kasai-Oriental. RDC, 2-5pp, 2003.
- [3] Anonyme: Chauves-souris, oiseaux et entreprise rurale, Guanomad S.A., Madagascar, 2014.
- [4] Ayuke F.O., L. Brussaard, B. Vanlauwe, J. Six, D.K. Lelei, C.N. Kibunja, M.M. Pulleman: Gestion de la fertilité des sols: Impacts sur le sol macrofaune, l'agrégation du sol et de la répartition du sol en matière organique, l'écologie du sol appliquée ISSN: 0929-1393, 2011.
- [5] Bressani R.: Nutritional value of high lysine maize in humans In: Cereals food World 36: 806-811, 1991.
- [6] Crabbe et Totiwe, paramètres moyens et extrêmes principaux du climat des stations du réseau INERA Sections de Climatologie Yangambi, 1979.
- [7] Culot J.P. et H. Laudelout: Rétrogradation et utilisation des engrais phosphaté dans les sols du Congo Belge. Pédologie 87: 162-168, 1959.
- [8] Ibrahima A., C. Abib Fanta et R. Ndjouenkeu: Impact de la gestion de la matière organique sur le statut minéral des sols et des récoltes dans les savanes soudano-guinéennes de Ngaoundéré, Cameroun, In: Seiny-Boumard P. (Eds). Savanes africaines en développement: innover pour durer, Actes du colloque, Garoua, Cameroun, pp1-10, 2009.
- [9] Igue A.M., C.A. Oga, I. Balogoun, A. Saidou, G. Ezui, S. Youl, G. Kpagbin, A. Mando, M.J. Sogbedji: Détermination Des Formules D'engrais Minéraux Et Organiques Sur Deux types De Sols. Pour une Meilleure Productivité De Maïs (*Zea mays* L.). Dans la commune De Banikora (Nord-Est Du Bénin, 2016.
- [10] Ikerra S.T., E. Semu and J.P Mrema: The «Secret» Behind the Good performance of *Tithonia diversifolia* on P. availability as compared to Other Green Revolution in Africa. Exploring the Scientific Facts. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 2011.
- [11] Janssens, 1998): Summary of agronomic fertilizer trials in the Province of Kasai oriental (democratic republic of Congo) FAO (food agriculture organization) division of the development of land and water. Technical report and CD-OM. Rome 98/1 and 98/3.

- [12] Kaho F., M. Yemefack, P. Feujio -Teguetfouet et J.C. Tchantchaouang: Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun in *Tropicultura*, 29,1,39-45, 2011.
- [13] Krivanek A.F., H. De Grotte, N.S. Gunaratna, A.O. Diallo and D. Friesen: Breeding and disseminating quality protein maize (Q PM) for Africa. *Afr. J. Biotechnol*; 6: 312-324, 2007.
- [14] Ngongo L., E.V. Ranst, G. Baert, E.L. Kasongo, A. Verdoodt, B.B. Mujinya, and J.M. Mukalay: Guide des sols en R.D.Congo, Tome I: Guide de gestion. UNILU, Lubumbashi, 262p, 2009.
- [15] Nkongolo M.: Comparaison du bat-guano aux engrais minéraux sur la culture du maïs. Verlag/ Editions universitaires européennes, 2016.
- [16] Raberzandrina R.: Biométhanisation et recyclage de la matière organique en Agriculture. In: Les arbres fixateurs d'azote, L'amélioration biologique de la fertilité du sol, Paris Ostorm 467-472 (Colloques et Seminaire), 1987.
- [17] Rishirumuhirwa T.E., C. Birasa, L. Bigura, Lunze et M. Kurayum: Pedological study of eight sites for fertilizers trails in Economic Community of Great Lakes Countries C.E.P.G.L. (Moso, Mashitsi, Rubona, Karama, Yangambi, Mulungu, Gandajika, M'vuazi, Gitega, République de Burundi, IRAZ (Institut de Recherche Agronomique et Zootechnique de la CEPGL) 110p, 1989.
- [18] Rutunga V., N.K. Karanja, C.K.K. Gachene, C. Palm: Biomass production and nutrient accumulation by *Tephrosia vogelii* (Hemsley) A. Gray and *Tithonia diversifolia* Hook F., fallows during the six months growth period at Maseno, Western Kenya, 1999.
- [19] Sopic J.: Engrais guano, Ooreka, 123 RF, 2016.
- [20] Smaling E.M.A., S.M. Nandwa and B.H. Janseen: Soil fertility in Africa is at stake. In: Buresh R.J., Sanchez P.A., Calhoun F. (Eds). *Replenishing Soil Fertility in Africa*. SSSA Special Publ. SI. SSSA, Madison, WI, 1997.
- [21] Schlecht E.A., A. Buerkert, E. Tielkes and A. Bationo: A critical analysis of challenges and opportunities for soil fertility restoration in sudano-sahélien West Africa, in *Advances in integrated soil fertility management in sub-saharian Africa: challenges and opportunities*, ed. Bationo A., Waswa B., Kihara J., Kimetu J., Springer), 2007.
- [22] Thorsm S.B., H. Tiessen, et K.J. Buresh: Short fallows of *Tithonia diversifolia* and *Crotalaria grahamiana* for soil fertility improvement in Western Kenya, *Agroforestry systems*, 55, 181-194, 2002.
- [23] Pol V.D.: *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub- Saharan Africa*, Springer Shop, Amazon France, 1993.
- [24] Vanlauwe B., J. Wendt, and J. Diels: Combined Application of Organic Matter and Fertilizer, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. *Sustaining Soil Fertility in West Africa* SSSA Special Publication n°.58, 2001.
- [25] Vietmeyer N.D.: A drama in three long acts: The story of the development of quality protein maize. *Diversity* 16: 29-32, 2000.
- [26] Vivek B.S., A.G. Krivanek, N. Palacios-Rojas, S. Twumasi-Afriyies and A.O. Diallo: Breeding Quality Protein Maize (QPM): Protocols for Developing QPM Cultivars. Mexico, D.F. CIMMYT, 2008.
- [27] Wopereis M.C.S., and A. Maatman: Improving farming livelihoods in sub-Saharan Africa: the case for integrated soil fertility management in: IFDC, Proc of the ISFM training, 7-12 Octobre, Lomé, IFDC-Division Afrique, 25p, 2002.

Appréciation des performances zoo technico-économique des poulets de chair nourris au *Vigna Sinensis* comparé au Soja (graine) et du maïs QPM au maïs commun

[Assessment of the zootechnico-economic performances of broiler chickens feeded on *Vigna Sinensis* compared with Soybean (seed) and QPM corn with common corn]

Charles Ilunga, Evelyne Madilo, Ernest Bakamwimba, Alidor Biaya, Jackson Muepu, and Patrick Kabambi

Université Officielle de Mbujimayi, RD Congo

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

ABSTRACT: This article is a contribution to increasing the profitability of broiler breeders in Kasai in general and in Mbujimayi in particular, by developing a feed that would cost less compared to imported commercial feed. And to consider the possibility of replacing conventional protein ingredients with *Vigna sinensis* and QPM maize in the broiler ration. It appears that after 42 days of observation, the commercial food (R0) was better in terms of average live weight, i.e. 2,168 grams, while the food based on corn QPM + *Vigna sinensis* comes second position with 1,940.7 grams. The trend was further confirmed with regard to the quantity of feed consumed per chicken, the weekly weight gain, the consumption index, the weekly cost of feed. However, it was found that the commercial feed is expensive (18,995.49 FC) and provides a low profit (7,702.98 FC) compared to the feed based on QPM maize + *Vigna sinensis* whose total cost was evaluated. To 14,340.48 FC and having procured a profit equivalent to 8,997.92 FC. The substitution of *Vigna sinensis* as a protein ingredient can thus become a basic ingredient in the formulation of Cobb 500 broiler feed to replace the commercial feed which is imported into Zambia and whose price on the market is increasing. For poultry farmers, QPM maize and *Vigna sinensis* will be a way out to solve food problems in terms of quantity and quality.

KEYWORDS: Cobb 500, feed, substitution, energy ingredient, protein ingredient.

RESUME: Cet article est une contribution à l'augmentation de la rentabilité des éleveurs des poulets de chair au Kasai en générale et à Mbujimayi en particulier, par une mise au point d'un aliment qui coûterait moins cher par rapport aux aliments commerciaux importé. Et aussi d'envisager la possibilité de substituer les ingrédients protéiques conventionnels par *Vigna sinensis* et maïs QPM dans la ration des poulets de chair. Il ressort qu'après 42 jours d'observation, l'aliment commercial (R0) s'est montré meilleur en termes de poids vifs moyen soit 2 168 gramme alors que l'aliment à base du maïs QPM + du *Vigna sinensis* vient en deuxième position avec 1 940.7 gramme. La tendance s'est encore confirmée quant à la quantité d'aliment consommée par poulet, au gain de poids hebdomadaire à l'indice de consommation, au coût hebdomadaire d'aliment. Cependant, il a été constaté que l'aliment commercial coûte cher (18 995,49Fc) et procure un profit faible (7 702.98FC) comparativement à l'aliment à base du maïs QPM + du *Vigna sinensis* dont le coût total a été évalué à 14 340.48 FC et ayant procuré un profit équivalent à 8 997.92 FC. La substitution de *Vigna sinensis* comme ingrédient protéique peut ainsi devenir un ingrédient de base dans la formulation d'aliments pour poulet de chair Cobb 500 en remplacement de l'aliment commercial qui est importé en Zambie et dont le prix sur le marché est croissant. Pour les aviculteurs, le maïs QPM et *Vigna sinensis* constituera une porte de sortie pour résoudre les problèmes alimentaires en quantité et qualité.

MOTS-CLEFS: Cobb 500, provende, substitution, ingrédient énergétique, ingrédient protéique.

1 INTRODUCTION

La ville de Mbujimayi est située dans la province du Kasai-Oriental, en République Démocratique du Congo, au cœur de l'Afrique [17]. Son enclavement par rapport à d'autres provinces [23] et l'abandon total des travaux de sélection et de multiplication dans le domaine avicole, initiés vers les années 1970 -1980 par le Domaine Avicole Industriel Présidentiel de la N'Sele (D.A.I.P.N) [7], rendent les aviculteurs de la région Kasaienne en général et de la ville de Mbujimayi en particulier dépendant des industries de l'alimentation animale Zambienne. Face à cette situation, les prix des produits vétérinaires, des additifs alimentaires, des œufs, des poussins d'un jour et des provendes commerciales importé de la Zambie sont couramment rare et trois à cinq fois plus cher à l'instar d'autres province de la R D Congo.

Cependant, dans le but d'assurer l'élevage et de contourner les contraintes observées dans l'approvisionnement sur les marchés de la ville de Mbujimayi, les aviculteurs préfèrent fabriquer localement les aliments des volailles en vue de maintenir un niveau de profit satisfaisant [15]. De ce fait, bien que l'élevage de volaille assure un rôle important dans la lutte contre la pauvreté et l'autosuffisance alimentaire dans les ménages démunis, particulièrement en protéines animales [18], les contraintes liées à la fabrication d'un aliment équilibré restent perceptibles dans l'acquisition de certains ingrédients énergétiques et protéiques conventionnels tels que: le soja (souvent coûteux) et le maïs commun (pauvre en protéine) [29].

Sur ce, pour formuler et produire un aliment des volailles équilibrés [14], par les aviculteurs de la ville de Mbujimayi, seul la composition des matières premières (contrainte majeure) coûterait plus de 80 à 90% du coût total des opérations de production avicole dans ladite province, ce qui rend cette activité moins rentable et décourage la plupart des éleveurs [16]. Par ailleurs, D'après [31]; [24], cite par [14] et le coût élevé des provendes limite le développement avicole; Seul l'alimentation des poulets de chair sous d'autres cieus varie entre 60 - 70 à 80% des coûts total de la production [21].

Eu égard à [1] les graines de soja dans le monde constituent une source principale de protéine végétale en aviculture. L'utilisation de tourteau de soja dans l'alimentation animale s'est accrue de plus en plus en fonction d'une région à l'autre et selon les saisons, Ainsi, dans la formulation de la ration de volailles à Mbujimayi, à défaut des tourteaux de soja seule les graines sont utilisées comme source protéique. Nonobstant, les coûts élevés sur le marché de soja graine est le principal facteur qui limiterait son utilisation et affaiblirait le développement de l'aviculture dans certains pays de l'Afrique [32], cité par [20]. D'où parmi les légumineuses cultivés dans la province du Kasai, susceptibles de fournir un produit de substitution qui coûterait moins cher, la *Vigna sinensis* très intéressante du point de vue agronomique [9]. Par ailleurs, en plus d'une affaiblissant teneur importante en matière azotées, on peut souligner sa teneur élevée en lysine (7,3g/16gN) [21] qui lui confère une bonne valeur des suppléments vis-à-vis des protéines de céréales.

En outre, dans la formulation des rations, le maïs est la céréale de choix pour l'alimentation des volailles. C'est l'ingrédient le plus utilisé dans l'alimentation des monogastriques. Il est une composante importante, et généralement incorporé dans la ration des volailles à plus 60% [26]. Sur ce, l'amidon du maïs est celui qui présente la digestibilité la plus élevée chez les oiseaux 98%) [30]. Il constitue l'ingrédient majeur, de sorte qu'il possède une valeur énergétique élevée [5]; [10]; [22], cité par [19]. Malgré cela, il reste une source pauvre en protéines confirmer par les résultats trouvés par différents chercheurs dans le monde scientifique. De ce fait, il présente un profil d'acides aminés déséquilibré et notamment une déficience en lysine et en tryptophane deux acides aminés essentiels dans la croissance des poulets de chair [28].

Selon [20], « *Le maïs à qualité protéique développé par le Centre International d'Amélioration de Maïs et Blé (CIMMYT) vers les années 1990, contient deux fois plus de lysine et de tryptophane, comparativement au maïs normal et lui confèrent une haute valeur nutritive.* » La substitution des ingrédients énergétiques et protéiques conventionnels comme le soja (souvent coûteux) et le maïs commun (pauvre en protéine) par le QPM et *vigna sinensis* (coûte moins cher) dans la ration des poulets de chair peut s'avérer intéressante en ce qu'elle réduirait le coût de fabrication d'une ration équilibré des volailles dans le Kasai oriental en général et dans la ville de Mbujimayi en particulier.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

L'étude était réalisée pour une durée allant du 01/04/2023 au 15/05/2023, dans la ville de Mbujimayi. La position géographique situe la situe à 6° 10' de latitude Sud, 23° 27' de longitude Est et à environ 740m d'altitude. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est du type AW3. La moyenne des précipitations est de 1500 mm d'eau, et la température moyenne annuelle est de 25,4°C dont le mois de mai est le plus chaud de l'année et juillet le plus froid de l'année [17].

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE ET NON BIOLOGIQUE

Les matériels biologiques utilisés dans cette étude étaient constitués des poussins élevés dans un bâtiment d'élevage de 15m de long x 6m de large, offrant aux poussins une bonne ambiance, un éclairage et une bonne ventilation. 15 mangeoires en plastique de 50 cm de longueur et 10 cm de largeur étaient utilisés durant la période de démarrage (un/cage) et à la finition 15 autres mangeoires en bois (un par cage) de 100 cm de longueur et 20 cm de largeur. Il a été aussi pour 15 abreuvoirs en plastique d'une capacité de 2,5 litres (un /cage) étaient utilisées dans cette expérimentation.

2.3 ALIMENTAIRES ET DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

La taille de l'échantillon était de 150 poussins Cobb 500 non sexés en provenance de la Zambie (population totale). Ils ont été pesés individuellement avant d'être répartis au hasard dans 3 unités expérimentales de 15 poussins chacune et élevés sur litière de copeaux de bois. Le dispositif expérimental utilisé était un plan randomisé avec cinq traitements: R0, R1, R2, R3 et R4.

La pesée des animaux était hebdomadaire et la quantité d'aliments consommés (servis – refus) était relevée quotidiennement. L'évaluation économique a été faite sur base du coût de production alimentaire de R0, R1, R2, R3 et R4 à partir du prix des ingrédients relevés sur le marché local et du coût d'achat de R0. Pour minimiser le coût de fabrication d'aliments locaux seuls les ingrédients disponibles dans les environnements des éleveurs ont été pris en considérations. Les proportions en ingrédients disponibles sur le marché et les valeurs alimentaires estimées de cinq aliments (les témoins ou l'aliment commercial (R0), l'aliment à base de QPM +Soja graine (R1), l'aliment à base de QPM +*Vigna sinensis* (R2), l'aliment à base du maïs commun +Soja graine (R3) et l'aliment à base du maïs commun +*Vigna sinensis* (R4),) sont présentées au tableau ci-dessous.

Tableau 1. Composition et valeurs alimentaires des rations d'expérimentation

Ingrédients	Aliments expérimentaux				
	R0	R1	R2	R3	R4
Maïs commun (%)	59.00	0.00	0.00	60.00	60.00
Maïs QPM	0.00	60.00	60.00	0.00	0.00
Son de blé (%)	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tourteau palmiste (%)	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Farine de soja (%)	19.80	20.00	0.00	20.00	0.00
<i>Vigna sinensis</i>	0.00	0.00	20.00	10.00	20.00
Farine de poisson	0.00	10.00	10.00	2.00	10.00
Farine de Chenille	0.00	2.00	2.00	1.00	2.00
Huile de palme	1.00	1.00	1.00	5.00	1.00
Poudre de moringa	0.00	5.00	5.00	0.00	5.00
A.A. de synthèse (%)	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00
Calcium (%)	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
Phosphate bicalcique (%)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CMV (%)	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Sel Na Cl (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	100	100	100	100	100

CMV: Complément minéral et vitamine, A.A: Acide Aminé

Tableau 2. La composition chimique de *Vigna sinensis* et soja graine

Aliment	<i>Vigna sinensis</i>		Soja graine
	Cru	Autoclave	
Matière sèche	86,36	89,22	89,36
Composition en p.100MS			
Matière azoté (N x6, 25)	27,42	27,05	51,28
Cellulose brute (WEENDE)	5,83	---	6,71
ADF ⁽¹⁾	7,95	---	10,47
NDF ⁽²⁾	11,56	---	11,78
Amidon ⁽³⁾	42,20	41,76	---
Énergie brute (Kcal/Kg MS)	4 315	4 463	4 653
Matière minérale p.100MS			
Total	5,35	4,07	7,58 ⁽⁴⁾
Ca	0,07	---	0,36
P	0,51	---	0,75
K	1,28	---	2,21
Na	0,01	---	0,38

Cellulose + Lignine, dose par méthode de VAN SOEST (1963)

Cellulose + Lignine +hémicellulose, dose par la méthode de VAN SOEST (1967)

Dose par voie enzymatique (THIVEND et. al. 1965) Selon NRC (1968)

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

Les différentes données récoltées ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel Statistix. 10. Le test de Least Significant Difference (LSD) pour la comparaison des moyennes au seuil de probabilité de 5 %. Le Microsoft Office Excel (2010) avait servi dans la transcription des données et à la présentation graphique de certains résultats.

3 PRESENTATION DES RESULTATS

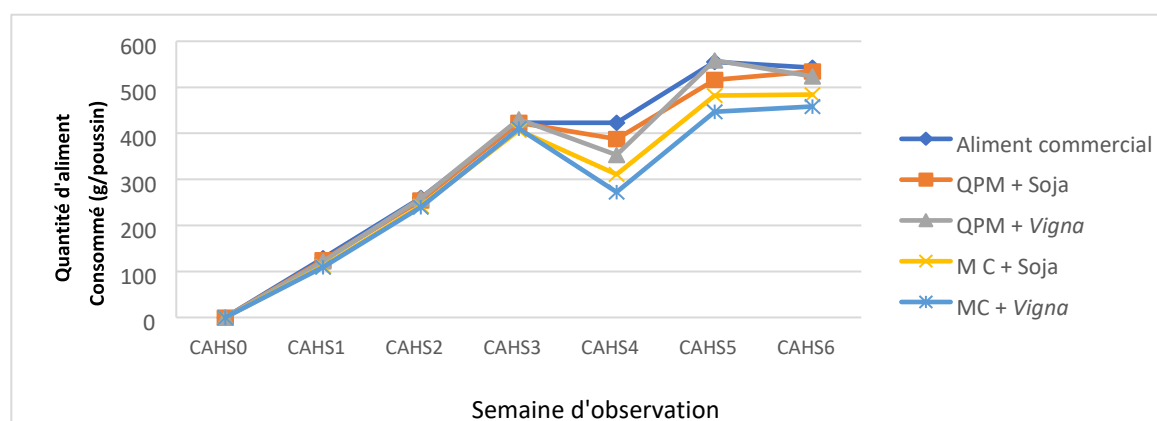


Fig. 1. Consommation hebdomadaire de poussins Cobb suivant le type d'aliments apportés

Il ressort des résultats relatifs à l'évolution de quantité d'aliment consommés que la même tendance observée quant à l'évolution du poids vif hebdomadaire (Figure 2) demeure aussi valable pour l'évolution de quantité d'aliments consommés (Figure 1).

Cependant, il y a lieu de constater que la consommation était significativement presque la même ($p=5\%$) durant les trois premières semaines. A la quatrième semaine, la consommation de l'aliment T0, T1, T2, T3 et T4 a significativement baissé suite au changement brusque de la ration de démarrage à la ration de finition.

L'analyse de la variance a révélé que les moyennes entre différentes rations ne sont pas significativement différentes les unes des autres. L'ordre de consommation a été élevé pour l'aliment commercial avec une consommation moyenne

hebdomadaire de 542.33g, suivi de la ration à base de QPM + Soja 534.67g et QPM + *Vigna sinensis* 524g et 484.33g pour l'aliment à base du maïs commun+ Soja et enfin 458.33 pour maïs commun+ *Vigna sinensis*.

Il ressort de la comparaison des données entre différentes rations, la moyenne hebdomadaire de l'aliment commercial (542.33g,) était bien appréciée par rapport aux quatre autres fabriquées localement.

La Figure 2, présente l'évolution de poids vif de poule Cobb 500 sous l'effet de la nutrition avec différents aliments préparés.

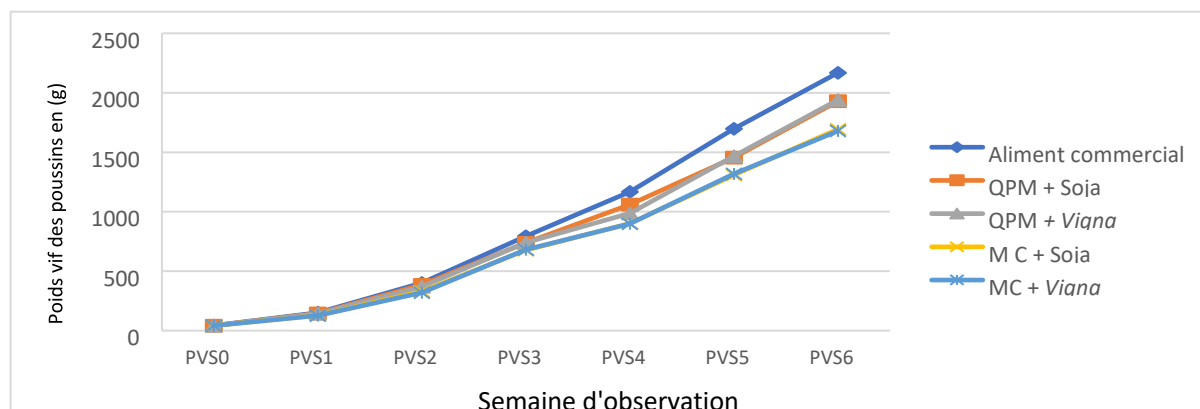


Fig. 2. Evolution de poids vif de poule Cobb 500 sous l'effet de la nutrition avec différents aliments préparés

A la lecture de résultats relatifs à l'évolution du poids vif hebdomadaire moyen exposé à la Figure 2, Il ressort de cette figure que la différence entre les poussins d'un jour n'est pas significative. Il s'est dégagé une évolution pondérale similaire durant les deux premières semaines entre R1 et R2 (pas de différences significatives) et en suite entre R1, R3, R4 et R5 dans lesquels les moyennes ne sont pas significativement différentes ($p=5\%$) les unes des autres jusqu'à trois semaines d'observation sous la nutrition des 5 aliments sous observation.

Les poussins nourris à base du maïs QPM + soja et *Vigna sinensis* ont tous présentés un poids vif significativement presque la même ($p=0,05$) jusqu'à la fin d'observation (sixième semaine). Cependant, les poussins nourris à base du maïs commun + soja et *Vigna sinensis* présentent un poids vif significativement faibles ($p=5\%$) à l'opposer des poussins soumis à ration à base de l'aliment commercial importé de la Zambie qui se sont démarqués des poussins nourris à base de différents aliments fabriqués localement à la troisième semaine,

Les différents poids vifs observé en fin d'observation (sixième semaine) ont été respectivement 2168 g pour l'aliment importé (RO), QPM + *Vigna sinensis* 1940,7g, QPM + Soja 1929 g, 1694,3 pour le maïs commun à base de soja et 1679 g à base de *Vigna sinensis*.

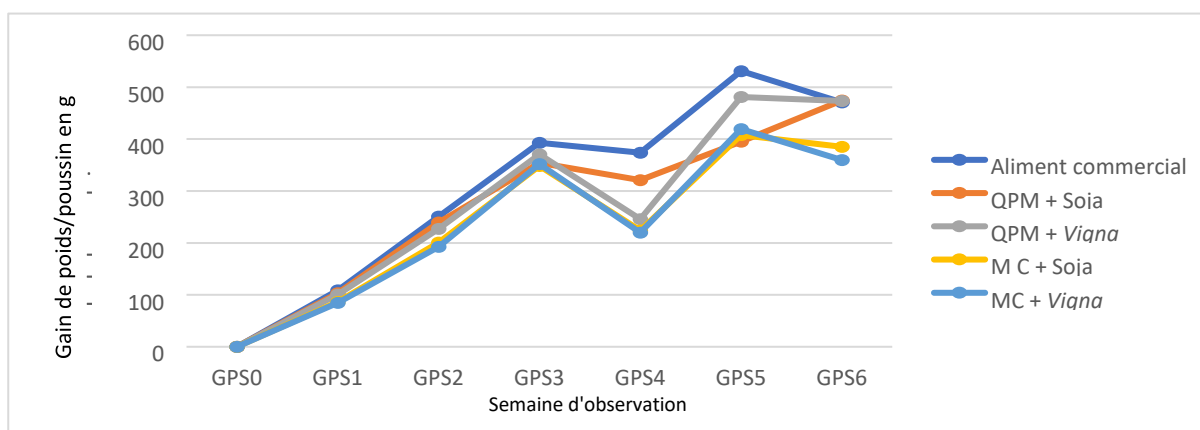


Fig. 3. Gain hebdomadaire de poids de poussins Cobb 500 suivant le type d'aliment apporté

Quant à l'évolution de gain de poids hebdomadaire de poussins Cobb 500 en fonction des différents aliments apportés (Figure 2), il ressort que les moyennes entrent différentes rations ne sont pas significativement ($p=5\%$) différentes l'une de l'autre durant la 1^{ère}, 2^{ème}, la 3^{ème} semaine.

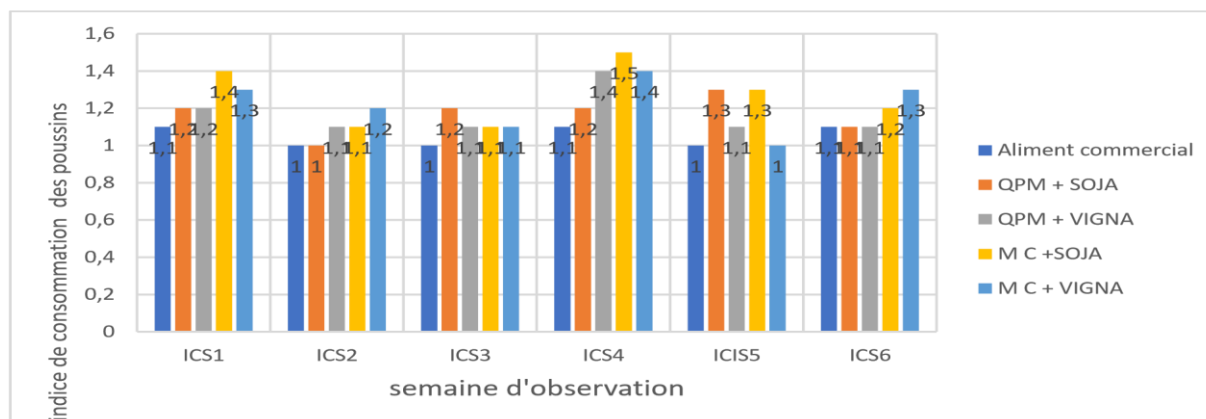


Fig. 4. Indice de consommation de poussins Cobb 500 sous l'effet de différents types d'aliments apportés

L'analyse de variance démontre qu'il n'y a pas une différence significative ($p=5\%$) entre les quatre rations durant la 2^{ème}, 3^{ème}, 5^{ème}, et 6^{ème} semaine. D'après Anonyme 2015, la formulation correcte des aliments pour un âge donné permet d'optimiser la consommation alimentaire et la croissance des poulets de chair en assurant une utilisation efficace des nutriments.

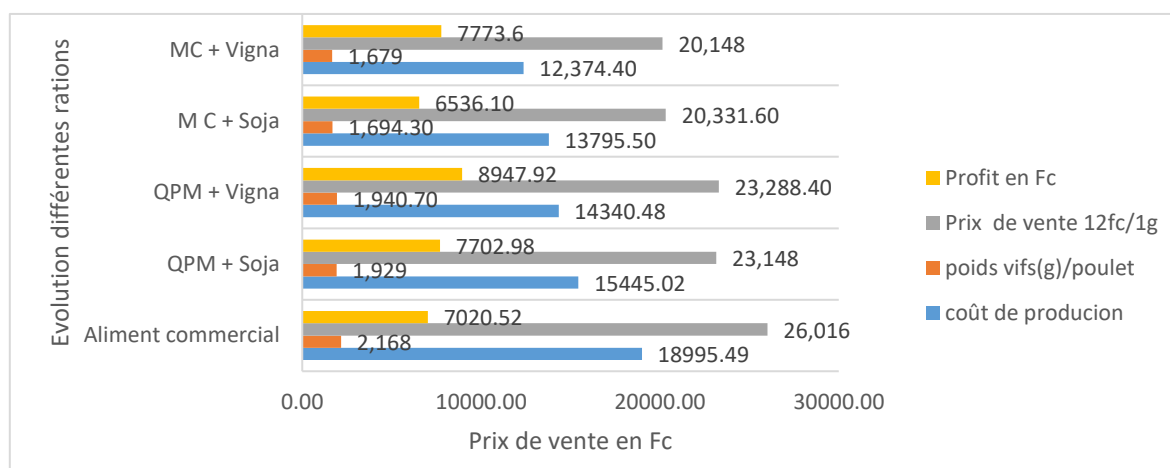


Fig. 5. Coût de production en fonction des poids vifs (g) des poulets de chair élevés durant 42 jours d'expérimentation et le profit réalisé par différentes rations

A la lecture des résultats relatifs au coût d'aliment (Figure 5), il découle que le cout d'aliment consommé pendant 42 jours pour produire 1kg de viande reste supérieure pour la ration commerciale 18 995,49Fc suivi 15445.02 FC pour la ration à base de QPM + Soja, 14340.48 FC pour le QPM + *Vigna sinensis*, 13795.50 FC pour l'aliment à base du maïs commun + Soja et 12374 et 40 FC pour le maïs commun + *Vigna sinensis*.

Il ressort du figure 5 que le cout de l'aliment importé reste toujours très élevé soit 18995.49Fc, suivi l'aliment à base du QPM + Soja 15445.02Fc et QPM – *Vigna sinensis* 14340.48Fc, de l'aliment à base du maïs commun + Soja 13795.50Fc et afin 12374.40 FC pour l'aliment à base du maïs commun + Soja.

Cependant, bien que le prix de revient pour les poulets nourris avec l'aliment importé reste significativement supérieur (26016 FC) suivi de l'aliment à base de QPM + *Vigna* (23288.40FC), QPM + Soja (23148 FC), et de l'aliment à base du maïs commun + Soja (20331.60 FC) et (20148 FC) maïs commun + *Vigna sinensis*, le profit significativement supérieur est par contre réalisé avec la ration à base QPM + *Vigna sinensis*, 8997.92 FC suivi de l'aliment à base du maïs commun + *Vigna sinensis* (7773, 6FC), 7020.52 FC pour l'aliment commercial, 7702.98FC QPM + Soja et afin le maïs commun + Soja enregistre un profit significativement faible de 6536.10 FC.

4 DISCUSSION

4.1 CONSOMMATION HEBDOMADAIRE DE POUSSENS COBB SUIVANT LE TYPE D'ALIMENTS APPORTÉS

D'après [27], l'aliment complet en farine utilisée ad libitum s'est révélé jusqu'à ce jour inefficace pour compenser les effets négatifs de la chaleur sur les performances de poulets de chair en zone tropicale. Ainsi le changement brusque entre différents types d'aliments (aliment de démarrage et de finition) stress les volailles.

Comparativement aux résultats obtenus à l'aide de 4 aliments fabriqués localement (T1, T2, T3 et T4) la différence sur l'appétence contre l'aliment commercial pourrait être due au broyage de certains ingrédients (maïs, Soja graine, *Vigna sinensis*) qui avaient donné les particules très fines. Comparer aux résultats trouvés après expérimentation, la forme de présentation des aliments joue aussi un rôle important en favorisant la consommation. Les volailles n'aiment pas les particules fines (<1mm). Surtout chez les poulets au 2^{ème} âge [2].

Selon [13], la présentation de certains aliments (forme) et les teneurs en énergie métabolisable des végétaux incorporé dans la ration des volailles sont faibles, mais lorsque ceux-ci sont récoltés jeunes et dans bonnes conditions climatiques, la digestibilité apparente de l'azote est tout à fait correcte. Cependant la teneur en protéine et en fibres (notamment indigestibles) des végétaux varie fortement selon l'espèce et le stade de récolte et leur impact sur le transit digestif est mal connu jusqu'à présent.

Comparativement à ce qui est évoqué ci-haut, la grande quantité de la biomasse de *Moringa oleifera* incorporé dans les 4 rations fabriquées localement a été récolté à des arbustes âges trouvés dans la ville et le séchage était fait à l'air libre qui favorisait la volatilisation de l'azote. Cela pourrait justifier l'appétibilité faible des 4 rations fabriquées localement et les impacts négatifs observés sur les poids vifs durant l'expérimentation par rapport à l'aliment commercial.

4.2 L'ÉVOLUTION DE POIDS VIF DE POULE COBB 500 SOUS L'EFFET DE LA NUTRITION AVEC DIFFÉRENTS ALIMENTS PRÉPARÉS

D'après [8] et [4]. Le poulet de chair Cobb 500 est une souche puissante dont le poids peut atteindre 2,626 kg à six semaines. Il a connu une amélioration spectaculaire de sa productivité au fil des ans, grâce aux méthodes d'élevage, de la nutrition, de la génétique et de la médecine vétérinaire.

Comparé à ces résultats, le poids vif obtenu avec les cinq rations durant l'expérimentation serait inférieur au potentiel génétique de la souche Cobb 500. Selon Angulo et Urdoneta cité par [27], les températures élevées caractéristiques des régions tropicales entraînent non seulement une réduction notable d'ingestion d'aliment et une déduction dramatique des performances de productions, mais encore des instabilités excessives de poulet de chair en période de finition.

La différence du point de vue pondérale entre l'aliment commercial et les 4 aliments fabriqués localement s'expliquerait par l'argumentation de [11], qui stipule que l'une des difficultés principales dans l'établissement des aliments en production biologique réside dans le respect de l'équilibre entre acides aminés, l'utilisation des acides aminés industriels et autres additifs n'étant pas autorisée.

Comparativement aux résultats obtenus, l'aliment à base de QPM + Soja graine et *Vigna sinensis* renferment une bonne partie d'acides aminés naturels par rapport à l'aliment commercial qui contiendrait 0.10 % d'acides aminés de synthèse (Méthionine, Lysine) et 1.10% de complément minéral et vitamine dans l'aliment commercial.

Les résultats obtenus à la figure 2, démontre la différence des poids vifs entre la ration à base du maïs QPM et du maïs commun. Cela corrobore avec l'argumentation de [25]: le maïs commun n'est pas de très bonne qualité car elles sont déficientes en acides aminés essentiels (la lysine et le tryptophane) par rapport au maïs opaque 2 aussi bien que le QPM à albumen corné (Nutricia) ont une qualité protéique non seulement supérieure à celle du maïs commun, sa qualité nutritionnelle est déterminée par la constitution de ses protéines en acides aminés essentiels, notamment la lysine et le tryptophane.

4.3 GAIN HEBDOMADAIRE DE POIDS DE POUSSENS COBB 500 SUIVANT LE TYPE D'ALIMENT APPORTÉ

Il sied de noter qu'à la 4^{ème} et 6^{ème} semaines le gain de poids de tous les cinq rations expérimentales avaient connu une baisse. Cela s'expliquerait par l'argumentation évoquée par [24]: sur le changement brusque entre la ration de démarrage et la ration de finition (4^{ème} semaine) et certaines maladies (cas de la coccidiose observée à la 6^{ème} semaine) provoquent souvent le stress et baisse de rendement chez volailles.

D'après les analyses des résultats à l'aide d'un test de L.S.D. au seuil de 5%, il s'est dégagé deux tendances: il n'y a pas eu de différence significative à la sixième semaine entre l'aliment commercial 470.67g, 474.33g pour la ration à base de QPM + soja et 473.33g QPM + *Vigna sinensis*. La ration à base du maïs commun + Soja s'est démarqué avec 385.33g suivi de la ration à base du maïs commun + *Vigna sinensis* 355.67g. Comparativement à nos résultats, La différence en gain de poids entre (R1) (R2) et (R3) (R4), serait due à la valeur nutritionnelle élevée du QPM dont la digestibilité avoisine 80 à 90% celle du lait [12].

4.4 INDICE DE CONSOMMATION DE POUSSENS COBB 500 SOUS L'EFFET DE DIFFÉRENTS TYPES D'ALIMENTS APPORTÉS

Cependant, la différence significative s'est avérée durant la 1^{ère} et la 4^{ème} semaine selon le texte de L.S.D au seuil de 5%. Comparativement aux résultats trouvés par Anonyme 2015, la gestion du processus d'éclosion aura une incidence sur la croissance et l'IC, à cause de son impact sur le développement des intestins. De plus, un transport de poussins effectué dans de mauvaises conditions peut également altérer le développement du troupeau dans les premiers jours et impacter l'IC du troupeau final. Contrairement à la 4^{ème} semaine le même auteur parle d'un aliment non adapté ou une insuffisance du nombre de mangeoire peuvent avoir une incidence sur l'IC à cause de leur impact sur la consommation. La place à la mangeoire, la hauteur des chaînes d'alimentation et la qualité de l'aliment sont aussi des facteurs importants [3].

4.5 COÛT DE PRODUCTION EN FONCTION DES POIDS VIFS (G) DES POULETS DE CHAIR ÉLEVÉS DURANT 42 JOURS D'EXPÉRIMENTATION ET LE PROFIT RÉALISÉ PAR DIFFÉRENTES RATIONS

Selon [22], l'aliment de volaille constitue à elle seule 60 à 70% du cout, des opérations de la production Avicole. Ainsi, il été constaté à la figure 5 présentant le coût hebdomadaire de ces cinq aliments utilisés dans l'expérimentation que la quantité de provendes consommées pour avoir le poids de 1 kg reste toujours supérieure. Ceci revient à dire que cette théorie se vérifie de nouveau dans le cas de notre observation.

D'après [6]. Lors de la formulation d'un aliment efficient, son coût et sa qualité nutritionnelle doit couvrir tous les besoins nutritionnels essentiels des volailles. Il a été observé un profit réalisé avec la ration à base QPM + *Vigna sinensis*, supérieur et de l'ordre de 8997.92 FC contre (7773, 6FC) pour MC + *Vigna sinensis* suivi de 7020.52 FC pour l'aliment commercial. Cependant, le profit a été réduit pour les poulets nourris à base QPM + Soja (7702.98FC) et afin le maïs commun + Soja à réaliser un profit significativement faible de 6536.10 FC. Ceci serait dû par le fait que le profit dépend directement du coût brut engagé (les dépenses engagées pendant six semaines pour avoir un kilo de viande) ainsi que surtout du prix de revient sur le marché. Plus les coûts engagés sont exorbitants, moins l'on réalise de bénéfice. Ainsi, un aliment ayant un coût élevé est moins rentable sur le plan économique.

5 CONCLUSION

L'objectif de ce travail a été de mettre au point un aliment qui coûterait moins cher par rapport aux aliments commerciaux en provenance de la Zambie et aussi d'envisager la possibilité de substituer des ingrédients énergétiques et protéiques conventionnels comme le (soja souvent coûteux) et le maïs commun (pauvre en protéine) par le maïs QPM et *vigna sinensis* (coûte moins cher) dans la ration des poulets de chair.

Les résultats obtenus au cours de cette étude révèlent que l'aliment commercial (R0) était plus performant en termes de gain de poids (2168 g) et d'indice de conversion (1.05) tandis qu'en termes économiques, il s'est avéré moi bénéfique (7020.52 FC) que l'aliments à base de maïs QPM + *Vigna sinensis* (8997.92 FC), suivi de l'aliment à base du maïs commun + *Vigna sinensis* (7773, 6FC).

La substitution de *Vigna sinensis* comme ingrédient protéique peut ainsi devenir un ingrédient de base dans la formulation d'aliments pour poulet de chair en remplacement de l'aliment commercial qui est importé en Zambie et dont le prix sur le marché est croissant. La promotion de ce remplacement contribuera à la promotion de la production du maïs QPM et *Vigna sinensis* en République Démocratique du Congo en générale et au Kasai-Oriental en particulier. Pour les aviculteurs, le maïs QPM et *Vigna sinensis* constituera une porte de sortie pour résoudre les problèmes alimentaires en quantité et qualité, malgré que les acides aminés essentiels de synthèse (Méthionine, Lysine) et autres additifs difficile à retrouver sur le marché local n'étaient pas incorporés dans les différentes rations fabriquées localement.

REFERENCES

- [1] Abdelouahab O.: Le soja dans l'alimentation du poulet de chair Aspects qualitatif et Quantitatif, 2008 Mémoire Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De Magister En Médecine Vétérinaire Université Mentouri De Constantine Faculté Des Sciences République Algérienne.
- [2] Anonyme. Manuel d'élevage de petits bétails pour les zones, 2014.
- [3] Anonyme. Optimisation de l'indice de consommation du poulet de chair, Ross tech note, 2015.
- [4] Beaumont C., LE Bihan E., Juin H., Magdelaine P.: Productivité et qualité du poulet de chair, *ITAVI, Service Economie, 4 rue de la Bienfaisance, F-75008 Paris, beaumont@tours.inra.fr*, 2004.
- [5] Bornstein, S. et Lipstein, B.: Comparisons of sorghum grain (milo) and maize as the principal cereal grain source in poultry rations: The relative content of available sulphur amino acids in milo and maize. *British poultry Science* 12: 1-13, 1971.
- [6] Brah N., Houndonougbo M. F., et Issa S.: Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille: Une synthèse Bibliographique. *Rev. Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (6): 2924-2931, Available online at <http://www.ifgdg.org> December 2015.
- [7] CAVTK: Revue du centre agronomique et vétérinaire tropicale de Kinshasa, 2004.
- [8] Cobb.: Performance et recommandation nutritionnelles. Fiche technique Edition Avril 2012. <http://www.Cobb-aventres.com>, 2012.
- [9] Derieux.: résultats d'essai préliminaire à l'étude de deux légumineuses vivrières. *Proc. VII the annual meeting CFCS Martinique-Guadeloupe* 164-172, 1969.
- [10] Douglas J.L., Sullivan T.W., Gonzalez N. J., et Beck M.M.: Differential age response of turkeys to protein and sorghum tannin levels. *British Poult. Sci.* 72: 1944-195, 1993.
- [11] Dussart L. (ITAVI): Quelques rappels sur les mécanismes physiologiques: Alimentation des volailles en agriculture biologique 2018.
- [12] Maize in human nutrition. Report Series 25, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 1992.
- [13] Germain K., Leterrier C., Meda B., Jurjanz S., Cabaret J., Lessire M., Jondreville C., Bonneau M., GUEMENE D.: Elevage du poulet de chair biologique: l'utilisation du parcours influence de nombreux paramètres biotechniques. 10èmes JRA-JRFG, La Rochelle, 211-215, 2013.
- [14] Goudoum A. et Fokou E.: Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord- Ouest Cameroun, Article in *International Journal of Biological and Chemical Sciences* · March 2017 DOI: 10.4314/ijbcs. V10i5.11.
- [15] Ilunga C. et Muyayabantu G.: Essai d'incorporation de biomasse foliacée sèche d'*Entada abyssinica* steud. Dans la ration de volaille en vue de la nutrition de poule Cobb 500, Mémoire FSA-UOM, 2014.
- [16] Ilunga C., Tshibanda G. Evolution pondérale de poule Cobb 500 nourri à l'aliment fabriqué à base de la farine des graines de *Lecaena lecocephala* en vue de sa valorisation, FSA U.O.M, 2010.
- [17] Kambi A. Données préliminaires sur l'écosystème urbain de la ville de Mbujimayi in anal L'ISP /Mbujimayi, 1985.
- [18] Mbakop A. Effet de l'utilisation du voandzou et du niébé bouillis dans les rations démarrage et finition des poulets de chair sans farines animales. Mémoire de fin d'Ingénieur Agronome. Université de Dschang, FASA. 59p, 2003.
- [19] Mbuya K., Nkongolo K.K., Kalonji-Mbuyi A., et Kizungu R.: Participatory election and characterization of quality protein maize (QPM) varieties in savannah agro ecological region for DR Congo. *J. Plant Breed. CropSci.* 2: 325-332. 2010.
- [20] Mbuya K., Kabongo J.P.T., Pongi G.K., Mundondo A.E., Anageanetiga O.E., et Ekuke L.W. « Effet du maïs à forte teneur en protéine sur l'élevage des poulets de chair dans la province du Bas-Congo et l'impact sur sa production en république démocratique du Congo, » *African Crop Science Journal*, Vol. 22, Issue Supplement s4, pp. 969 – 977, 2014.
- [21] Mesclé J.F et Pion R.: Participation à l'étude de la valeur nutritive de protéines du *Vigna sinensis*, inédit, 1971.
- [22] Mitaru B.N., Reichert D., and Blair R., Protein and amino acid digestibilities for chickens of reconstituted and boiled sorghum grains varying in tannin contents. *Poultry Science* 64: 101-106, 1985. Cite par Mbuya.
- [23] Musambayi C., Mayiba T., Tshibanda A., Mutombo H., Kabemba M., Citenga G. «Caractérisation géochimique des formations carbonatées de l'est de la ville de Mbujimayi (Secteur de Lukelenge): Utilité dans les travaux de génie-civil, » *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 37 No. 3 Oct., pp., 2022:.
- [24] Ndébi G, Kamajou J, Ongla J.: Analyse des contraintes au développement de la production porcine au Cameroun. *Tropicultura*, 27 (2): 70-76, 2009.
- [25] Nuss T. E. et Tanumihardjo S. A., Quality Protein e for Maize Africa: Closing the protein inadequacy gap in vulnerable populations. *Adv. Nutr.*, 2: 217–224. (Nir, 2011).
- [26] Oghaiki, Ndambi A. et Vernooij A. Augmentation de l'autosuffisance en viande de volaille et de la production d'œufs dans la région de Kinshasa See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329537617> -2018.
- [27] Picard et al.: Aviculture dans la région tropicale, 1993.

- [28] Piterson F.: Le maïs à haute valeur protéique (maïs QPM), pour une meilleure santé nutritionnelle haïtienne, mémoire université Laval-Haiti, 2014.
- [29] Ponka R., Goudoum A., Tchungouelieu A. C., et Fokou E. « Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord- Ouest Cameroun, » Int. J. Biol. Chem. Sci. 10 (5): 2073-2080, Octobre 2016.
- [30] Semassa et al.: Diversité Variétale, Qualité Et Utilisation Du Maïs (*Zea Mays*) En Afrique De l'Ouest: Revue Critique European Scientific Journal June 2016 édition vol.12, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. 2016.
- [31] Sonaiya EB, Swan SEJ. 2004. Production en Aviculture Familiale – Un Manuel Technique de FAO, Production et Santé Animales. FAO, Rome, Italy, 134 pages. Cite par.
- [32] Tandonkeng F., Boukila B., beguide A. et Pamo T.E.: Essai de substitution du tourteau de soja par la farine de feuilles de *Moringaoleifera* dans la ration finition des poulets de chair. Revue Africaine de santé et de production animale. Raspa7: 4752. 2009.

Management de transport à Kinshasa: Approche axée sur la régulation des taxis-motos

[Transport management in Kinshasa: Approach focused on the regulation of motorcycle taxis]

Trésor NGEM MUNTIL

Université du CEPROMAD, Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: This article aims to analyze the thorny problems of regulating motorcycle taxis in the city of Kinshasa with regard to the abuses and anarchy observed in this transport sector. This study is also intended to be an opportunity to talk about the socio-cultural, economic, security and other impacts of motorcycle taxis in the life of the Kinshasa population, on the one hand; and in the political-administrative management system of this megalopolis, on the other hand. This article establishes the correlation between failing governance of urban authorities and actors involved in the management of motorcycle taxis in Kinshasa, it highlights the need to adapt the means of action to the local economic and political contexts and to operationalize the transport management to remedy this. The analysis centers around the need to promote effective regulation of motorcycle taxis and to create a participation framework based on consultations open to a wide range of stakeholders.

KEYWORDS: Transport management, regulation, motorcycle taxis.

RESUME: Le présent article se propose d'analyser les épineux problèmes de la régulation de taxis-motos dans la ville de Kinshasa au regard des abus et de l'anarchie observée dans ce secteur de transport. Cette étude se veut aussi une occasion de parler des incidences socio-culturelles, économiques, sécuritaire, et autres des taxis-motos dans la vie de la population kinoise, d'une part; et dans le système de gestion politico-administrative de cette mégapole, d'autre part. Cet article établit la corrélation entre une gouvernance défailante des autorités urbaines et acteurs impliqués dans la gestion de taxis-motos à Kinshasa, il met en évidence la nécessité d'adapter les moyens d'action aux contextes économique, politique local et d'opérationnaliser le management de transport pour y remédier. L'analyse s'articule autour de la nécessité de promouvoir une régulation ou réglementation effective de la mototaxi et de créer un cadre de participation s'appuyant sur des consultations ouvertes à un large éventail de parties prenantes.

MOTS-CLEFS: Management de transport, régulation, taxis-motos.

1 INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo tout comme dans d'autres pays d'Afrique Subsaharienne, le déclin des systèmes organisés des transports en commun s'est traduit par un développement rapide des moyens de transports non conventionnels et plus récemment, par les motocyclettes à usage commercial. Contrairement aux villes de l'Asie du Sud-Est, le nombre de personnes possédant et utilisant des engins motorisés à deux roues comme véhicules personnels est très faible dans les villes d'Afrique subsaharienne. Cependant, au cours de la dernière décennie, l'utilisation de la motocyclette comme mode de transport à but commercial s'est considérablement développé (AJAY KUMAR, Avril 2011).

Bien que comportant certains avantages plus manœuvrables notamment sur des chaussées en mauvais état et capables de répondre rapidement à la demande, la motocyclette utilisée comme mode de transport commercial a également engendré une augmentation des accidents de la circulation, des problèmes de gestion du trafic, une intensification du bruit, le vol, l'insécurité, de la pollution de l'air et des émissions de gaz à effet de serre (idem).

La présente étude se propose d'analyser les épineux problèmes de la régulation de taxis-motos dans la ville de Kinshasa au regard des abus et de l'anarchie observée dans ce secteur de transport. Elle se veut aussi une occasion de parler des incidences socio-culturelles, économiques, sécuritaire, et autres de cet engin roulant dans la vie de la population kinoise, d'une part; et dans le système de gestion politico-administrative de cette mégapole, d'autre part.

L'analyse de ce sujet met en lumière les liens entre une gouvernance défailante des autorités urbaines et acteurs impliqués dans la gestion de motos-taxis à Kinshasa; elle reconnaît en évidence la nécessité d'adapter les moyens d'action au contexte économique, politique local et d'opérationnaliser le management de transport pour y remédier. L'analyse s'articule autour de la nécessité de promouvoir une régulation ou réglementation effective de la mototaxi et de créer un cadre de participation s'appuyant sur des consultations ouvertes à un large éventail de parties prenantes.

Dans le cadre de cet article, nous signalons qu'en dépit des nombreux avantages qu'offrent les taxis-motos, les conducteurs et les passagers sont aussi fréquemment victimes des accidents de la route, des agressions, des abus et problèmes de santé. En plus, les partenaires indiquent que ces modes de transport créent des risques pour la sécurité des autres usagers de la route, un faible niveau de conformité de la part des conducteurs en rapport avec la réglementation existante, la formation requis et d'utilisation du casque (AFCAP, Novembre 2019). Pour la Ville de Kinshasa, la mototaxi impacte positivement la caisse de la province, car elle permet à ce que la Ville de Kinshasa encaisse un potentiel fiscal de 28 millions de Dollars par an avec juste la taxe de stationnement des motocyclistes. D'où dans le but d'élargir l'assiette fiscale au niveau des provinces, il a plu au législateur de soumettre les motocyclistes au paiement de la taxe de stationnement aux parkings publics appartenant à la Ville et aménagés à cet effet. Ainsi, pour la Ville de Kinshasa, le répertoire de 2019 du Ministère provincial de transport évalue le nombre des motocyclistes à 300.000, avec ce potentiel, la taxe de stationnement pour la catégorie de motocyclistes va apporter à la ville de Kinshasa 2,340 millions de Dollars Américain le mois et 28,080 millions USD l'année, le taux d'imposition par jour est fixé à 0,30 USD (DESKECO, 2019).

Cependant, paradoxalement à l'apport susmentionné précédemment, il s'observe une aberration, car au lieu de constituer le centre d'attention de l'action gouvernementale, par contre, ce secteur de transport se caractérise par une anarchie et un laxisme de la part des autorités provinciales et de la Police de la Circulation Routière. Cette réalité patente devient très inquiétante, donne du fil à retordre à tout le monde et constitue l'objet d'une réflexion qui pousse à se poser de nombreuses interrogations autour de cette situation anarchique.

Pour tromper la vigilance de l'opinion nationale, certains efforts ont été déployés de la part des autorités urbaines pour réglementer la mototaxi à Kinshasa mais ceux-ci ont eu un effet contraire: ils ont aggravé les problèmes en créant des conflits et parfois la bagarre à répétition entre les conducteurs de ces engins et les acteurs impliqués dans la gestion de ce secteur de transport. Alors que les autorités urbaines ont intérêt à maintenir le statu quo et peuvent user des pouvoirs économique et politique pour favoriser l'adoption de politiques publiques visant à régulariser et protéger les intérêts des paisibles citoyens. Mais c'est l'inverse qui s'observe...

Face aux réalités patentes décrites précédemment, notre étude s'appuie sur une analyse des taxis-motos dans les coins et recoins de la capitale en fonction des incidences observées afin d'en tirer des conclusions utiles pour l'ensemble de la Ville de Kinshasa. Toutefois, des analyses quantitatives et qualitatives ont été menées en utilisant les informations provenant d'enquêtes de terrain et d'études documentaires. Enfin, des données primaires ont été collectées sur les différentes questions posées sur les problèmes de la régulation de la mototaxi à Kinshasa, ces incidences, ainsi les conditions d'exercice de ce métier dans la capitale et sans oublier la réglementation de ces engins. Une grille de questionnaires a été mise au point pour obtenir des informations auprès des usagers de la mototaxi, les conducteurs, les agents de la Police de Circulation Routière, ceux de transport urbain, et tant d'autres personnes. Des enquêtes ont été menées dans les quatre districts de la Ville de Kinshasa afin d'identifier et d'analyser le comportement tant des opérateurs que des conducteurs de la mototaxi.

Au regard de ce qui précède, les préoccupations qui hantent notre étude sont celles de savoir si le secteur de taxis-motos est effectivement régulé à Kinshasa ? Pourquoi en dépit des apports jugés indispensables des taxis-motos à Kinshasa, les autorités urbaines ne parviennent-elles pas à réglementer et réguler de façon efficace ce secteur ? Et subsidiairement dans quelles conditions s'exercent le métier de taxis-motos à Kinshasa, quels sont les épineux problèmes qui affectent les motocyclistes et comment y remédier ?

L'observation faite de la vie à Kinshasa pousse à reconnaître qu'il est difficile de circuler librement ou aisément à cause de plusieurs facteurs qui empêchent la bonne circulation routière, ce qui fait qu'elle devienne un sérieux problème de la société.

Au nombre des droits sociaux que les populations kinoises ne bénéficient pas figure aussi le besoin d'un système de transport qui leur rendrait la vie un peu facile. Malheureusement, le transport urbain qui est un besoin indispensable, devient un casse-tête pour le Kinois à cause des plusieurs embouteillages et des nombreux cas d'accidents provoqués parfois par les motocyclistes (M'THATU L., 2020).

Néanmoins, nous signalons que cette situation ne concerne pas uniquement la ville de Kinshasa mais plutôt toutes les mégapoles de l'Afrique subsaharienne, car les difficultés des autorités publiques à réguler le secteur des transports en commun constituent une réalité bien connue dans les villes africaines. L'offre des sociétés publiques de transport étant inexistante ou à un niveau minimal, les petits opérateurs qui dominent le marché sont parvenus à imposer leurs règles du jeu en répondant à toute intervention gouvernementale allant à l'encontre de leurs intérêts par des menaces ou des mouvements de grève (malukisa, 2018).

Bien qu'il n'y ait pas données véritables concernant le nombre de motos à deux et trois roues enregistrées en République Démocratique du Congo, la grande majorité des partenaires ont reconnu le rôle crucial que jouent les taxis-motos pour combler le vide laissé par le manque de services de transport conventionnels. Cependant, selon le tableau A2 du Rapport de la situation mondiale sur la sécurité routière de l'Organisation Mondiale de la Santé (2018), il y a eu environ 26529 décès dus à des accidents de la circulation en 2016 en République Démocratique du Congo, dont 11,7% seraient des conducteurs des motos à deux et trois roues. Ceci est basé sur une population de 78,74 Millions d'habitants de notre pays en 2016 (RECAP, Novembre 2019).

En effet, en République Démocratique du Congo, la régulation de taxis-motos serait politisée, car en quête de clientélisme, les régimes politiques, fortement contestés dans les capitales africaines, ont tendance à laisser une très grande marge de manœuvre aux propriétaires et chauffeurs pour évoluer en marge de la loi. En examinant le cas de la régulation des mototaxis dans la ville de Kinshasa, l'usage de la violence physique ou la menace d'y recourir peut également s'avérer bénéfique pour un pouvoir en quête de clientélisme. Par conséquent, dans le paysage politique de la mégapole congolaise, le pouvoir en place a été fortement préoccupé par l'activisme politique des moto-taximen en faveur d'une opposition redoutable, ainsi la régulation était ainsi devenue un moyen pour entretenir une relation clientéliste avec un groupe de la population hostile ou proche du pouvoir (M'THATU L., 2020).

Cette situation inquiète tout le monde mêmes les conducteurs de taxis-motos, les motocyclistes ont souvent exprimé leur inquiétude concernant le mode d'application de la loi relative aux motos à deux et à trois roues, le mauvais traitement qu'ils subissent de la part des conducteurs de véhicules à quatre roues et au risque élevé d'accidents. Selon les entretiens avec les partenaires, les tentatives de réglementation du secteur ont été difficiles et ont récemment débouché sur la décentralisation et la responsabilisation de différentes provinces en matière de formation. Malgré les défis auxquels ce secteur est confronté, les taxis-motos restent un moyen de transport important, dans certaines zones urbano-rurales, ils sont le seul moyen de transport motorisé et sont couramment utilisés même en cas d'urgence (RECAP, Novembre 2019).

Toutefois, nous reconnaissons que dans la ville de Kinshasa, le transport par taxis motos serait régi par des règles internes qui ont été mises en place. Sauf que dans la pratique, ces règles ne sont pas très souvent respectées, car elles sont contournées. Ces importants manquements laissent largement le champ libre à une désorganisation généralisée et à une gestion chaotique basée surtout sur la débrouillardise et l'improvisation auxquelles ce type de transport est fréquemment en proie. En outre, les épineux problèmes qui rongent ce secteur de transport dans la Ville-province de Kinshasa seraient dus au mauvais fonctionnement relevant de la mauvaise gouvernance du transport en commun à Kinshasa. La prédominance de l'informalité des pratiques en marge des règles y est pour beaucoup, car nous estimons que les motocyclistes ne sont pas réellement encadrées et mises en cohérence par l'Hôtel de Ville de Kinshasa et dont les nombreux dysfonctionnements donnent une impression globale de l'anarchie totale.

D'après les autorités urbaines à l'occurrence Monsieur M. BAGULA-Ministre des Transports et Voies de Communication à Kinshasa, reconnaît que la moto est un mode de transport utilisé par tous pour de nombreuses raisons, c'est probablement le mode de transport le plus important ici (dans la ville de Kinshasa) et dans les zones rurales. Mais le secteur n'est pas bien réglementé. C'est informel, car on n'a pas besoin d'un permis pour exploiter, on n'a pas à respecter les lois parce que c'est non réglementé et organisé, on n'a besoin d'être enregistré, et c'est très facile d'accéder à ce mode de transport (www.mediacongo.net, s.d.).

Toutefois, il sied de constater que le « secteur de la moto-taxi » fonctionnerait en marge de la légalité en se dérochant de la réglementation en vigueur, d'une part, et d'autre part, les pouvoirs publics seraient incapables de le réguler effectivement. Aussi, à la faible implication de différents acteurs impliqués dans la gestion du secteur de mototaxi à Kinshasa, s'ajouterait le laxisme et l'indiscipline et l'incompétence des autorités qui sont censées réglementer la circulation, ainsi que la gestion de ces engins de transport. Une situation qui conduit à de nombreux manquements dont, entre autres, un non-respect des règles

élémentaires du Code de la route, une désorganisation de l'espace routier aggravée par le stationnement en désordre, le manque de contrôle technique adéquat des motos-taxis, la corruption et d'autres pratiques illicites sont observées auprès des agents de la Police de la Circulation Routière, la tracasserie des agents du transport urbain et tant d'autres problèmes (www.revuegeo-univdaloa.net, s.d.)...

Eu égard à ce qui précède, nous reconnaissons que plusieurs mesures politiques et administratives ont été prises par l'autorité urbaine, depuis l'apparition de ce phénomène des taxis-motos en vue de gérer ce secteur. Comme cela ne reposait sur aucune base juridique, toutes ces décisions tombaient en désuétude. Il s'agit notamment de l'identification de ces engins et de leurs conducteurs, ainsi que de certaines mesures de protection dont le port de casque par les conducteurs et leurs clients. Mais également sur la connaissance du Code de la route et son respect par les conducteurs des taxis-motos (NTUMBA, 2021).

Enfin, nous osons croire que les perspectives du management de transport envisageables et certaines théories mises en exergue dans cette étude, permettraient aux autorités urbaines de réguler de façon effective le secteur de taxis-motos dans la ville de Kinshasa, parce que ce type de management et ces théories utilisées serviraient à mieux analyser et contrôler les coûts et techniques de transport de personnes et des marchandises, la gestion de stocks et des approvisionnements, la gestion d'entrepôts, techniques de la logistique afin d'optimiser la qualité et la sécurité de flux physiques et informationnels (www.u-bordeaux.fr, s.d.). Et les autorités de la ville de Kinshasa étant que pouvoirs publics doivent comprendre son impact comme élément stimulateur des échanges et de structuration de l'espace justifient logiquement une intervention des pouvoirs publics dans sa gestion et pour assurer une évolution en accord avec les besoins de la société à travers les différentes formes d'interventions telles que la législation qui fixe les règles, l'indemnisation de prestation à caractère social et le contrôle de gestion des entreprises.

2 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Dans le cadre de cette dissertation, nous avons opté pour l'approche stratégique qui considère l'organisation comme un lieu d'affrontement entre les stratégies et/ou les intérêts des groupes qui la constituent, comme une recherche permanente d'équilibration des rapports de pouvoir et de négociation/marchandage entre ces groupes (MARION, 1996).

En terme d'analyse, l'approche stratégique visera l'identification des jeux et des stratégies d'actions, de ce qui nécessite, entre autres le repérage, pour les principaux acteurs ou groupes, des objectifs, des ressources, des contraintes, des sources d'incertitudes maîtrisées et des formes de pouvoirs. L'approche stratégique part de l'acteur pour découvrir le système qui seul, peut expliquer par ses contraintes les apparentes irrationalités du comportement de l'acteur (M. CROZIER, 1977).

Eu égard à ce qui précède, le raisonnement stratégique dans la présente dissertation considère que la notion de la régulation de motos-taxis procède à l'équilibration des intérêts entre d'une part, le gouvernement provincial, et d'autre part, les propriétaires de motos-taxis, les motocyclistes et les associations des conducteurs des motos et autres acteurs nationaux y impliqués, sans oublier les usagers de la route. Chaque acteur devra donc trouver une solution rationnelle par rapport à lui en vue de promouvoir une régulation effective de ce mode de transport et l'amélioration des conditions d'exercice du transport par taxis-motos dans l'optique de réduire les accidents liés à ces engins dans la Ville de Kinshasa.

Hormis, la méthode stratégique utilisée précédemment, nous avons recouru à la méthode d'enquête analytique. Pour cette méthode, les enquêtes sont utilisées pour obtenir à la fois des données quantitatives et qualitatives. On peut les classer aussi comme analytique ou descriptive. Le type analytique d'enquête est approprié pour l'investigation des aires substantives importantes, et les enquêtes descriptives sont plus appropriées à l'identification des caractéristiques générales de l'échantillon sous investigation (HAZEM BEN AISSA, 13-15 Juin 2001).

Pour réaliser cette étude, quatre techniques nous ont permis de récolter dans une certaine mesure et traiter les informations nécessaires à l'élaboration de ce travail. Il s'agit des techniques documentaires, l'interview libre, l'observation directe et l'enquête sur terrain, sans oublier la webographie.

Enfin, pour obtenir les informations de la première main sur notre étude, nous avons recouru aussi aux techniques d'échantillonnage aléatoire par grappes, car d'après cette approche, la population est divisée en groupes d'éléments séparés appelés grappes. Chaque élément de la population appartient à une et une seule grappe. L'échantillonnage par grappe fonctionne mieux lorsque chaque grappe fournit une représentation à plus petite échelle de la population. (Les éléments dans une grappe sont hétérogènes. C'est à dire dissemblables). L'une des applications principales de l'échantillonnage par grappe est l'échantillonnage de région où les grappes sont les quartiers d'une ville ou d'autres régions bien définies. L'échantillonnage par grappes nécessite un échantillon total de taille plus importante que l'échantillon aléatoire simple ou stratifié (Daniel, 2003).

3 THEORIES SUR LA REGULATION

L'analyse de ce point permet de présenter les différentes théories qui ont permis de mettre en exergue la problématique de la régulation de transport routier à travers le monde.

De toute évidence, nous avons répertorié un certain nombre de théories sur la régulation de transport à travers le monde. Plus précisément, nous nous sommes appesantis sur le secteur de transport routier et / ou par les motos-taxis. Il s'agissait de théories classiques, contemporaines et idoines telles que: la théorie de la régulation sociale: repères introductifs, les théories de changement de comportements appliquées au transport, la théorie de Marché et régulation de l'intérêt général dans le secteur du transport routier de passagers, théorie de l'infrastructure de transport, mobilité et croissance, la nouvelle théorie de la régulation des monopoles naturels: définition et tests, la théorie de régulation et concurrence dans le transport collectif urbain, et enfin, la théorie de la capture de la réglementation.

De toutes les théories susmentionnées, celle de la capture de la réglementation serait mieux appropriée et susceptible d'explicitier la réalité de la régulation des taxis- motos à Kinshasa. Parce qu'à travers cette théorie, nous avons pu saisir et comprendre la complicité, le laxisme, la négligence, l'incompétence et la défaillance des autorités urbaines dans la gestion du secteur des taxis-motos dans la ville de Kinshasa.

En dépit de cris de détresses lancés par la population kinoise par rapport aux violences physiques, la barbarie, les incidents, les dégâts matériels, la destruction méchante, le règlement personnel de comptes et les accidents occasionnés par les conducteurs des taxis-motos, il est aberrant de constater le silence presque total de la part des autorités politico-administratives de la ville de Kinshasa, car elles se montrèrent indifférentes et se soucient peu de l'anarchie caractéristique du secteur des taxis-motos à Kinshasa alors que les victimes de ses actes ne sont autres que les paisibles citoyens qui ne savent à quel sort se vouer (Kinshasa, 2022).

Enfin, nous tenons à préciser que, pour pallier à la problématique mise en exergue par les différentes théories, nous supposons que la théorie de la régulation privée, autorégulation ou régulation professionnelle dans le secteur de transport serait appropriée comme remède, sans oublier de mettre en exergue les apports du management de transport.

4 MANAGEMENT DE TRANSPORT ET REGULATION DE TAXIS-MOTOS À KINSHASA

4.1 LE MODÈLE D'ÉCHANTILLONNAGE UTILISÉ

Pour obtenir les informations de la première, dans le cadre de cette étude, nous avons recouru à l'échantillonnage en grappes. Toutefois, l'échantillonnage en grappes est un type d'échantillonnage probabiliste. Cela signifie que, lorsqu'il est utilisé, il donne à chaque unité/personne de la population une chance égale et connue d'être sélectionnée dans le groupe échantillon (<http://www.echantillonnageengrappes-definitionetexemples-Voxco.pdf>, s.d.).

Pour lier l'utile à l'agréable, la population de la Ville de Kinshasa est divisée en sous-groupes internes hétérogènes et externes homogènes appelées grappes. C'est-à-dire pour le cas d'espèce, la population de la Ville de Kinshasa est divisée selon la logique de 4 districts administratifs ou électoraux (les districts de Funa, Mont-Amba, Lukunga et Tshangu). Dans ce cas, les grappes sont homogènes à l'extérieur, car elles semblent être regroupées selon des caractéristiques/des critères communs, mais sont intérieurement hétérogènes parce que les sous-populations au sein des grappes ont des compositions différentes. Les grappes peuvent être divisées en différentes villes dans un pays, différentes zones dans une ville, différentes organisations, différentes universités, différentes zones industrielles, etc.

En définitive, l'avantage de l'échantillonnage en grappes est la facilité à mettre en œuvre. C'est-à-dire l'échantillonnage en grappes est relativement facile à réaliser. Très efficace cette méthode d'échantillonnage est plus rentable et plus rapide que certaines autres formes d'échantillonnage probabiliste, comme l'échantillonnage aléatoire simple.

4.2 RÉPONDANTS

Au total, 226 personnes ont participé à l'enquête sur la régulation des taxis-motos à Kinshasa.

4.3 ETAT DE LIEU DE TAXIS-MOTOS À KINSHASA

Aujourd'hui à Kinshasa, le secteur du transport est jonché des multiples difficultés, d'abord vu la vétusté de ces routes et leur état et ensuite, le manque d'entretien constitue la présence de plusieurs nids de poules qui causent beaucoup d'accidents journaliers et le phénomène embouteillages ou bouchons qui ne donnent plus des réponses efficaces à la bonne circulation

routière. Ce qui fait qu'il ait d'énormes défis à relever dans le secteur du transport à Kinshasa. De ces défis, nous pouvons citer: l'absence d'une véritable politique d'organisation du transport en commun par l'autorité de tutelle, les harcèlements des policiers sur les transporteurs privés aux conséquences incalculables, les protestations des transporteurs en commun contre les présumées tracasseries par les agents véreux (Chris M'THATU L., 2022).

Dans la liste des épineux problèmes qui rongent les conducteurs des taxis-motos, nous épinglons aussi le problème de mentalité, car c'est la pratique des utilisateurs de la route qui manquent de civisme. Ainsi donc, certains conducteurs ne respectent pas les droits d'autres usagers de la voie publique qui empruntent les routes. Parmi les personnes qui sont négligées et moins considérées, nous avons: les piétons, les cyclistes, motocyclistes. C'est un problème dont l'Etat doit faire en sorte que tous les usagers de la route intériorisent le civisme routier et observent les lois de la république.

Dans la ville de Kinshasa cette situation s'illustre à travers les grèves des conducteurs, celles-ci traduisent les problèmes de défis liés aux tracasseries routières qui nécessitent le changement de la mentalité de tous les acteurs impliqués dans le secteur de transport. Par exemple à Kinshasa, très souvent les chauffeurs décident de rester à la maison tout en observant des journées de grèves. Ces décisions causent un sérieux problème pour le déplacement des populations de Kinshasa. Pendant cette situation, certains agents munis de pinces, tenailles ou objets pointus se permettent de dégonfler les pneus en cas de résistance des conducteurs, portant ainsi atteinte au droit à la propriété privée des personnes. Ces tracasseries impactent négativement sur les recettes produites par les conducteurs de bus, taxis-bus et taxis-motos dont une part importante vont dans les poches de ces agents au détriment du trésor public et constituent de ce fait un manque à gagner pour la Ville (www.redhac.info, s.d.).

Au regard de ce qui précède, nous reconnaissons que les difficultés des autorités publiques à réguler le secteur des transports en commun sont une réalité bien connue des villes de l'Afrique subsaharienne, car l'offre des sociétés publiques de transport étant inexistante ou à un niveau minimal, seuls les petits opérateurs dominent le marché de transport et parviennent à imposer leurs règles du jeu en s'opposant à toute intervention gouvernementale allant à l'encontre de leurs intérêts par des menaces ou des mouvements de grève.

En examinant le cas de la régulation des taxis-motos dans la ville de Kinshasa, les faits observés ont démontré que l'usage de la violence physique ou la menace d'y recourir peut également s'avérer bénéfique pour un pouvoir en quête de clientélisme. En effet, dans le paysage politique de la mégapole congolaise, le pouvoir en place a été fortement préoccupé par l'activisme politique des moto-taximen en faveur d'une opposition redoutable (malukisa, <https://www.google.com/search?client.>, 2018).

A Kinshasa, les taxi-motos se comptent par milliers, 350 000 taxis-motos assurent le transport dans les différents coins de cette mégapole, selon l'Association des conducteurs des taxi-motos. Ces engins sont en circulation dans la capitale congolaise après avoir depuis longtemps fait leurs preuves dans certaines provinces du pays. Cependant, les jeunes motards ne respectent pas le code de la route. Ils roulent sans casques et parfois, ni plaques d'immatriculation, ils conduisent en vive vitesse et occasionnent des accidents mortels. En outre, ils s'illustrent par des comportements inciviques donnant du fil à retordre aux chauffeurs et conducteurs (Nkashama, 2019). A ces causes, s'ajoutent l'incivisme des conducteurs de taxis-motos et l'absence du contrôle par les autorités du secteur des transports. Les usagers en appellent, par ailleurs, au gouvernement tant national que provincial à s'impliquer pour des solutions qui ne fragilisent pas le panier de la ménagère (<https://www.acpcongo.com/index.php>, 2021).

Hormis les réalités patentes évoquées ci-haut, nous signalons que les motocyclistes kinois font face aux épineux problèmes tels que: le manque de plaques, la tracasserie policière et administrative des agents du transport urbain, la difficulté d'identification des mototaxis pour faciliter le repérage en cas de pertes ou d'accident, le manque de permis de conduite, le manque de la réglementation appropriée du secteur de la mototaxi, la problématique de l'encadrement et recyclage des motocyclistes, l'absence de subvention de l'Etat en cas de sinistres, le banditisme et extorsion de motos, l'insécurité et menaces physiques, la rafle sous effet de la drogue des motos, le mauvais fonctionnement relevant de la gouvernance du secteur des taxis-motos, la prédominance de l'informalité des pratiques en marge des règles, le laxisme et l'indiscipline et l'incompétence des responsables étatiques qui gèrent effectivement le secteur des taxis-motos à Kinshasa, la piètre qualité des infrastructures routières, l'impuissance des autorités à réguler ce secteur atteste de la banalisation et de l'acceptation de l'illégalité, la conduite sous l'emprise de l'alcool ou d'autres substances psychoactives, à Kinshasa, les moto-taximen sont souvent suspectés d'être à la base du désordre et de l'insécurité, et l'instrumentalisation politique de la régulation des mototaxis à Kinshasa (MAPUKU, 2022)...

4.4 LES CONDITIONS D'EXERCICES DE MOTOS-TAXIS

Les conditions d'exercice de ce métier ont trait aux modalités d'accès à cette profession, à la réglementation du transport de taxis-motos et la répartition des revenus entre différents opérateurs intervenants dans ce domaine ne sont respectées.

En effet, selon le Bureau d'Engins et des Cyclomoteurs de la Ville Province de Kinshasa, les propriétaires / conducteurs sont tenus de posséder: le certificat d'immatriculation de la moto et la plaque d'immatriculation valides, le Permis de conduire valide, le certificat de contrôle technique biennuel (ou d'inspection mécanique des motos), la Vignette annuelle, l'assurance véhicule valide...

Cependant, dans la ville de Kinshasa, les conducteurs des taxis-motos ne respectent pas les dispositions législatives susmentionnées précédemment, ils exercent leur métier dans les conditions telles que: le manque du permis de conduire (ABAINGI, 2021), le Non-respect du code de la route, le refus du port des casques (MAKUTA, s.d.), la circulation routière à sens unique (www.mediacongo.net, s.d.), le non observance de règles de la sécurité routière, la tracasserie administrative et policière (<https://www.lisapo.com>, s.d.), l'alcool (conduite en état d'ébriété) (Holmes, 2019) et surtout l'anarchie caractérisée du secteur de mototaxis à Kinshasa (<http://www.business-et-finances.com>, s.d.).

4.5 INCIDENCES DE TAXIS-MOTOS À KINSHASA

A travers ce point, nous reconnaissons que les taxis-motos impactent positivement et négativement la vie à Kinshasa, car les nombreux aspects permettent de prouver à juste titre les incidences de ces engins dans le quotidien de la population kinoise. Pour justifier nos propos, nous avons mise en exergue les incidences de taxis-motos sur les axes tels que socio-culturel, sécuritaire et économique. Enfin, ces paramètres épinglés ont permis afin de démontrer les incidences positives et négatives des taxis-motos sur le plan individuel et sociétal de la ville de Kinshasa.

4.6 VERS UNE RÉGULATION EFFICACE ET DURABLE DE MOTOS-TAXIS

Pour promouvoir une régulation efficace et durable des taxis-motos à Kinshasa, nous envisageons d'opérationnaliser la théorie de la régulation privée ou professionnelle du secteur de transport. Nous reconnaissons qu'avec l'avènement de la crise économique et financière, les débats ont été renforcés sur les formes les plus efficaces de régulation: comment mieux encadrer des entreprises et des professions où certains comportements sont moralement critiquables ? Dans de nombreux secteurs, il existe, à la place ou en complément de la réglementation publique, des règles non étatiques. On appelle régulation professionnelle ces systèmes de production et de contrôle de règles privées qui responsabilisent les acteurs de certains secteurs. Ainsi, dans le domaine du sport, on a vu très tôt des instances professionnelles, nationales et internationales, établir sans intervention des États des règles propres à chaque secteur (<https://www.fondapol.org/etude/teyssier-la-regulation-professionnelle-des-regles-non-etatiques-pour-mieux-responsabiliser/> 1/20, s.d.).

Toutefois, nous signalons que cette vision exclut en tout cas un sens prêté couramment à l'autorégulation chez les plus libéraux: celui d'un rééquilibrage spontané d'un marché ou d'un secteur par des « mains invisibles » sans besoin de régulation. L'autorégulation n'est pas le laisser-faire, mais une régulation de type privé avec des règles collectivement acceptées. Ensuite, par régulation professionnelle: les systèmes autorégulés ont dû s'ouvrir pour tenir compte des demandes de transparence et de participation des parties prenantes (consommateurs, clients, etc.) ou des exigences de l'État ou du législateur. Le contrôle des règles privées a dû aussi inclure de l'impartialité et de l'indépendance avec des personnes extérieures au secteur. Par conséquent, pour s'implanter ainsi que pour fonctionner efficacement et être acceptée par la société, une régulation privée ou professionnelle nécessite des conditions précises. Pour s'implanter dans une profession ou un secteur, une régulation privée nécessite l'adhésion forte et la cohésion de tous les acteurs concernés (idem).

Dans le cadre de cet article, pour réussir l'application de la théorie de la régulation privée ou professionnelle du secteur de transport, il faut assurer l'acceptation d'une régulation privée par les professionnels du secteur des taxis-motos: en dehors des ordres professionnels, on a vu qu'il était difficile d'obtenir l'adhésion entière et garantie de tous les acteurs. La régulation professionnelle peut sans doute répondre aux inquiétudes du corps social en produisant des comportements plus responsables de la part des entreprises grâce aux éthiques collectives qu'elle permet dans le secteur de taxis-motos à Kinshasa, mais trois conditions doivent être respectées pour acquérir la légitimité démocratique nécessaire: insuffler dans un système ouvert sur la société civile une dose suffisante d'impartialité et d'objectivité (dans les organes de contrôle, notamment); impliquer les parties prenantes, notamment en les consultant dans la procédure normative et déontologique; rendre compte à l'extérieur des résultats des contrôles effectués sur le respect des règles avec des publications périodiques et des bilans réalisés avec des audits indépendants (www.fondapol.org, s.d.).

Au regard de ce qui précède, pour qu'il ait une application sans faille de la théorie de la régulation professionnelle dans la régulation de taxis-motos à Kinshasa, il est souhaitable de recourir à l'approche qui consiste pour les autorités publiques de reconnaître qu'elles sont aujourd'hui limitées et confrontées au défi d'organiser l'activité des motos-taxis pour assurer le transport dans les zones difficiles d'accès, en attendant la construction des infrastructures adéquates dans ces zones jusqu'alors enclavées (<https://www.adiactv.com>: [Adiac-congo.com](http://www.adiac-congo.com): Réglementation des taxis-motos: une réforme très attendue,

2020). Outre ces points, plusieurs aspects sont à prendre en compte. Il incombe donc à l'autorité publique de se pencher sur la question.

En outre, dans la mise en œuvre de la théorie de la régulation professionnelle ou privée, il convient de signaler que les organisations ou corporations de motocyclistes ont un rôle indispensable à jouer, car elles sont considérées comme des structures républicaines et citoyennes, défendant comme toujours les valeurs et soutient les autorités du pays dans leur lutte pour trouver des solutions aux problèmes de la population et des conducteurs de mototaxi (MUAMBA, s.d.).

En définitive, pour une régulation efficace de mototaxi, nous recommandons aux autorités urbaines de la Ville de Kinshasa de mettre en exergue le management de transport, car ce modèle de management permet notamment de gérer les flux physiques de marchandises (approvisionnement, logistique intégrée, infrastructures de transports...) et les informations associées, d'organiser et de gérer les prestations de transports et des activités qui y sont associées (achat, vente, stockage, manutention, entreposage, douanes...), de choisir les modes de transports (terrestre, fluvial, maritime, ferroviaire, aérien, national ou international) les mieux adaptés aux produits et les plus respectueux des contraintes environnementales et du développement durable, pour optimiser la qualité de service d'acheminement du fret, de maîtriser les contraintes réglementaires, institutionnelles et environnementales propres à chaque mode de transport, ainsi que la combinaison de ces modes (intermodalité, multimodalité et comodalité) (<https://www.bordeaux-inp.fr/IUT>, s.d.).

Pour cette étude, le management de transport doit être organisé sous de formation de renforcement des capacités dans le secteur de la gestion de taxis-motos. Le recours au management de transport comme stratégie susceptible de promouvoir la régulation effective de taxis-motos à Kinshasa est salubre, car en couvrant l'ensemble des champs du transport, nous sommes convaincus que ces outils et principes permettront aux responsables et acteurs intervenants dans le secteur de transport de disposer des connaissances particulièrement opérationnelles, applicables dans le secteur des taxis-motos. Ce modèle de management permettrait de mieux s'imprégner notamment de l'organisation des transports, l'environnement économique et juridique de taxis-motos, transport de personnes, l'achat de prestations transport et logistique, les douanes et le financement des opérations internationales, l'exploitation d'une entreprise de transport, la réglementation nationale et internationale ou encore l'économie des transports de voyageurs et la gestion financière d'une entreprise de transport routier (<https://www.cnam-bretagne.fr/formation/transport/exploitation-dune-entreprise-de-transport-de-marchandises-attestation-de-capacite-de-transport>, s.d.).

Enfin, pour tendre vers une régulation efficace des taxis-motos à Kinshasa, les autorités urbaines doivent tout d'abord définir le rôle et les / les options à lever pour réguler efficacement le secteur des taxis-motos à Kinshasa (O.P Agarwal, 2018).

5 CONCLUSION

A l'issue de cette analyse sur le management de transport et régulation des taxis-motos à Kinshasa, nous avons démontré que la situation exacte de la régulation de ces engins à Kinshasa à travers la grille d'enquête qui a été soumise aux enquêtés. Pour atteindre cet idéal, nous avons constitué notre population d'étude à travers les grappes telles que: les usagers de la mototaxi (clients), les motocyclistes, les agents de transports, les Agent de la Police de Circulation Routière et Autres.

Pour réaliser notre enquête, nous avons recouru à la technique d'échantillonnage aléatoire par grappes. A l'aide de l'enquête menée dans les différents coins de la ville de Kinshasa, les constats suivants ont été dégagés concernant la régulation des taxis-motos à Kinshasa. Le secteur des taxis-motos à Kinshasa est rongé par les problèmes tels que: le non-respect du code de la route; la désobéissance aux ordres donnés par les PCR et Agents de transport; une conduite anarchique, très mauvaise et désordonnée; un comportement qualifié de sauvage, brutal et l'impoli; une incompétence; conduite sous l'effet de l'alcool; la tracasserie policière et un abandon des autorités de la ville dans la régulation de taxi-moto. Certes, la liste n'est pas exhaustive; et tous ces faits susmentionnés, traduisent à suffisance l'anarchie, le laxisme de la part des autorités urbaines, ainsi que le non-respect d'une réglementation presque inexistant.

Toutefois, dans cette publication scientifique, il a été question de spécifier que les taxis-motos comme mode de transport à usage commercial a connu une forte croissance durant ces dix dernières années en Afrique subsaharienne, en Amérique latine et en Asie. Bien qu'offrant certains avantages en raison de sa grande manœuvrabilité, notamment sur les chaussées en mauvais état, et de sa capacité d'adaptation à la demande, ce mode de transport commercial est responsable d'une augmentation des accidents de la circulation, des problèmes de gestion du trafic, du bruit généralisé, l'insécurité, de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre. Tout au long de cette étude, nous avons présenté les incidences de la mototaxi à Kinshasa en évoquant les aspects positifs et négatifs de ce moyen de transport dans la vie de la population kinoise. Les axes tels que socio-culturel, sécuritaire et économique ont été épinglé pour mieux s'enquérir de la réalité effective de la régulation des taxis-motos à Kinshasa. Cependant, nous reconnaissons que les efforts déployés par les autorités pour réglementer le marché ont eu un effet contraire: ils ont aggravé le problème en créant des distorsions sur le marché. Les

opérateurs exerçant dans ce secteur ont intérêt à maintenir le statu quo et faire un bon usage de leur pouvoir économique et politique pour garantir une régulation effective des taxis-motos à Kinshasa en vue de s'assurer d'une influence politique susceptible de favoriser l'adoption de politiques visant à protéger les intérêts des uns et des autres.

En définitive, pour une régulation efficace de taxis-motos, nous avons recommandé aux autorités urbaines de la ville de Kinshasa de mettre en exergue le management de transport comme modèle approprié.

Enfin, pour tendre vers une régulation efficace de taxi-moto à Kinshasa, les autorités urbaines doivent tout d'abord définir le rôle et les / les options à lever pour réguler les motos taxis dans cette mégapole. Nous avons fait observer que ce choix dépend vraiment de l'ampleur des externalités négatives subies par la ville. Les options à prendre ne doivent présenter que les choix qui peuvent être faits au fur et à mesure de la dégradation de la situation.

REFERENCES

- [1] AJAY KUMAR. (Avril 2011). Comprendre l'importance croissante de la motocyclette dans les villes africaines « Une perspective d'économie politique » Série transport urbain,. Kinshasa: Document d'analyse SSATP No. 13.
- [2] AFCAP. (Novembre 2019).: République Démocratique du Congo, Améliorer la compréhension sur l'utilisation sécurisée des motos et motos à trois roues pour le transport rural, p4. Kinshasa: AFCAP: Rapport final.
- [3] DESKECO. (2019, Octobre 29). Récupéré sur www.deskeco.com.
- [4] Chris M'THATU L., N. D. (2022, Septembre 21). « Circulation Routière à Kinshasa ». Carrefour 3.
- [5] malukisa. (2018, 05 2). Récupéré sur www.eca-creac.eu.
- [6] RECAP. (Novembre 2019). Améliorer la compréhension sur l'utilisation sécurisée des motos et motos à trois roues pour le transport en RDC. Kinshasa: AFCAP.
- [7] s.d.). Récupéré sur www.revuegeo-univdaloa.net.
- [8] NTUMBA, H. (2021, juin 20). Récupéré sur www.Lepotentiel.cd.
- [9] s.d.). Récupéré sur www.u-bordeaux.fr.
- [10] MARION, A. (1996). Le diagnostic d'entreprise. Cadre méthodologique. Paris: Economica.
- [11] M. CROZIER, e. E. (1977). L'acteur et le système. Paris: Ed. Du Seuil.
- [12] HAZEM BEN AISSA. (13-15 Juin 2001). Quelle méthodologie de recherche approfondie pour une construction de la recherche en gestion. Xème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique.
- [13] Daniel, C. (2003). L'enquête de terrain. Paris: La Découverte.
- [14] Kinshasa, C. P. (2022, Juillet 21). COMMUNIQUE (APPEL A TEMOIN). Récupéré sur Express-News.
- [15] (s.d.). Récupéré sur <http://www.echantillonnageengrappes-definitionetexemples-Voxco.pdf>,
<http://www.statcan.ge.eg/edu/power-pouvoir/ch13/5214895-fra.htm35210.pdf>
- [16] M'THATU L., N. D. (2020). « Circulation Routière à Kinshasa ». Le Carrefour Congolais, pp. p.113-140.
- [17] s.d.). Récupéré sur www.redhac.info.
- [18] MALUKISA. (2018, mai). Récupéré sur <https://www.google.com/search?client>.
- [19] NKASHAMA, J. (2019, 10 31). www.radio-okapi.com.
- [20] <https://www.acpcongo.com/index.php>. (2021, 04 15).
- [21] MAPUKU, T. D. (2022, 03 21). www.Echo du développement.
- [22] ABAINGI, T. (2021, 12 23). Récupéré sur <https://www.HABARI, RDC>.
- [23] MAKUTA, C. (s.d.). Récupéré sur <https://www.fr.allafrica.com>. Le Potentiel (Kinshasa).
- [24] (s.d.). Récupéré sur www.mediacongo.net.
- [25] (s.d.). Récupéré sur <https://www.lisapo>.
- [26] HOLMES, E. W. (2019). Le problème de la conduite sous l'influence de la drogue chez les jeunes et les approches de prévention. Centre canadien de lutte contre les toxicomanies. revue systématique de la littérature, Ottawa (Ontario).
- [27] (s.d.). Récupéré sur <http://www.business-et-finances.com>.
- [28] <https://www.fondapol.org/etude/teyssier-la-regulation-professionnelle-des-regles-non-etatiques>.
- [29] (s.d.). Récupéré sur www.fondapol.
- [30] (2020, Décembre mardi 1). Récupéré sur <https://www.adiactv: Adiac-congo.com>: Réglementation des taxis-motos: une réforme très attendue,.
- [31] MUAMBA, C. (s.d.). Récupéré sur <https://www.ACTUALITE.CD – Next Corp>.
- [32] (s.d.). Récupéré sur <https://www.bordeaux-inp.fr/IUT>.
- [33] (s.d.). Récupéré sur <https://www.cnam-bretagne.fr/formation/transport/exploitation-dune-entreprise-de-transport-de-marchandises-attestation-de-capacite-de-transport>.
- [34] O.P Agarwal, G. P. (2018). Elaborer une Politique de Transport Urbain: Quelles sont les options et comment choisir ?. Ed.Banque Mondiale/BIRD.

Caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan

[phenotypic and zootechnical characterisation of the ovine breed slaughtered at the Port-Bouët slaughterhouse for butchery in Abidjan city]

Bi Irie Van Dexter Youan¹⁻²⁻³, Moussa Komara¹⁻²⁻³, Yapo Akaffou¹⁻²⁻³, and Komissiri Dagnogo⁴

¹Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Pôle de Recherche Production Animale, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

⁴Direction des Abattoirs et de l'Hygiène Alimentaire du District Autonome d'Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The aim of this study was the determination of phenotypic and zootechnical characterisation in ovines breeds slaughtered at the Port-Bouët slaughterhouse for butchery in the city of Abidjan. Thus, a study was carried out on 160 slaughtered ovines breeds, including Djallonké and Sahelian ovine. Indeed, before slaughter, individual and direct observations of breeds, sex and coat color characteristics were done. Also, measurements of the height at the withers and the thoracic perimeter were done. Then a descriptive analysis was performed, followed by a Chi-square test for qualitative variables. In addition, an ANOVA was performed for the quantitative variables. The results show that ovines of the Sahelian breed (67.5%) are the most slaughtered. Thus, the most dominant coat colors in Djallonké and Sahelian ovine breed were respectively black-white (34.62%) and white (59.26%). Also, ovine 3 years or older (74.38%) were the most slaughtered. Djallonké and Sahelian ovine breed without horns and pendants were more slaughtered. The breed had an influence on the height at the withers ($p < 2e-16$) or the thoracic perimeter ($p < 2e-16$). Similarly, age had a significant effect on thoracic perimeter. However, the sex factor had no effect on the height at the withers and thoracic perimeter. In conclusion, the breeds, sex, ages or coat colors of slaughtered ovines at the Port-Bouët slaughterhouse are diversified.

KEYWORDS: Ovine breed, Characterisation, Phenotype, Height at the withers, Abidjan city.

RESUME: L'objectif de cette étude était la caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan. À cet effet, une étude a été réalisée sur 160 ovins abattus dont les ovins de race Djallonké et Sahélienne. En effet, avant abattage, les observations individuelles et directes des caractères races, sexes, couleurs de robe ont été faites. Suivies des mensurations de la hauteur au garrot et du périmètre thoracique. Après, une analyse descriptive a été réalisée, suivie d'un test de Khi-2 pour les variables qualitatives. En outre, une ANOVA a été réalisée pour les variables quantitatives. Les résultats montrent que les ovins de race Sahélienne (67,5%) sont les plus abattus. Ensuite, les couleurs de robe les plus dominantes chez les ovins de race Djallonké et Sahélienne étaient respectivement le noir-blanc (34,64%) et le blanc (59,26%). Aussi, les ovins de 3 ans ou plus (74,38%) étaient les plus abattus. Les ovins de race Djallonké et Sahélienne dépourvus de cornes et pendeloques étaient plus abattus. La race a eu une influence sur la hauteur au garrot ($p < 2.10^{-16}$) et le périmètre thoracique ($p < 2.10^{-16}$). De même, l'âge a eu un effet significatif sur le périmètre thoracique. Cependant, le facteur sexe n'a pas eu d'effet sur la hauteur au garrot et le périmètre thoracique. En conclusion, les races, les sexes, les âges, les couleurs de robe des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sont diversifiés.

MOTS-CLEFS: Ovins, Caractérisation, Phénotype, Hauteur au garrot, Ville d'Abidjan.

1 INTRODUCTION

L'abattoir est un lieu destiné à l'abattage des animaux de boucherie tels que les ovins, ainsi qu'à leur transformation en viande [1]. Il joue un rôle prépondérant au niveau de la santé publique à travers l'inspection et la certification de la qualité sanitaire des viandes qui en sont issues. Au regard de son importance, une étude préliminaire a été menée par [2] sur la caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët. En effet, il ressort de cette étude que les ovins les plus abattus étaient de race Sahélienne (82,50%). Les résultats de la même étude ont montré que les ovins de 3 ans ou plus (57,50%) étaient les plus abattus, les couleurs de robe dominantes étaient pie noir (33,34%) chez les ovins de race Djallonké et le blanc (47,48%) chez les ovins de race Sahélienne. Cette étude a également révélé qu'il n'y a pas eu d'interaction entre les facteurs (âge-sexe, race-âge, sexe-race). Les facteurs (race ou âge) ont eu une influence sur la hauteur au garrot et le périmètre thoracique. Ce qui n'a pas été le cas pour le facteur sexe sur la hauteur au garrot.

Par ailleurs, une autre étude a été menée à l'abattoir de Mostaganem en Algérie [3]. Toutefois, cette étude ne portait pas sur la caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Mostaganem.

C'est pourquoi la présente étude s'inscrit dans le cadre de la consolidation des informations révélées lors de l'étude préliminaire, portant sur la caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët (Youan et al., 2023). Il s'est agi, de déterminer également la race, le sexe, la couleur de robe, l'âge, la présence ou non de cornes, la présence ou non de pendeloques, le périmètre thoracique et la hauteur au garrot ces ovins.

2 MATERIEL ET METHODES

L'étude a été réalisée du 25 avril au 19 mai 2023 sur 160 ovins à l'abattoir de Port-Bouët à Abidjan en Côte d'Ivoire. Durant l'étude deux séances ont été réalisées par semaine le mardi et vendredi. Chaque séance se déroulait de 4h à 7h du matin. Durant chaque séance, les observations individuelles et directes ainsi que les mensurations ont été faites sur 20 ovins avant leur abattage.

À cet effet, une fiche d'enregistrement préalablement établie a été utilisée pour recueillir les informations de chaque ovin. Ce qui a permis d'enregistrer les caractéristiques suivantes: races, sexes, couleurs de robe, âges, présence ou non de cornes, présence ou non de pendeloques. Pour les mensurations sur cette fiche, les mesures individuelles de périmètre thoracique et hauteur au garrot ont été également enregistrées. Le périmètre thoracique et la hauteur au garrot ont été mesurés à l'aide d'un ruban zoométrique de marque ANImeter® et de longueur 250 cm.

Après abattage, l'âge des ovins a été déterminé par examen de la dentition [4]. En effet, il s'agit de compter le nombre d'incisives inférieures de lait et adulte présentes sur la mâchoire inférieure de l'ovin.

Après chaque séance, les données recueillies de chaque ovin ont été enregistrées dans une même feuille du logiciel Excel version 2021. A la fin de l'étude, des analyses descriptives des variables ont été effectués avec le logiciel Excel version 2021.

En outre, le logiciel R version 4.2.3 a permis d'analyser statistiquement les variables qualitatives (couleur de robe, présence ou non de cornes et présence ou non de pendeloques) en utilisant le test de Khi 2. Aussi, une analyse de la variance (ANOVA) à plusieurs facteurs a été réalisée afin de déterminer les effets de la race, le sexe, l'âge et les interactions éventuelles sur la hauteur au garrot et le périmètre thoracique. Ensuite, des analyses de la variance (ANOVA) à un facteur avec comparaison multiple des moyennes ont été faites pour chaque facteur et variable (hauteur au garrot et périmètre thoracique).

Le test de corrélation de Pearson a été effectué également entre la hauteur au garrot et périmètre thoracique pour chaque race ovine abattue.

3 RESULTATS

3.1 EFFECTIFS ET PROPORTIONS DES RACES OVINES ABATTUES À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Le tableau 1 présente les effectifs et proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët.

Tableau 1. *Effectifs et proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët*

Races	Effectifs	Proportions (%)
Djallonké	52	32,50%
Sahélienne	108	67,50%

3.2 EFFECTIFS ET PROPORTIONS PAR SEXE DES OVINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Le tableau 2 révèle les effectifs et proportions par sexe des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët.

Tableau 2. *Effectifs et proportions par sexe des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët*

Sexes	Effectifs	Proportions (%)
Femelles	154	96,25%
Mâles	6	3,75%

3.3 PROPORTIONS DES COULEURS DE ROBE DES OVINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Le tableau 3 présente les proportions des couleurs de robe des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët.

Tableau 3. *Proportions des couleurs de robe des ovins abattus à l'abattoir de port-bouët*

Couleurs de robe	Proportions (%)		Significativité
	Djallonké	Sahélienne	
Blanc	25	59,26	***
Blanc-brun	13,46	6,48	NS
Noir-blanc	34,62	14,81	**
Noir-pie	0	0,93	NS
Pie-brun	0	9,26	**
Pie-noir	26,92	9,26	**

*** $p < 0,001$; ** $P < 0,01$; NS = Non significatif

3.4 EFFECTIFS ET PROPORTIONS PAR ÂGE DES OVINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Le tableau 4 révèle les effectifs et proportions par âge des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët.

Tableau 4. *Effectifs et proportions par âge des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët*

Âges	< 1 an	[1-1½ an [	[1½-2 ans]	[2½-3 ans [	≥ 3 ans
Effectifs	2	10	19	10	119
Proportions (%)	1,34	6,25	11,88	6,25	74,38

3.5 PROPORTIONS DES RACES OVINES ABATTUES À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT PORTANT DES CORNES OU NON

Le tableau 5 présente les proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en intra-race.

Tableau 5. *Proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en intra-race*

Races	Proportions (%)		p-value
	Présence de cornes	Absence de cornes	
Djallonké	15,38 ^b	84,62 ^a	$1,2 \cdot 10^{-10}$
Sahélienne	32,41 ^b	67,59 ^a	$4,3 \cdot 10^{-6}$

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne.

Le tableau 6 montre les proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en inter-race.

Tableau 6. Proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en inter-race

	Proportions (%)		p-value
	Djallonké	Sahélienne	
Présence de cornes	15,38 ^b	32,41 ^a	0,01
Absence de cornes	84,62 ^a	67,59 ^a	0,16

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne.

3.6 PROPORTIONS DES RACES OVINES ABATTUES À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT PORTANT DES PENDELOQUES OU NON

Le tableau 7 présente les proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des pendeloques ou non en intra-race.

Tableau 7. Proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des pendeloques ou non en intra-race

Races	Proportions (%)		p-value
	Présence de pendeloques	Absence de pendeloques	
Djallonké	3,85 ^b	96,15 ^a	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$
Sahélienne	14,81 ^b	85,19 ^a	$1,9 \cdot 10^{-12}$

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne.

Le tableau 8 révèle les proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des pendeloques ou non en inter-race.

Tableau 8. Proportions des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des pendeloques ou non en inter-race

	Proportions (%)		p-value
	Djallonké	Sahélienne	
Présence de pendeloques	3,85 ^a	14,81 ^a	0,01
Absence de pendeloques	96,15 ^a	85,19 ^a	0,41

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne.

3.7 EFFET DE LA RACE, DU SEXE ET DE L'ÂGE D'OVINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT SUR LE PÉRIMÈTRE THORACIQUE

Il n'y a pas eu d'interaction entre les facteurs sexe-race, âge-sexe et l'âge-race au niveau de la hauteur au garrot des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët.

Le tableau 9 révèle l'effet de la race d'ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot.

Tableau 9. Effet de la race d'ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot

Races ovines	Hauteur au garrot (cm)	p-value
Djallonké	67,88 ^b ± 2,71	$< 2 \cdot 10^{-16}$
Sahélienne	77,99 ^a ± 4,58	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même colonne.

Le tableau 10 présente l'effet du sexe d'ovins Djallonké et sahélien abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot.

Tableau 10. Effet du sexe des ovins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot.

Sexes	Hauteur au garrot (cm)	p-value
Mâles	74,63 ± 6,03	0,47
Femelles	76,50 ± 11,07	

Le tableau 11 montre l'effet de l'âge d'ovins Djallonké et sahélien abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot.

Tableau 11. *Effet de l'âge d'ovins Djallonké et sahélien abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot*

Âges (an)	Hauteur au garrot (cm)	p-value
< 1	66,50 ^b ± 2.12	2,3.10 ⁻⁶
[1-1½ [	67,50 ^b ± 3.92	
[1½-2]	71,31 ^{ab} ± 4.54	
[2½-3 [	73,10 ^a ± 5.72	
≥ 3	76.12 ^a ± 6,00	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même colonne.

3.8 EFFET DE LA RACE, DU SEXE ET DE L'ÂGE D'OVINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT SUR LE PÉRIMÈTRE THORACIQUE

Il n'y a pas eu d'interaction entre les facteurs sexe-race, âge-sexe et âge-race au niveau du périmètre thoracique des races ovines abattues à l'abattoir de Port-Bouët.

Le tableau 12 révèle l'effet de la race d'ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique.

Tableau 12. *Effet de la race d'ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique*

Races ovines	Périmètre thoracique (cm)	p-value
Djallonké	69,36 ^b ± 3,48	< 2.10 ⁻¹⁶
Sahélienne	76,72 ^a ± 4,82	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même colonne.

L'effet du sexe des ovins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique est présenté dans le tableau 13.

Tableau 13. *Effet du sexe des ovins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique*

Sexes	Périmètre thoracique (cm)	p-value
Mâles	74,25 ± 5,35	0,41
Femelles	76,16 ± 11,03	

Le tableau 14 présente l'effet de l'âge d'ovins Djallonké et sahélien abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique.

Tableau 14. *Effet de l'âge des ovins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique*

Âges (an)	Périmètre thoracique (cm)	p-value
< 1	68 ^b ± 5,65	1,8.10 ⁻⁴
[1-1½ [	69,60 ^b ± 4,08	
[1½-2]	71,15 ^{ab} ± 3.84	
[2½-3 [	73 ^a ± 4,92	
≥ 3	75,45 ^a ± 5,58	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même colonne.

3.9 TEST DE CORRELATION ENTRE LE PÉRIMÈTRE THORACIQUE ET HAUTEUR AU GARROT DES OVINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Il y a une corrélation significative entre le périmètre thoracique et la hauteur au garrot des ovins de race Sahélienne. Ces variables sont corrélées fortement et positivement avec un coefficient de corrélation égal 0.79. Cependant, Il n'existe pas de corrélation entre le périmètre thoracique et la hauteur au garrot des ovins de race Djallonké ($P > 0,05$).

4 DISCUSSION

Cette étude a été réalisée sur 160 ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët. Parmi ces ovins deux races ovines ont été enregistrées. Ces races sont les suivantes: les ovins de race Djallonké et les ovins de race Sahélienne. Il ressort que les ovins de race Sahélienne sont les plus abattus avec une proportion de 67,50%. Ces résultats sont en accord avec ceux de [2] qui ont rapporté lors de l'étude préliminaire sur la caractérisation phénotypique que les ovins de race Sahélienne sont les plus abattus à l'abattoir de Port-Bouët. Ce nombre élevé des ovins de race Sahélienne au détriment de la race locale (Djallonké) à l'abattoir de Port-Bouët s'expliquerait par le fait que la Côte d'Ivoire reste dépendante des importations pour assurer la couverture de ses besoins en protéine animale [5].

Au total deux sexes ont été observés à savoir le sexe mâle et femelle lors de cette étude. De même, [6] ont observé les deux sexes au cours de leurs travaux. Aussi, il ressort des résultats de notre étude que les femelles sont les plus abattues avec une proportion de 96,25%. Selon certains bouchers de l'abattoir, la vente des femelles est plus rentable économiquement que celle des mâles. Quant aux éleveurs, ils préfèrent conserver les mâles pour les fêtes religieuses. D'où l'achat en grand nombre des femelles pour la boucherie.

Cette étude a révélé une variété de couleurs de robe des ovins. En effet, les ovins de race Sahélienne ont présenté six (06) couleurs de robe, tandis que les ovins de race Djallonké en ont présenté quatre (04). Ces résultats montrent qu'il y a une diversité de couleur de robe comme dans l'étude préliminaire [2]. En ce qui concerne les différentes couleurs de robe chez les ovins de race Djallonké, la couleur noir-blanc (34,62%) est dominante. Cette dernière est suivie de pie-noir (26,92%), blanc (25%), blanc-brun (13,46%). Cependant, chez les ovins de race Sahélienne la couleur de robe la plus répandue est la couleur blanche (59,26%). Celle-ci est suivie par les couleurs noir-blanc (14,81%), pie noir (9,26%), pie-brun (9,26%), blanc-brun (6,48%) et noir-pie (0,93%). Ces résultats sont différents de ceux de [7] qui ont constaté que la couleur de robe dominante chez les ovins, est le noir-blanc avec une fréquence de 50%, suivie du blanc et du blanc-brun avec respectivement 26,7% et 22,3%.

Différentes classes d'âge ont été enregistrées lors de cette étude. Au total, cinq (05) classes d'âges comprises entre moins d'un an et 3 ans ou plus ont été observées comme dans l'étude préliminaire [2]. Ces résultats sont différents de ceux rapportés par [3] qui a observé un âge minimum de 2 ans et maximum de 3 ans des ovins abattus à l'abattoir de Mostaganem en Algérie. Les résultats de notre étude montrent que les ovins abattus sont en majorité ceux de 3 ans ou plus comme dans l'étude préliminaire [2]. L'abattage en grand nombre des ovins de 3 ans ou plus se justifierait par une faible productivité de ces derniers au sein des élevages.

En ce qui concerne les caractères « présence ou non de cornes », les résultats montrent que la majorité des ovins de race Djallonké et de race Sahélienne ne portent pas de cornes. Ce qui revient à dire que les femelles sont les plus abattus car selon [7], la présence des cornes chez les mâles est observée dans 97,5% des cas chez les ovins. Cependant, les ovins de race Sahélienne pourvus de cornes (32,41%) sont plus nombreux que les ovins de race Djallonké (15,38%) qui en possèdent. Ces résultats corroborent ceux de [2]. Selon ces auteurs, les ovins de race Sahélienne pourvus de cornes sont plus nombreux que les ovins de race Djallonké.

L'étude révèle une absence généralisée de pendeloques chez les ovins de race Sahélienne (85,19%) et ceux de race Djallonké (96,15%). Ces résultats corroborent ceux de [8] et ceux de [2] qui ont montré que les ovins caractérisés par l'absence de pendeloques sont nombreux. Cependant, dans cette étude, les ovins ayant des pendeloques ont été observés. Ainsi, les résultats montrent que la présence de pendeloques est supérieure chez les ovins de race Sahélienne (14,81%) par rapport aux ovins de race Djallonké (3,85%).

Les ovins de race Sahélienne ont une hauteur au garrot plus élevée que celle des ovins de race Djallonké avec des moyennes respectives de 77,99 cm et 67,88 cm. Les valeurs de la hauteur au garrot observées dans cette étude sont différentes à celles rapportées par [2]. Ces auteurs ont obtenu des moyennes de 79,59 cm et 68,19 cm respectivement chez des ovins de race Sahélienne et les ovins de race Djallonké. Ces données laissent croire que les ovins de race Sahélienne d'un point de vue génétique sont hauts sur patte.

Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas d'effet sexe sur la hauteur au garrot ($P > 0,05$). Ces résultats sont en accord avec ceux de [2].

Les ovins de 3 ans ou plus (76,12 cm) sont plus hauts sur patte que les ovins d'âges inférieurs. Les résultats de cette étude montrent également qu'il y a un effet significatif de l'âge des ovins abattus sur la hauteur au garrot ($p = 2,3.10^{-6}$). Ces résultats sont similaires à ceux de [2] qui ont montré qu'il y a un effet de l'âge des ovins abattus sur la hauteur au garrot.

Les ovins de race Djallonké (69,36 cm) présentent un périmètre thoracique inférieur à celui de la race Sahélienne (76,72 cm). Ces résultats confirment ceux de [2] qui ont montré que les ovins de race Sahélienne ont un périmètre thoracique supérieur aux ovins de race Djallonké.

Les analyses statistiques révèlent que le facteur « sexe » n'a pas d'influence significative sur le périmètre thoracique ($P > 0,05$). Ces résultats sont différents de ceux de [2] qui ont montré qu'il y a un effet sexe sur le périmètre thoracique.

Les résultats montrent qu'il existe un effet de l'âge des ovins abattus sur le périmètre thoracique ($p = 1,8.10^{-4}$). Ces résultats corroborent ceux de [8] et ceux de [2]. Ces auteurs ont constaté que l'âge a un effet sur le périmètre thoracique.

Les résultats indiquent qu'il y a une corrélation significative entre la hauteur au garrot et le périmètre thoracique chez les ovins de race Sahélienne. Ces variables sont corrélées fortement et positivement avec un coefficient de corrélation égal 0,79. En effet, chez les ovins de race Sahélienne plus la hauteur au garrot est grande plus le périmètre thoracique est grand. Tandis que chez les ovins de race Djallonké, il n'existe pas de corrélation.

5 CONCLUSION

Les ovins de race Sahélienne sont les plus abattus à l'abattoir de Port-Bouët. La couleur de robe, l'âge et le sexe des ovins sont variés. Le facteur race ou âge a eu une influence sur la hauteur au garrot et le périmètre thoracique. Ce qui n'est pas le cas pour le facteur sexe sur la hauteur au garrot et le périmètre thoracique. En perspective, une étude doit être menée pour déterminer les paramètres métaboliques des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les membres du service vétérinaire de l'abattoir de Port-Bouët; à savoir Messieurs ANOH Bilé Marcel, GBO Arnaud Éric et l'ensemble de l'équipe pour l'aide apportée lors des travaux sur le terrain. Les auteurs remercient également Monsieur Moussa Komara (PhD, MSc) pour le financement de cette étude.

REFERENCES

- [1] K. A. Diarrassouba, Etude diagnostique des conditions de préparation et d'inspection des viandes de boucherie aux abattoirs du District d'Abidjan, Thèse de Doctorat, Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal, 172p, 2011.
- [2] B. I. V. D. Youan, M. Komara, Y. Akaffou, K. Dagnogo, «Essai préliminaire de caractérisation phénotypique et zootechnique des ovins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan», *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 40, no. 3, pp. 746-753, 2023.
- [3] I. Bouzid, Les principaux motifs de saisie chez les ovins au niveau de l'abattoir de Mostaganem, Thèse de Doctorat vétérinaire, Institut des sciences vétérinaire Blida, Algérie, 64p, 2020.
- [4] D. Hamito, Estimation of weight and age of sheep and goats Ethiopia Sheep and Goat productivity Improvement Program (ESGPIP), Technical bulletin, no. 23, 14p, 2009.
- [5] MIRAH, Politique nationale de développement de l'élevage, de la pêche et de l'aquaculture (PONADEPA 2022-2026), Ministère des Ressource Animales et Halieutique, Côte d'Ivoire, 178p, 2022.
- [6] G. K. Dayo, E. Alfa, E. Talaki, K. Soedji, S. Sylla and B. Dao, «Caractérisation phénotypique du mouton de Vogan du Togo et relation avec le mouton Djallonké et le mouton sahélien», *Animal Genetic Resources/Recursos genéticos animales*, vol. 56, pp. 63-78, 2015.
- [7] A. Traoré, H. H. Tamboura, A. Kaboré, N. Yaméogo, B. Bayala and I. Zaré, «Caractérisation morphologique des petits ruminants (ovins et caprins) de race locale »Mossi« au Burkina Faso» *Animal Genetic Resources Information*, vol. 39, pp. 39-50, 2006.
- [8] Z. Khaldi, B. Haddad, S. Souid, H. Rouissi, A. B. Gara and B. Rekik, «Caractérisation phénotypique de la population ovine du sud ouest de la Tunisie. *Animal Genetic Resources/Recursos genéticos animales*», vol. 49, pp. 1-8, 2011.

