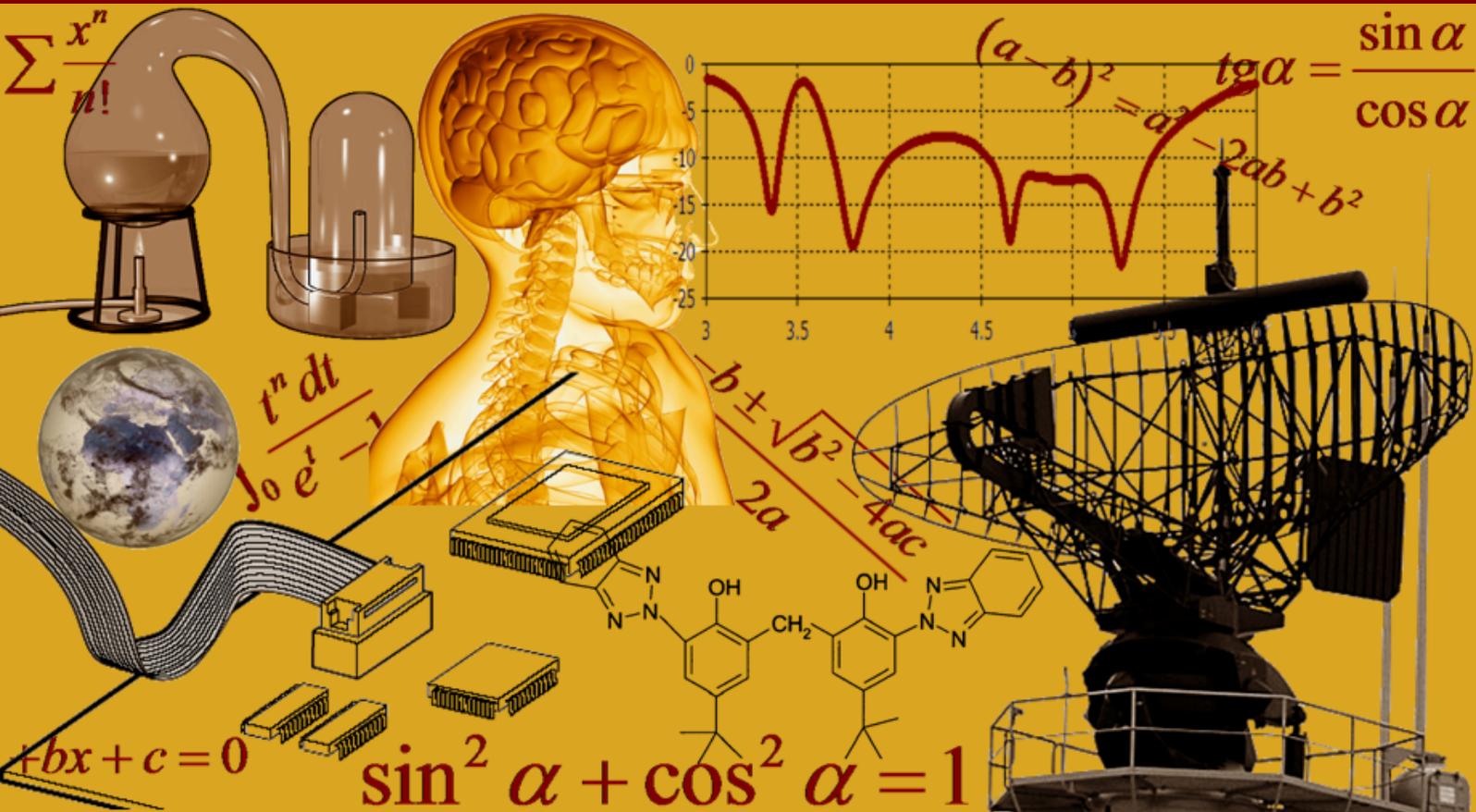


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 53 N. 1 February 2021



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

Market analysis of minimally processed onions in the Philippines	1-5
<i>Gigi B. Calica and Jan Mari C. San Pedro</i>	
The probiotic bacterium <i>Pediococcus ethanolidurans</i> modulate malaria infection in <i>Plasmodium berghei</i> ANKA infected mice	6-17
<i>Liliane Laure Toukam, Bertrand Tatsinkou Fossi, Germain Taiwe Sotoing, Enyong Peter Ivo, and Eric Akum Achidi</i>	
Project management in Morocco: Impact of COVID-19	18-28
<i>Zouhair Al Mouhani, Rachid Essabiry, and Hicham Achelhi</i>	
Évaluation de la qualité des sols sur un site minier du Copperbelt Congolais: Mise en évidence de la pollution d'origine minière	29-39
<i>Arthur Kaniki Tshamala, Jean-Noël Mputu Kanyinda, and Jean-Marie Kanda Ntumba</i>	
L'aménagement de la valeur stratégique des frontières de la République Démocratique du Congo en Afrique: Plaidoyer pour l'usage d'équipements technologiques	40-49
<i>Scheel Mutombo Kiangwa</i>	
Diagnostic de la fertilité chimique des sols sous anacarderaies (<i>Anacardium occidentale</i> L.) dans le département de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire	50-60
<i>Diomandé Loua Barthélémy, Soro Sibirina, KONE Dofoungo, and Adingra Kouakou Dongo Paul</i>	
De l'engagement scolaire à la réussite éducative des élèves du cours moyen deuxième année: Regards sur l'interaction appropriée enseignant/élève	61-70
<i>Kouadio Kouamé Armel and Agossou Kouakou Mathias</i>	
Mortalité maternelle intra-hospitalière dans la Division Provinciale de la Santé de Lubumbashi: Cas des cliniques universitaires de Lubumbashi, Hôpital Sendwe, Hôpital SNCC, Hôpital Kenya pendant l'année 2019	71-84
<i>Nkakala Kabuiku Aimé and Daniel Matili Widobana</i>	
Itinéraire thérapeutique du patient en milieu urbain africain: Cas de la ville de Goma à l'est de la RD Congo	85-97
<i>Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence, Edgar Tsongo Musubao, Mahamba Nzanzu, Ntabe Namegabe Edmond, Celestin Kimanuka, Hélène Lambert, and Denis Porignon</i>	

Market analysis of minimally processed onions in the Philippines

Gigi B. Calica¹ and Jan Mari C. San Pedro²

¹Senior Science Research Specialist, Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization (PHilMech), CLSU Compound, Science City of Munoz, Nueva Ecija, 3120, Philippines

²Science Research Specialist 1, Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization (PHilMech), CLSU Compound, Science City of Munoz, Nueva Ecija, 3120, Philippines

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

ABSTRACT: The study aimed to analyze the market of minimally processing (MP) onions in the country by identifying the available MP onion products in the market, describing and segmenting the potential markets with its purchasing behavior as well as its requirements and its effect to the demand and supply of MP onions. Results revealed that MP onion shallots, yellow and red bulb products were available in the market and were demanded by the food industrial sector. Market segments were the meat processors, snack-food manufacturers, fast-food restaurants and households. Meat processors and fast-food restaurants preferred MP yellow bulb onions. The former used it for the canned and ready-to-eat products while the latter for the quick-serving food such as burgers, pizzas, pasta, and the like. The snack-food manufacturing group utilized MP shallots as raw materials for their product flavorings. They further processed it into onion powder and oil as seasonings for their biscuits and instant noodle products. Market segments with cold storages procured in weekly or monthly while daily for households. Meat processors and fast-food and restaurants required 994mt and 2,500mt of MP yellow bulb onions, respectively while snack-food manufacturing companies need around 2,700mt of MP shallots. Supply of MP yellow bulb onions was short by 95 percent while at present MP shallots supply was just enough. With the growth of the food industrial institutions the demand for MP onion products will continue to soar posing a market potential for the onion industry.

KEYWORDS: Yellow bulb onion, shallots, minimal processing, meat processors, fast-food restaurant, snack-food manufacturing.

1 INTRODUCTION

Minimally processed (MP) onions are fresh-cut ready-to-eat or ready-to-use onion products that offer enhanced consumer end-use experiences, presenting considerable opportunities to the market ([1]; [2]; [3]). In the United States, around 20 percent of onions sold in food service or retail is fresh-cut or processed [4].

Multiplier onion (*Onion aggregatum*) is consumed in large quantity in the southern provinces of India. Peeling is a time consuming process, as a result of which the working women do not prefer using this particular type of onion even though it is much preferred and reported to have many medicinal advantages. These are used in large quantity in the catering and pickling industries creating a need for the peeling and minimal processing technology. Presently processing of onions is as dried, pickled or powdered products, but their use as peeled ready to use vegetables has been little studied [5].

In the Philippines, the demand for the minimally processed (MP) onions has gradually increased due to the growth of the industrial institutions like hotels and restaurants, fast-food, processing and manufacturing sectors because of convenience. They are used as spices and ingredients to condiment processing. It was also used for medicinal purposes. Aside from household consumption, the industrial market consumed onion in bulk.

The demand for this commodity was gradually increasing due to the growth of the industrial institutions like hotels and restaurants, fast-food, processing and manufacturing sectors, and the like. This type of market requires huge volume of raw materials as ingredients to be used for their products. Nonetheless, they prefer pre-processed and processed products.

Onion minimal processing in the country was not yet in the mainstream because the industry has very little information on its market opportunities. Consequently, resulting to the recommendation of searching for its potential markets [6]; [7]; [8]. Thus, this paper on exploring the potential markets of minimally processed (MP) onion products in the domestic food industries by analyzing its target markets as well as its demand and supply.

2 MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in Ilocos Region and Nueva Ecija, the major producing areas for shallots and bulb onions, respectively for the supply side [9]; [10]. On the other side, food industries located in major cities in the country such as Metro Manila, Pampanga, Cavite, Tagaytay, and Davao were considered for the demand side [11]. Secondary data, key informant interviews, face-to-face and telephone interviews were implemented to collect data on the actual demand of the companies under the food industry as well as their quality specifications on the product under study. Interviews with the farmers were also carried-out for the supply side.

Market segmentation was done based on the target market's kind of MP onion products and volume requirements needed to produce their products offered in the market. Respondents were the food processing companies located within the National Capital Region and other major cities in the country which includes 58 meat processing companies in Manila, Pampanga, Cebu, and Davao; 5 major snack-food companies in Metro Manila and Cavite; and 8 major fast-food corporations with their own commissaries.

Data were processed and analyzed employing descriptive statistics.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 MP ONION PRODUCTS IN THE MARKET

Minimally processed onion products available in the domestic markets were fresh peeled bulb onions and shallots. They were usually ordered in bulk for food manufacturing, as spices and ingredients. MP yellow bulb onions were mostly preferred by the meat processors and the fast food chains to minimize labor for the onion peeling activities. On the other hand, MP red bulb onions were demanded in times when yellow bulb onions in the country run out of supply. Local supply of raw yellow bulb onions stored in cold storages lasted only for four months while nine months for the red bulb. Some of the manufacturers resorted to importing low priced bulb onions especially when domestic onion products coming from cold storages prices shoot up. In this case, meat processors and fast food restaurants hired additional labor for the peeling of bulb onions. Meanwhile, onion farmer cooperatives with marketing agreement with the food manufacturers were doing the peeling of onions.

Moreover, minimally processed red bulb onions were available in wet markets and supermarkets for household consumption. For working mothers who have not enough time in the kitchen, peeled red bulb onions were patronized for convenience. In wet markets, vendors peeled damaged red bulb onions and put them inside a plastic bag at 250 g pack or less. In supermarkets, onion stocks with damage were peeled and packed in the same size with those in wet markets. This pack usually consumed in the household for 2 to 3 days.

MP shallots were demanded by the snack food manufacturers which primarily used for flavoring. Results showed that minimal processing were done by trader/consolidator/processors with existing contract with the snack food manufacturers. Unlike in MP bulb onions, no farmer cooperatives were involved in the minimal processing of shallots in the country. Before, farmers in Ilocos Region where majority of shallots came from, preferred waiting for exporters to buy their produce because of better price and disposed rejects from export to the traders engaged in minimal processing. But with the increase in demand for the MP shallots, traders offered same price with the export ones to accumulate supply. With this development, discussion on farmers doing the MP as value adding activity were introduced to women in the community, however, peeling of shallots was very tedious for them because of the smaller bulb size.

3.2 MARKET SEGMENTATION

Results showed that the market segments utilized MP onions were companies such as meat processing, snack-food manufacturing, fast-food corporations/restaurants, and households.

3.2.1 MEAT PROCESSING COMPANIES

This segment represents the small and medium enterprises as well as the huge companies whose products were processed meats. Minimally processed onions in sliced, minced and onion powdered were always used as seasoning for processed meat products. MP onions were used in canned or in pouch ready-to-eat meat goods. On the other hand, powdered onions were preferred in processed meats such as sausages, ham, *tocino* or sweet cured meat, etc., because it blended with the color of the meat.

3.2.2 SNACK-FOOD MANUFACTURING COMPANIES

This was composed of companies that produce salted snacks and instant noodles. At present, they purchased local minimally processed shallots as raw materials for processing shallots powder and oil for seasoning their salted snacks such as biscuits, chips and noodle products. However, in times of non-availability of minimal shallots they resort to importing onion oil as substitute for their seasonings. However, according to them they preferred processing shallots oil than importing onion oil because it was tastier for flavoring. On the matter between shallots and red bulb onion, shallots oil is colorless while red bulb onions retained their color that stained the final products.

3.2.3 FAST-FOOD CORPORATIONS/RESTAURANTS

The main products of the companies under this segment were burgers, pizza, pasta, and the like. Since these companies were quick serving, they preferred fresh vegetables that were minimally processed for convenience because peeling the bulb onions was time consuming and more labor was needed. MP products were used for garnishing their products.

3.2.4 HOUSEHOLD

At present, family members were very busy earning their livelihood so MP products in the market were beginning to be patronized. This segment includes the families with working parents and do not have enough time to prepare their food so that they preferred the easy way of cooking. Available MP onions in the forms of pre-peeled, sliced and minced would do them a favor of saving time in cooking and having more quality time with their families.

3.3 MARKET SEGMENTS' PURCHASING BEHAVIOR

The target market's buying behavior greatly affects the sales of any product. Companies who place orders in volume place orders within a period to give the suppliers enough time to deliver their requirements. For the consumers of freshly peeled bulb onions and shallots, they usually purchased them in weekly basis due to the perishability of the product. However, for those companies with cold storages that could maintain the freshness of the product, monthly basis of procurement was applied. Moreover, if minimally processed bulb onions were not locally available, fast food and restaurants and meat processors resorted to buy imported fresh bulb onions and hired additional laborers to do the peeling. For the households, the practice was to buy minimally processed onions in daily basis.

3.4 QUALITY AND QUANTITY REQUIREMENTS FOR MINIMALLY PROCESSED BULB AND SHALLOT ONIONS

Quality requirements of the markets were limited only on the size of onions and state of MP onions upon arrival at the buyers' warehouse. For bulb onions, meat processors and fast food chains and restaurants required its size around 100g per piece with 2 inch in diameter and chilled at 0°C (Table 1). They preferred the MP yellow granex onions but its supply in the country normally lasts for four months only, thus they resorted to the red bulb as alternative or import raw supply for their requirements. On the other hand, for MP shallots, customers required medium sizes with more or less 1.6 to 2.5cm in diameter and dried surface when delivered to their warehouses.

Estimated annual volume demanded by the identified market segments was around 3,494 metric tons of MP bulb onions and 2,700 metric tons of MP shallots. Out of the total requirement of MP yellow bulb onions, around 72 percent were demanded by the fast food and restaurants sector and the 28 percent went to the meat processors. Demand for MP shallots was solely from the snack-food manufacturing sector (Table 2).

However, it was noted that their demand for the MP products was inelastic or insensitive to price changes. They were more concerned on the availability of supply and its quality. Thus, it denotes a possible market penetration given that there are right resources, knowledge on production and processing, and enough produce to provide sufficient supply.

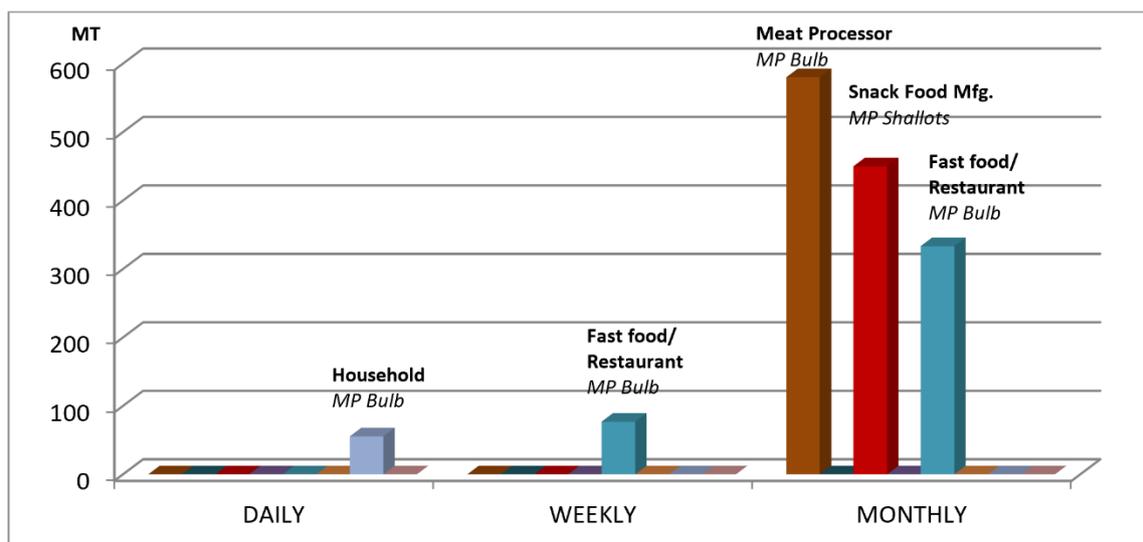


Fig. 1. Market segments' purchasing behavior of minimally processed bulb and shallots

Table 1. Quality standard requirements by consumers, 2017

Item	Minimally Processed Yellow Bulb Onion	Minimally Processed Shallots
Size	100g/pc 2 inch in diameter	Medium size 1.6-2.5 cm
Storage requirement	Stored at 0°C	Dried surface

Source: Interviews

Table 2. Estimated average annual volume demanded by different market segments, 2017

Market Segment	Peeled Bulb (Yellow), MT	Percent share to total demand	Peeled Shallot, MT	Percent share to total demand
Meat Processing	994.29	28%	-	-
Snack-Food Manufacturing	-	-	2,700.00	100%
Fast-Food/Restaurant	2,500.13	72%	-	-
Total Requirement, MT	3,494.42	100%	2,700.00	100%

Source: Interviews

3.5 DEMAND-SUPPLY ANALYSIS FOR MINIMALLY PROCESSED (MP) ONION PRODUCTS

Based on the survey, supply of minimally processed peeled bulb onions in the country only provided 5 percent of the total demand and a gap of 95 percent in the supply. Though consumer market sectors most preferred yellow bulb for MP, but in times of supply shortage they accepted MP red bulb from the local suppliers. Moreover, during lean months and no deliveries of MP bulb onions they resorted to importing yellow bulb onions to suffice the demand gap but they were the ones doing the minimally processing.

On the other hand, the supply of the minimally processed shallots is currently sufficient for the demand of the snack-food manufacturing sector (Table 2). However, this segment shared that in times of supply shortage they imported onion oil as substitute in spite of its high cost. This only shows that MP shallots as flavorings for their snack food are really important ingredient in their production.

But with the scenarios of the growing snack-food manufacturing sector in the country and the export demand for shallots while not increasing its local supply, a shortage of MP shallots will be experienced in the near future. Thus, it implies a good local market opportunity.

Table 3. Domestic Demand and Supply for Minimally Processed Shallots and Bulb Onion Products, 2017

Onion products	Local supply, mt	Local demand, mt	Demand-Supply Gap	
			Volume, mt	% share
Peeled Yellow bulb	496.00	10,960.00	10,464.00	95.47%
Peeled shallot	5,400.00	5,400.00	0	0

Source: Survey

4 CONCLUSION

Minimal processing of bulb and shallot onions is demanded by the food industry sector in the Philippines. The target market segments identified were the meat processors, fast-food and restaurants and snack-food manufacturers. Minimal processed onions were used as flavoring and condiments for their products. However, meat processors and fast-food and restaurants preferred minimal processed yellow bulb onions while minimal processed shallots for snack-food manufacturers. With the high supply-demand gap for the minimal processed bulb onions, implies a good local market opportunity. For MP shallots, market opportunity will also be realized if farmers would not prioritize the export market and instead venture on minimal processing. The system for onion processing provides market potential for the onion industry in the Philippines. With properly identified market, enough supply, low-cost and strategically positioned products, local produce will gain its market share.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Dr. Renita SM. Dela Cruz for sharing her knowledge and PHilMech for funding the study.

REFERENCES

- [1] Lokke MM, Edelenbos M, Larsen E, Feilberg A. 2012. Investigation of volatiles emitted from freshly cut onions (*Allium cepa* L.) by real time proton-transfer reaction–mass spectrometry (PTR-MS). *Sensors* 12: 16060– 76.
- [2] Siddiq M, Roidoung S, Sogi DS, Dolan KD. 2013. Total phenolics, antioxidant properties and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* L.) treated with mild-heat. *Food Chem* 136: 803– 6.
- [3] Berno ND, Tezotto-Uliana JV, Dias CTS, Kluge RA. 2014. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biol Tec* 93: 91– 6.
- [4] National Onion Association. 2015. All about onions. Available from: <https://www.onions-usa.org/>. Accessed 2015 August 25.
- [5] Naik, Ravindra, D.C.P. Ambrose, G.S. Vijaya Raghayan, and S.J.K. Annamalai. 2014. Enhancing shelf life of minimally processed multiplier onion using silicone membrane. *J. Food Science Technology*. 2014 Dec; 51 (12): 3963-3969. Published online 2012 Nov. 27. doi: 10.1007/s13197-012-0898-2.
- [6] Calica, G.B. and ZLL Cabanayan. 2018. Assessment on the Postharvest systems and losses of bulb onions in Nueva Ecija, Philippines, *Asian Journal of Postharvest and Mechanization*, PHilMech, Science City of Munoz, Nueva Ecija.
- [7] Calica, G.B. and MMN, Dulay. 2018. Assessment on the Postharvest systems and losses of shallots in Ilocos, Philippines, *Asian Journal of Postharvest and Mechanization*, PHilMech, Science City of Munoz, Nueva Ecija.
- [8] Salvador, A.R. 2016. Assessment studies on food losses/wastes in the Philippines. A paper presented in the '2016 APEC Expert Consultation on Food Loss and Waste at Retail and Consumer Levels', Howard Plaza Hotel, Chinese Taipei, July 18-19, 2016.
- [9] Philippine Statistics Authority (PSA). 2017. CountryStat.
- [10] FAOStat. 2017.
- [11] Philippine Chamber of Food Manufacturers, Inc (PCFMI). 2017.

The probiotic bacterium *Pediococcus ethanolidurans* modulate malaria infection in *Plasmodium berghei* ANKA infected mice

Liliane Laure Toukam¹, Bertrand Tatsinkou Fossi¹, Germain Taiwe Sotoing², Enyong Peter Ivo³, and Eric Akum Achidi⁴

¹Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Science, University of Buea, PO Box 63 Buea, Cameroon

²Department of Zoology and Animal Physiology, Faculty of Science, Faculty of Science, University of Buea, PO Box 63 Buea, Cameroon

³Research Foundation for Tropical disease and Environment (REFOTDE), PO Box 47 Buea, Cameroon

⁴Department of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of Science, University of Buea, PO Box 63 Buea, Cameroon

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

ABSTRACT: *Background:* Malaria still remains one of the most leading causes of morbidity and mortality in the world and particularly in sub-Saharan Africa. Until date, Resistance to the known fast acting antimalarial drugs, lack of licensed effective malaria vaccine and resistance of vector to insecticides remain a key challenge in eradicating the scourge of this disease. Therefore, there is a dire need for alternative antimalarial therapeutic agents or approaches that will help in preventing further increase of this disease. One alternative antimalarial possibility is the use of probiotic bacteria such as *Lactobacillus* spp. as dietary supplements.

Aim: This study aimed at assessing the effects of a probiotic bacterium *Pediococcus ethanolidurans* on Balb/c mice infected with chloroquine sensitive *Plasmodium berghei* ANKA.

Methods: The probiotic bacterium used in this study was isolated from the Cameroonian Bororo Fulani's traditionally fermented milk and was identified by sequencing its 16S r RNA gene. The repository activity of *Pediococcus ethanolidurans* on malaria infection in *Plasmodium berghei* infected mice was evaluated using the method described by Peters (1965) with slight modification. Forty-two healthy young adult balb/c were randomly divided into 7 group of 6 mice each and were orally given 9.10^8 cfu/ mL, 1.8×10^9 cfu/ mL and $2.7. \times 10^9$ cfu/ mL of *Pediococcus ethanolidurans*, 0.1mL of Chloroquine (10 mg kg^{-1}), Sulfadoxine/Pyrimethamine (30 mg/kg^{-1}) and 0.1mL of vehicle (PBS) for seven and for fourteen days before infection with 0.1 mL of 10^7 *Plasmodium berghei* parasite. Parasitemia, parasitemia percentage suppression, body weight loss, body temperature, survival time and some inflammatory cytokines level were evaluated. Data were presented as Mean \pm SEM (standard deviation error of the mean) and analyzed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 20.0 statistical software (IBM, SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

Results: The probiotic bacterium significantly increased the parasite suppression as the dose of the probiotic bacterium increased, with maximum suppression being 100% at dose 3 on day 20. Also, they significantly prevented body weight loss and body temperature reduction and significantly ($p < 0.05$) increase Interleukin 10 (IL-10) and reduce some proinflammatory cytokines (TNF- α , INF- γ , IL-1 β and IL-6) in treated mice as compared to untreated mice. This bacterium was also capable to significantly increase the level of red blood cells, hemoglobin, white blood cells, lymphocytes monocytes, eosinophils and neutrophils of treated mice when compared with that of the untreated mice.

Conclusion: Based on these results we therefore concluded that *Pediococcus ethanolidurans* is a probiotic bacterium with protective effects on malaria disease in the chloroquine sensitive *Plasmodium berghei* infected mice.

KEYWORDS: Malaria, Probiotics, Parasitemia, *Plasmodium berghei*, Balb/c mice, cytokines.

1 INTRODUCTION

Malaria is a parasitic disease caused by a protozoan parasite of the genus *Plasmodium*. It is transmitted by the bite of female anophelids' mosquitoes. Five species of *Plasmodium* infect humans (*Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale* spp., *Plasmodium malariae* and *Plasmodium knowlesi*) (Sinka *et al.*, 2010). Several species infect animals among these are: *Plasmodium berghei*, *Plasmodium chabaudi*, *Plasmodium vinckei* and *Plasmodium yoelii* that infect rodents and *Plasmodium knowlesi* that infect monkeys (Déchamps *et al.*, 2010). Rodent malaria has long been used in the screening and development of new antimalarial compounds. Malaria is endemic in sub-Saharan Africa, Asia, Latin America and to a lesser extent the Middle East and parts of Europe and the intensity of transmission depends on factors related to the parasite, the vector, the human host, and environment (WHO, 2018). Although the global malaria burden has considerably decreased over the last 15 years, malaria still remains one of the most leading causes of morbidity and mortality of human populations in the world and particularly in sub-Saharan Africa (WHO, 2018). Malaria disease burden was estimated to be 228 million cases and 405,000 deaths worldwide in 2018 with approximately 93% of the cases and 94% of deaths occurred in Africa (WHO, 2019). Between 2010 and 2017 the incidence rate of malaria decreases from 72 to 59 cases per 1000 population at risk. (WHO, 2018). Malaria poses serious problems to under-five children and pregnant women. The disease threatens an estimated 25 to 125 million pregnant women world-wide every year and of all the deaths caused by malaria, 219 000 to 421 000 are children under five years living mostly in Africa (Bahizire *et al.*, 2017; Goshu and Yitayew, 2019). Until date, resistance to the known fast acting antimalarial drugs remains a key challenge in eliminating the disease. Even the latest artemisinin-based combination therapy is already facing a problem of resistance in some part of the world (Coelho *et al.*, 2017). Also, there is no effective vaccine against malaria, the promising vaccine RTS, S is now ongoing the phase 4 clinical trials (Coelho *et al.*, 2017). Control measures are based on chemotherapy for the prevention and treatment including vector control measures for the control of vectors (mosquitoes). Vector control measures include: effective usage of mosquito nets or insecticidal nets by people at risk, and indoor residual spraying of insecticide (WHO, 2018). Therefore, the control of this disease is amongst the most challenging tasks for public health. Drug overuse and misuse are recognized as the main drivers for drug resistance (Cheeseman *et al.*, 2015). Hence, there is an urgent need for alternative antimalarial therapeutic agents or approaches that will help in preventing further increase in malaria associated morbidity and mortality.

One alternative antimalarial strategy is the use of probiotics (defined as 'live microorganisms that, when administered in adequate amounts, confer a health benefit to the host') bacteria. (Vijayakumar *et al.*, 2015). This approach has the advantage in that, probiotic-based products are generally safe, easy to distribute and well received by the public (Holzapfel *et al.*, 2001). In addition, probiotic-based vaccines may have short-term and long-term beneficial effects to mucosal and systemic immunity (Maidens *et al.*, 2013). Many studies carried out on probiotic bacteria have shown their immunomodulatory properties resulting in the production of cytokines (Rigo-Adrover *et al.*, 2016). Cytokines are known for their role in the antiparasitic immune response and in the immunopathology of malaria. However, no detailed study has yet been conducted on the relationship between immunomodulation caused by probiotics on malaria. (Farrington *et al.*, 2017; Mandala *et al.*, 2017). The work done by Martínez-Gómez *et al.* (2006) has shown that the administration of the probiotic strain *Lactobacillus casei* spp rhamnosus in NIH mice causes considerable resistance of these animals to infection with *Plasmodium chabaudi chabaudi* AS. *Lactobacillus* is one of the common probiotic strains in some fermented foods or beverages, including traditionally fermented milk. Given the persistence of the occurrence of severe malaria in young children in sub-Saharan Africa, it is important to conduct research on new approaches to malaria management and prevention. Locally fermented drinks such as Bororo Fulani traditionally fermented milk have been reported for their richness in probiotic lactic acid bacteria (Tatsinkou *et al.*, 2015). These strains have never been evaluated for their ability to confer protection against malaria. Hence the interest of conducting a study on the protective effects of the probiotic bacterium *Pediococcus ethanolidurans* isolated from Cameroonian traditionally fermented milk on *Plasmodium berghei* ANKA infected mice.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

2.1.1 MEDIA, DRUGS AND CHEMICALS

The main media used in this study were de Man Rogosa and Sharpe (MRS) agar, MRS broth purchased from Sigma Aldrich.

The main chemicals that were used in this study include: Distilled water, Methanol, Normal saline, Trisodium citrate (BDH), Phosphate buffer saline (PBS), Gemstain, Chloroquine (Sigma Aldrich, Germany).

2.1.2 SOURCE OF PROBIOTIC

Probiotic bacterium was isolated from traditionally fermented milk randomly purchased from Bamenda Mbororo (Fulani ethnic group in Cameroon) and identify by the sequencing of its 16 S rRNA gene.

2.1.3 MALARIA PARASITES (PLASMODIUM BERGHEI ANKA)

Malaria parasite (*Plasmodium berghei* ANKA) were donated by «*Institut de Recherche pour le Développement, unité MIVEGEC (UM1-UM2-CNRS 5290-IRD 224), 911 avenue Agropolis, Montpellier Cedex 5 34394, France*». The parasites were stored at -80 °C until used.

2.1.4 EXPERIMENTAL ANIMALS

Young adults healthy Swiss albino mice (balb/c), 6–8 weeks old weighting 20 to 25 g were purchased from National Veterinary Laboratory (LANAVET), Cameroon. The animals were housed in standard cages at 25°C, 12/12 h light/dark cycle, with free access to clean drinking water and food. All animals were housed and cared for according to international guidelines for the caring and use of laboratory animals (Couto, 2011). Mice were acclimated into the experimental environment for five days before starting the experiment. Ethical clearance for this study was obtained from the University of Buea Institutional Animal Care and use Committee (UB-IACUC).

2.2 METHODS

2.2.1 ISOLATION AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF LACTIC ACID BACTERIA FROM TRADITIONALLY FERMENTED MILK BY THE SEQUENCING OF 16 S RRNA GENE

Pour plate technique was used to isolate the microorganism. One millilitre of each milk sample was serially diluted up to the ten logarithmic fold in sterile test tube containing 9 ml of 0.85% saline solution (NaCl). De Man Rogosa and Sharpe (MRS, Sigma-Aldrich, Germany) agar, a selective medium for lactic acid bacteria isolation was weighed, prepared, sterilised and allowed to cool at room temperature according to the manufacturer's instructions. One millilitre aliquot of three different dilution factors (10^{-5} , 10^{-6} and 10^{-7}) of the sample were poured into plates and about 15 ml of the selective medium (MRS agar) was added and allow to solidify at room temperature. Parafilm was then used to seal the plates to prevent contaminations and allow preferential growth of lactic acid bacteria since they are anaerobe facultative. The plates were incubated up-side-down at 37°C for 24h to 48 h. After incubation, isolated colonies were subjected to catalase test. The catalase negative isolates were selected and sub cultured on fresh MRS agar. The purpose of this step was to purify the selected colonies with streak plate technique. A code was given to each isolate and they were examined for their cell morphology, catalase and Gram reactions. Gram positive and catalase negative isolates were taken as presumptive lactic acid bacteria and were kept at 4°C in 1.5 ml Eppendorf tubes containing MRS agar for further investigation. At the same time duplicates were cultured in MRS broth containing 20% glycerol and stored at -80 °C for long term preservation.

2.2.2 FUNCTIONAL CHARACTERISATION AND SAFETY EVALUATION

The functional properties studied were acid and bile tolerance. Probiotic ingested orally should resist gastrointestinal tract stress environment, such as resistance to acid and to bile salt. These two properties were evaluated as described by Ding *et al.*, (2017). For this purpose, active cultures (incubated for 24 h in MRS broth) were used. Cells were harvested from the suspension by centrifugation (4000 rpm, for 10 min at 4 °C) and washed once in phosphate saline buffer (1X PBS at pH 7.2). Cell pellets were resuspended in PBS and used for *in vitro* acid tolerance test. Cell suspension (0.5 mL) in PBS was diluted to 5 mL with sterile PBS and adjusted to a series of pH between 1.0 and 3.0. using 1N HCL or NaOH. The suspensions were maintained at 37 °C and viable organisms were enumerated after 0, 1, 2 and 3 h on MRS agar plates. reflecting the minimum and maximum time which food spends in the stomach (Bengmark, 1998). Isolates that exhibited final counts $\geq 10^3$ cfu/ml or $\geq 10^6$ cfu/ml at low pH for 3 h, were considered to have moderate or good resistance, respectively. To perform this enumeration, 1 mL of each of the suspensions was serially diluted up to the ten logarithmic fold and the viable microorganisms were counted in triplicates on MRS agar.

Resistance to bile salt was evaluated based on viable colony counts on MRS agar in triplicates after incubation at 37 °C for 0 and 4 h, reflecting the time spent by food in the small intestine. Pellets were washed once in phosphate-saline buffer (PBS at pH 7.2), then suspend into 1 ml MRS broth containing 0.2 % (w/v) and 0.4 % (w/v) oxgall-bile respectively. Broth without oxgall-bile serve as control.

Safety of the isolated lactic acid bacteria was evaluated by testing their haemolytic activity. A bacterium having probiotic properties should not have haemolytic activity. This test was performed in isolated LAB with tryptic soy agar (TSA) (Sigma-Aldrich, Germany), containing 5% (w/v) sheep blood according the method described by Schmitt *et al.* (2012). The plate was incubated at 37°C for 48 h, and blood agar plates were examined for evidence of β -haemolysis (clear zones around colonies), α -haemolysis (green-hued zones around colonies) or γ -haemolysis (no zones around colonies). *Staphylococcus aureus* strains were used as positive control. The assay was repeated in triplicates. The LAB isolate were selected and considered as candidate probiotic based on their functional properties: resistance to acid, resistance to bile salt, absence of haemolytic activity.

2.2.3 IDENTIFICATION AND PHYLOGENETIC ANALYSIS OF THE PROBIOTIC BACTERIUM

Direct colony PCR was carried out to amplify the 16S rRNA gene of the probiotic. Lactic acid bacterium isolate was taken directly from pure and fresh cultures that were 24 h old. Using heat sterilised inoculating loop, two colonies of the lactobacillus isolate was directly transfer into 20 μ L of the PCR reaction mixture consisting of 10 μ L of master mix, 0.5 μ L of forward primer, 0.5 μ L of reverse primer and 9 μ L of sterile distilled water. The PCR conditions for the 30 cycles were as follows: 95°C 5 min (initial denaturation), 94°C for min 30 s (denaturation), 42°C for 1 min 30 s (annealing), 72°C for 1 min 30 s (extension) 72°C for 10 min (and final extension). The PCR amplicons were examined by agarose gel electrophoresis (1%w/v). Two μ l of each amplification mixture were subjected to electrophoresis in 1.5% (w/v) agarose gels in 0.5 x TEA buffer for 1 h at 100 V. DNA molecular mass marker (250 to 10000 bp) molecular ladders from INQUABA, South Africa was used as standard. After electrophoresis, the gels were stained in ethidium bromide, washed and photographed with UV transilluminator (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). The partial 16S rRNA sequence analysis of the PCR products was determined by INQUABA (South Africa). The sequences obtained were compared using BLAST (basic local alignment search tool) and submitted to the GenBank sequence database for accession numbers

2.3 PROPHYLACTIC ACTIVITY OF PEDIOCOCCUS ETHANOLIDURANS ON PLASMODIUM BERGHEI INFECTED MICE

2.3.1 ANIMAL GROUPING AND DOSING

Mice were randomly divided into seven groups of six mice each. One Normal group (NoG), one negative control group (NeG), two positive control groups, and three test groups. The normal group was not infected and received PBS only, the negative control group (NeG) were infected and received PBS only while those in the positive control groups were treated with 10 mg/kg of the standard drug chloroquine (CHL) and 30 mg/kg of sulfadoxine pyrimethamine (SPT) for 7 and for 14 days before infection. On the other hand, the three test groups were infected and received *pediococcus ethanolidurans* at three different concentrations (Doses) (dose 1= 9.10^8 cfu/ mL, dose 2= $1.8. 10^9$ cfu/ mL and dose 3= $2.7.10^9$ cfu/ mL for 7 and for 14 before infection. On the other hand, the three test groups received *pediococcus ethanolidurans* at three different concentrations (Doses) (dose 1= 9.10^8 cfu/ mL, dose 2= $1.8. 10^9$ cfu/ mL and dose 3= $2.7.10^9$ cfu/ mL for 7 and for 14 before infection.

2.3.2 PARASITE INOCULATION

The chloroquine sensitive strain of *Plasmodium berghei* (strain ANKA) was prepared through monthly passage of the 1×10^7 pRBCs in naive mice. Donors with parasitaemia level of 20-30% were sacrificed and blood collected by cardiac puncture. The blood was then diluted with phosphate buffered saline (PBS) based on parasitaemia level of each donor mice and the RBC count of normal mice, such that 1 mL blood contained 5×10^7 parasites. The experimental animals were each infected with 1×10^7 pRBCs by intraperitoneal (ip) injection during antimalarial test (Basir *et al.*, 2012).

2.3.3 PREPARATION OF DIFFERENT DOSES OF PROBIOTIC INOCULA

Bacteria cells for *in-vivo* studies were grown on MRS broth overnight at 37 °C, then separated from the culture supernatant by centrifugation (4 min at $4000 \times g$) at 4 °C, washed three times with ice cold phosphate buffer saline (PBS) (pH=7.2) and resuspended in PBS. The final concentration of the mixture was adjusted to McFaland standard 3 (9×10^8 cfu/ mL), 6 (1.8×10^9 cfu/ mL) and 9 (2.7×10^9 cfu/ mL).

2.3.4 PROPHYLACTIC ACTIVITY TEST

With the aim of verifying if the probiotic bacterium could be useful in protecting or preventing malaria infection in *Plasmodium berghei* infected mice, prophylactic activity test was carried out. This was done using the method described by Peters (1965) with slight modification. The modification was based on the treatment duration. Mice were treated for 7 and for

14 days consecutively with different doses of the probiotic strain before infection rather than 4 days as described by this author. Mice were randomly divided into seven groups of six animals each. The first group was the normal control group and was administered an equivalent volume of PBS only while the second group was the negative control and was administered PBS before infection. The third, the fourth and the fifth group were test groups and received orally (through an intragastric feeding tube) 0.1mL of the probiotic strain at three different concentrations (9×10^8 , 1.8×10^9 and 2.7×10^9 cfu/ mL) for seven and for fourteen days before infection with 0.1 mL of 10^7 *Plasmodium berghei* parasite. The sixth and the seventh groups were positive control group and were administered respectively 0.1mL of Chloroquine (10 mg kg^{-1}) and Sulfadoxine/ Pyrimethamine (30 mg/kg^{-1}) orally for seven and for fourteen days before infection. After infection with *Plasmodium berghei*, body weight and rectal temperature were recorded for each experimental mouse just before infection and weekly during the experiment. Parasitaemia density and percentage inhibition were evaluated daily for 21 days through preparation of Giemsa thin blood film smear of the blood collected from the tail of mice. Mice were then sacrificed on the day 22, blood was collected through cardiac puncture to evaluate haematological parameters using an Auto haematological analyser, ADVIA 60 (Bayer Bayer, Germany) and to assess cytokines profile using sandwich ELISA. The mean survival time (MST) of each animals was evaluated during the follow-up.

2.3.5 EVALUATION OF PARASITEMIA

Parasitemia level was evaluated daily using Giemsa staining technique as described by De Oca *et al.* (2013). Briefly, a drop of blood was milked from the tail of each mice using sterile lancet and thin film smear prepared on to clean microscopic slide. These films were fixed with absolute methanol for 30 seconds and stained with 10% Giemsa stain for 15 minutes. Parasitemia was then examined under a standard light microscope using a 100× oil immersion objective. Using a microscopy counter, the number of infected red blood cells and the number of total red blood cells per field were counted in at least 8 fields per slide. Percentage parasitemia and percentage suppression were calculated using the formula below:

$$\% \text{ Parasitemia} = \frac{\text{Number of parasitized RBC}}{\text{Total Number of RBC count}} \times 100$$

$$\% \text{ suppression} = \frac{(\% \text{ Parasitemia of negative control} - \% \text{ Parasitemia of treated group})}{\% \text{ Parasitemia of negative control}} \times 100$$

2.3.6 EVALUATION OF BODY WEIGHT, BODY TEMPERATURE AND HEAMATOLOGICAL PARAMETERS

Body weight and body temperature values were evaluated to assess the effectiveness of the lactobacillus strain in preventing the reduction of these parameters by the *plasmodium* parasite. For the determination of weight, each experimental mouse in a group was weighed using sensitive digital weighing balance (ADAM equipment, Germany). Body temperature of each mice was measured using a digital rectal thermometer and their means were used to compare the change, that occurred before and after infection, between treated groups and the untreated group.

For the evaluation of haematological parameters, Blood samples with EDTA collected from mice were used for this assay. Haematological profile of each mice was evaluated using the method described by Cheesbrough (2006). Briefly, an Auto haematological analyser, ADVIA 60 (Bayer Bayer, Germany) was used to analyse the following blood parameters: full blood count (white blood cell, red blood cell, haematocrit, haemoglobin, MCV, MCH, MCHC) and differential leucocytes count (neutrophil, eosinophil, basophil, monocytes and lymphocytes).

2.3.7 EVALUATION OF CYTOKINE PROFILE

Blood without EDTA collected from mice was used to prepare sera and sera was used to evaluate the cytokine profile of the *Plasmodium berghei* infected mice using Sandwich ELISA according to the manufactory instructions.

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

All data presented as Mean \pm SEM (standard error of the mean) were analyzed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 20.0 statistical software (IBM, SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). For the evaluation of antimalarial efficacy tests, statistical analysis by one-way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the level of cytokines of the *Plasmodium berghei* infected mice between the control and *lactobacillus* treated group. Throughout the analysis, Post hoc tukey test was used and a statistical significance was set at ($p < 0.05$).

3 RESULTS

3.1 IDENTIFICATION OF THE SELECTED PROBIOTICS

The isolate used for antimalarial activity was isolated from the Bororo Fulani traditionally fermented milk and identified by sequencing of its 16 S rRNA gene as a strain of *Pediococcus ethanolidurans* 97% similarity. The sequence was deposited in the gene bank for accession number.

3.2 EFFECTS OF PEDIOCOCCUS ETHANOLIDURANS ON MALARIA INFECTION IN PLASMODIUM BERGHEI INFECTED MICE

3.2.1 EFFECT OF PEDIOCOCCUS ETHANOLIDURANS ON PARASITEMIA, PARASITEMIA PERCENTAGE SUPPRESSION AND SURVIVAL TIME DURING PROPHYLACTIC ACTIVITY

Figures 1, 2 and 3 show the malaria parasitaemia, parasitaemia percentage suppression and mean survival time of *Plasmodium berghei* infected mice untreated (NeG) and *Plasmodium berghei* infected mice previously treated with Chloroquine (CHL), Sulfadoxine/ Pyrimethamine (SPT), and different doses of *Pediococcus ethanolidurans* for seven days and for fourteen days before infection. These results showed that mice receiving oral administration of this probiotic bacterium for 7 and for 14 days before infection presented a gradual significant ($p < 0.05$) dose and duration of treatment dependent reduction of the level of malaria parasitaemia compared to untreated group. There was also a gradual significant ($p < 0.05$) increase of the parasitemia suppression as the dose of the probiotic bacterium increased as from day 5 till the end of the experiment, with maximum suppression being 100% on day 20. When Comparing the effect of this probiotic amongst the doses, parasitemia suppression was significantly higher ($p < 0.05$) with dose 3 than dose 2 and dose 1. In addition, all the mice survived (100%) in treated groups as compared to the untreated groups (MST 53.6%).

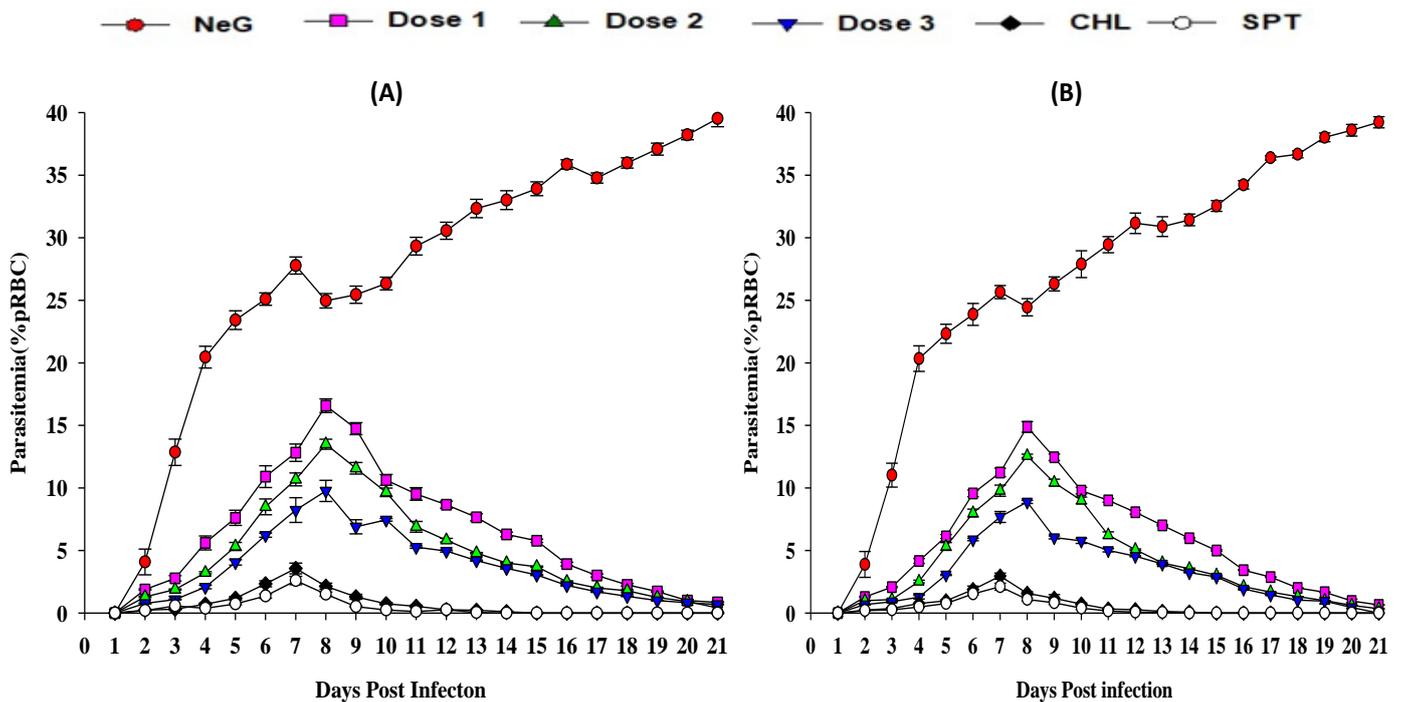


Fig. 1. Effect of *Pediococcus ethanolidurans* on malaria parasitaemia of *Plasmodium berghei* ANKA infected mice during prophylactic activity

(A): 7 days oral administration; (B) 14 days oral administration; NeG. is the negative control, CHL= Chloroquine (10mg/Kg), SPT= Sulfadoxine pyrimethamine (30 mg/Kg). Dose1 = 9×10^8 CFU/mL; Dose 2= 1.8×10^9 CFU/mL; Dose 3= 2.7×10^9 CFU/ mL of *Pediococcus ethanolidurans*. All the results are expressed in term of mean \pm standard error, for $n = 6$ mice per group.

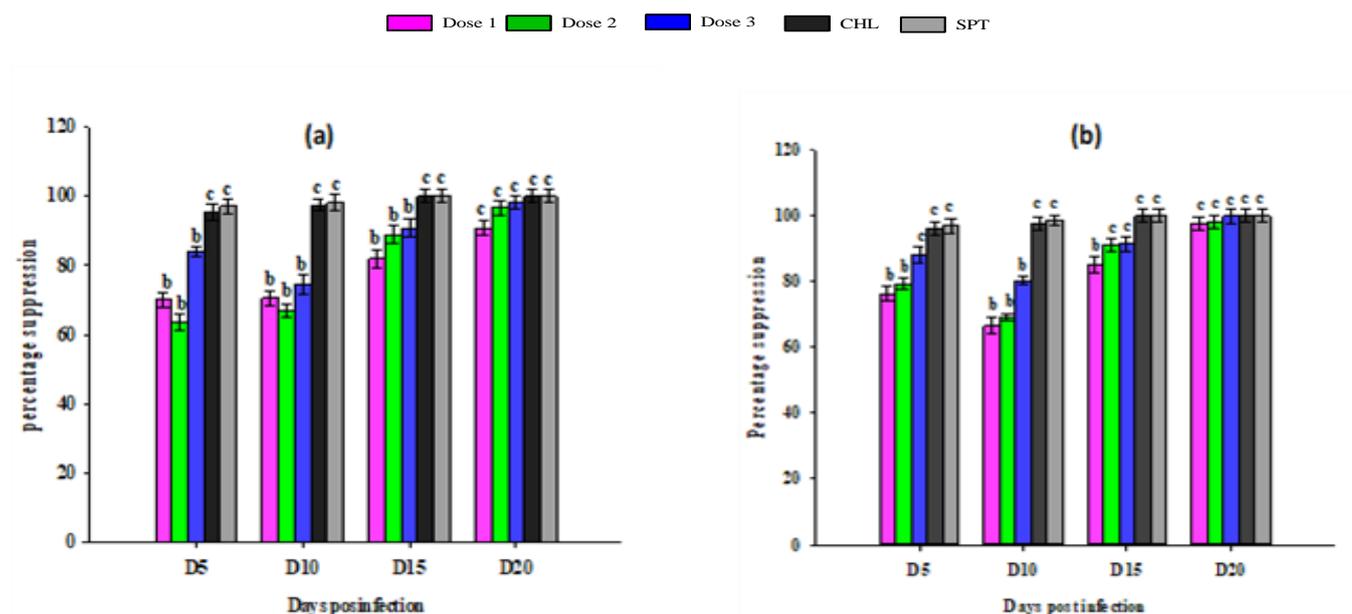


Fig. 2. Effect of *Pediococcus ethanolidurans* on malaria parasitemia percentage suppression of *Plasmodium berghei* infected mice during prophylactic activity

(a): 7 days oral administration; (b): 14 days oral administration; NeG. is the negative control, CHL= chloroquine (10mg/Kg), SPT= Sulfadoxine pyrimethamine (30mg/Kg). Dose1 = 9×10^8 CFU/mL; Dose 2= 1.8×10^9 CFU/mL; Dose 3= 2.7×10^9 CFU/ mL of *Pediococcus ethanolidurans*. All the results are expressed in term of mean \pm standard deviation.

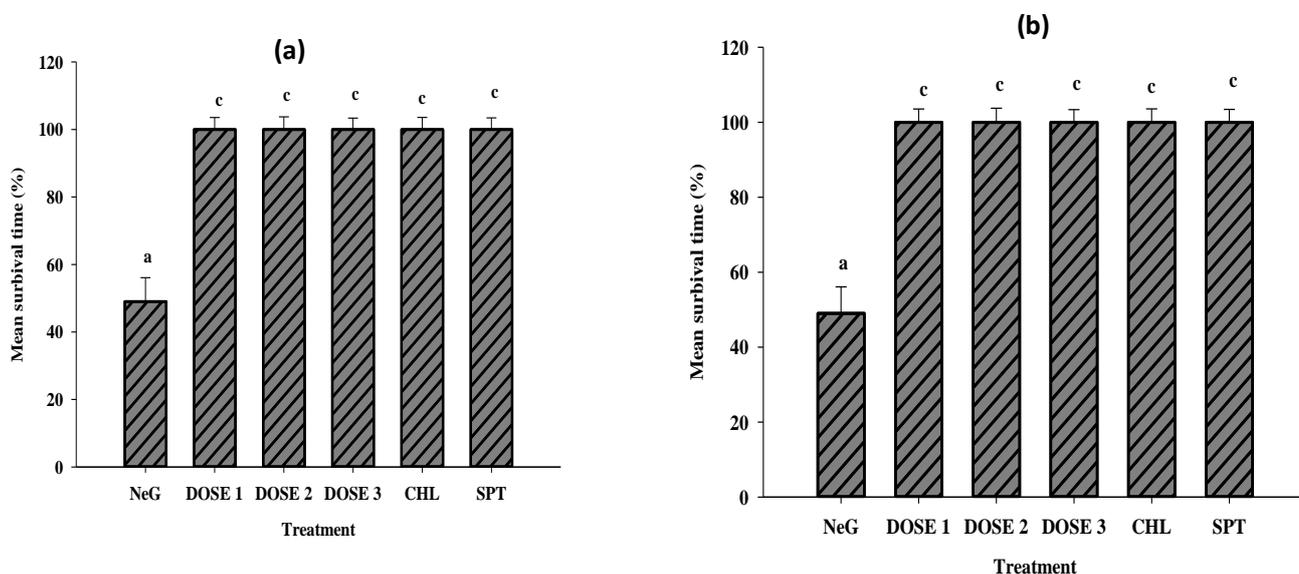


Fig. 3. Effect of on mean survival time *Plasmodium berghei* mice during prophylactic activity

(a): 7 days oral administration; (b): 14 days oral administration; NeG. is the negative control, CHL= chloroquine (10mg/Kg), SPT= sulfadoxine pyrimethamine (30mg/Kg) Dose1 = 9×10^8 CFU/ml; Dose 2= 1.8×10^9 CFU/ml; Dose 3= 2.7×10^9 CFU/ mL of *Pediococcus pentosaceus*. All the results are expressed in term of mean \pm standard deviation with letters a, b and c been the level of significance where a =* b = ** and c=***

3.2.2 EFFECT OF PEDIOCOCCUS ETHANOLIDURANS ON BODYS WEIGHT AND BODY TEMPERATURE OF PLASMODIUM BERGHEI ANKA INFECTED MICE

One feature of malaria infection is body weight loss and hypothermia. This study showed that *Lactobacillus sakei* significantly ($p < 0.05$) prevented decrease of body temperature and body weight of *Plasmodium berghei* infected treated as compared with that untreated mice. Remarkably, there was significant increase in the body weight of the positive control groups (groups treated with chloroquine and sulfadoxine pyrimethamine) as compare to the negative control.

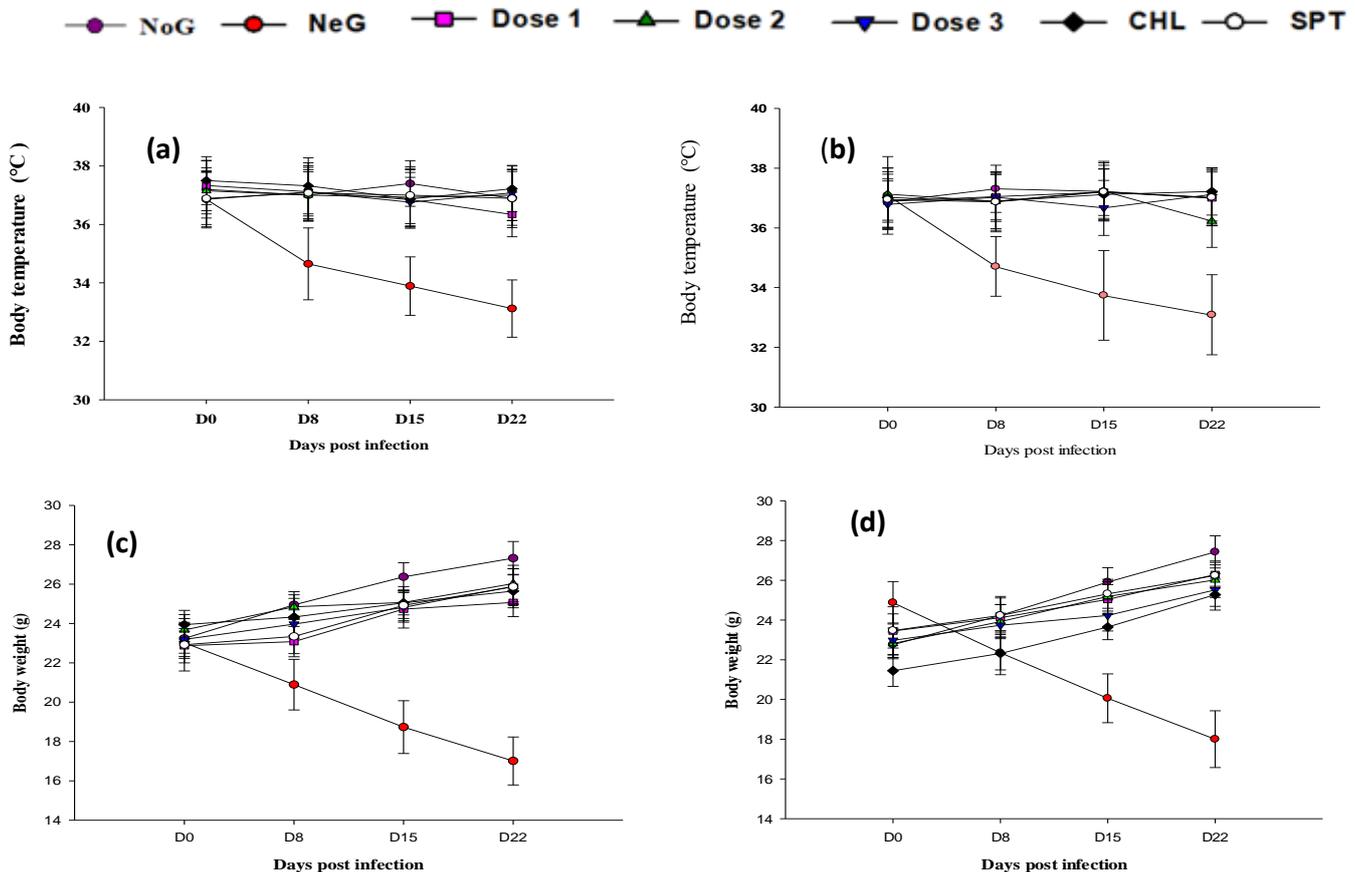


Fig. 4. Effect of *pediococcus ethanolidurans* on body weight and body temperature of *Plasmodium berghei* infected mice during prophylactic activity

(a): body temperature after 7 days oral administration; (b): body temperature after 14 days oral administration; (c): body weight after 7 days oral administration; (d): body weight after 14 days oral administration. NeG. is the negative control, CHL= Chloroquine (10mg/Kg), SPT= Sulfadoxine pyrimethamine (30mg/Kg). Dose1 = 9×10^8 CFU/ml; Dose 2 = 1.8×10^9 CFU/ml; Dose 3 = 2.7×10^9 CFU/ml of *pediococcus ethanolidurans*. All the results are expressed in term of mean \pm standard deviation.

3.2.3 EFFECT OF PEDIOCOCCUS ETHANOLIDURANS ON HAEMATOLOGICAL PARAMETERS OF PLASMODIUM BERGHEI ANKA INFECTED MICE

Table 1 showed the haematological parameters of *Plasmodium berghei* infected treated with different doses of *Pediococcus ethanolidurans*, chloroquine and sulfadoxine pyrimethamine respectively before infection. These parameters include red blood cell count (RBC), Mean Corpuscular Volume (MCV), Mean Corpuscular Haemoglobin (MCH), Mean Corpuscular Haemoglobin Concentration (MCHC) and White Blood Cell (WBC). The level of RBC, haemoglobin, haematocrit, MCV, MCH, MCHC, platelets, WBC, neutrophils, eosinophils, lymphocytes and monocytes counts were found to be significantly ($p < 0.05$) raised in treated groups when compared with the untreated group. However, the significantly raised levels of the haematological parameters observed was only evident in mice treated that had received probiotic bacterium for a duration of 14 days and not in those who did for 7 days. The results of this study also showed a significant decrease of the numbers of lymphocytes, monocytes, platelets, neutrophils, eosinophils in untreated group of mice.

Table 1. Effects of isolate UB20 (*Pediococcus Ethanolidurans*) on the haematological parameters of *Plasmodium berghei* infected mice. Giving treatment orally 1 per Day for 7 and for 14 Days before infection

Parameters	Normal group	Negative control group	Treatments (Mac Farland Standard)			Treatments (mg/kg)	
			(9.10^8 cfu/ mL)	($1.8.10^9$ cfu/ mL)	($2.7.10^9$ cfu/ mL)	Chloroquine	Sulfa. Pyrim.
Group treated 7Days							
RBC ($\times 10^6/\mu\text{l}$)	6.84 \pm 0.08 ^c	3.36 \pm 0.13	4.53 \pm 0.23 ^a	5.42 \pm 0.40 ^a	5.89 \pm 0.09 ^b	6.44 \pm 0.26 ^b	6.53 \pm 0.20 ^b
Haemoglobin (g/dl)	11.77 \pm 0.02 ^c	7.08 \pm 0.38	9.09 \pm 0.5 ^a	9.62 \pm 0.61 ^a	10.71 \pm 0.03 ^a	11.30 \pm 0.10 ^b	11.47 \pm 0.10 ^b
Haematocrit (vol.%)	38.04 \pm 0.43 ^c	28.42 \pm 0.92	31.06 \pm 0.67 ^a	33.05 \pm 0.47 ^a	35.30 \pm 0.25 ^a	37.75 \pm 0.36 ^b	37.87 \pm 0.40 ^b
MCV (fL)	58.49 \pm 0.46 ^c	38.31 \pm 0.32	42.18 \pm 0.49 ^b	50.79 \pm 0.08 ^c	54.68 \pm 0.42 ^c	58.08 \pm 0.48 ^c	58.30 \pm 0.04 ^c
MCH (pg)	17.97 \pm 0.39 ^c	12.76 \pm 0.29	14.50 \pm 0.49 ^a	15.06 \pm 0.31 ^a	15.89 \pm 0.40 ^a	17.75 \pm 0.31 ^b	17.81 \pm 0.20 ^b
MCHC (g/dL)	30.10 \pm 0.13 ^c	23.51 \pm 0.45	24.33 \pm 0.32	26.13 \pm 0.24 ^a	28.69 \pm 0.67 ^c	29.68 \pm 0.56 ^c	29.81 \pm 0.47 ^c
Platelets ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	472.17 \pm 2.67 ^c	401.00 \pm 9.11	435.33 \pm 2.44 ^b	446.00 \pm 2.33 ^c	457.68 \pm 0.3.15 ^c	466.63 \pm 0.67 ^c	468.17 \pm 0.67 ^c
WBC ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	17.66 \pm 0.14	17.75 \pm 0.16	17.83 \pm 0.46	18.85 \pm 0.39 ^a	19.79 \pm 0.10 ^a	17.47 \pm 0.05	17.50 \pm 0.06
Neutrophils (%)	23.49 \pm 0.31	19.75 \pm 0.44	24.43 \pm 0.38	25.40 \pm 0.29 ^a	26.43 \pm 0.60 ^b	24.28 \pm 0.40	24.68 \pm 0.17
Eosinophils (%)	3.90 \pm 0.04	1.98 \pm 0.11	3.22 \pm 0.41	4.34 \pm 0.47 ^a	4.97 \pm 0.20 ^a	4.55 \pm 0.20 ^a	4.71 \pm 0.38 ^a
Basophils (%)	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00
Lymphocytes (%)	69.50 \pm 0.20	44.78 \pm 0.43	70.96 \pm 0.58 ^a	75.60 \pm 0.47 ^b	77.40 \pm 0.70 ^b	71.78 \pm 0.54	71.98 \pm 0.61
Monocytes (%)	6.86 \pm 0.06	3.96 \pm 0.18	7.03 \pm 0.10 ^b	8.08 \pm 0.22 ^a	9.18 \pm 0.53 ^b	7.09 \pm 0.48	7.18 \pm 0.44
Group treated 14 Days							
RBC ($\times 10^6/\mu\text{l}$)	6.89 \pm 0.04 ^c	3.38 \pm 0. 25	4.80 \pm 0.11	5.48 \pm 0.07 ^a	6.15 \pm 0.30 ^b	6.78 \pm 0.08 ^b	6.79 \pm 0.07 ^b
Haemoglobin (g/dl)	11.86 \pm 0.13 ^c	7.86 \pm 0.46	9.51 \pm 0.2 ^a	10.07 \pm 0.46 ^b	11.00 \pm 0.03 ^b	11.79 \pm 0.20 ^b	11.82 \pm 0.19 ^b
Haematocrit (vol.%)	38.85 \pm 0.13 ^c	28.51 \pm 0.20	33.60 \pm 0.21 ^a	35.66 \pm 0.12 ^b	37.06 \pm 0.23 ^b	38.16 \pm 0.43 ^b	38.46 \pm 0.35 ^b
MCV (fL)	59.32 \pm 0.32 ^c	39.64 \pm 0.72	48.39 \pm 1.17 ^b	53.21 \pm 0.82 ^b	56.34 \pm 0.50 ^c	58.78 \pm 0.23 ^c	58.62 \pm 0.39 ^c
MCH (pg)	18.62 \pm 0.25 ^c	13.22 \pm 0.34	15.75 \pm 0.28 ^a	16.29 \pm 0.24 ^a	16.83 \pm 0.25 ^a	18.23 \pm 0.33 ^b	18.43 \pm 0.41 ^c
MCHC (g/dL)	30.52 \pm 0.34 ^c	23.78 \pm 0.67	27.67 \pm 0.26 ^b	28.86 \pm 0.21 ^b	29.86 \pm 0.49 ^b	30.19 \pm 0.46 ^c	30.34 \pm 0.16 ^c
Platelets ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	483.33 \pm 3.11 ^c	396 \pm 4.67	459.5 \pm 4.17 ^c	469.83 \pm 3.83 ^c	476.33 \pm 2.00 ^c	477.63 \pm 6.33 ^c	479.33 \pm 3.11 ^c
WBC ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	18.59 \pm 0.27	18.89 \pm 0.16	20.91 \pm 0.36 ^a	22.61 \pm 0.89 ^b	24.59 \pm 0.63 ^b	18.91 \pm 0.29	19.25 \pm 0.05
Neutrophils (%)	23.84 \pm 0.46 ^a	19.19 \pm 0.51	26.10 \pm 0.67 ^a	27.66 \pm 0.16 ^a	28.14 \pm 0.47 ^b	24.51 \pm 0.66 ^a	24.65 \pm 0.71 ^a
Eosinophils (%)	2.59 \pm 0.16	1.78 \pm 0.09	3.87 \pm 0.24 ^a	4.76 \pm 0.22 ^b	5.76 \pm 0.21 ^c	3.22 \pm 0.23 ^a	3.35 \pm 0.24 ^a
Basophils (%)	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00	00 \pm 0.00.	00 \pm 0.00
Lymphocytes (%)	69.50 \pm 0.20	45.02 \pm 0.43	74.16 \pm 0.58 ^b	76.60 \pm 0.47 ^b	77.40 \pm 0.70 ^c	71.78 \pm 0.54 ^c	71.98 \pm 0.61 ^c
Monocytes (%)	5.75 \pm 0.08	3.98 \pm 0.11	7.49 \pm 0.35 ^a	8.43 \pm 0.18 ^b	9.52 \pm 0.26 ^b	6.28 \pm 0.05 ^a	6.4 \pm 0.18 ^a

RBC (Red blood cell) WBC (White blood cell) MCV (Mean corpuscular volume), MCH (Mean corpuscular haemoglobin), MCHC (Mean corpuscular haemoglobin concentration) and differential leucocytes count (neutrophil, eosinophil, basophil, monocytes and lymphocytes) of *Plasmodium berghei* infected mice compared with that of *Plasmodium berghei* mice who previously received Chloroquine, sulfadoxine pyrimethamine and different doses of *Pediococcus ethanolidurans*. All the results are expressed in term of mean \pm standard error, for n = 6 mice per group. Data were analyzed by one-way ANOVA and Post hoc Tukey test. ^ap < 0.05, ^bp < 0.01, ^cp < 0.001 significantly different compared to t negative control group.

3.2.4 EFFECT OF PEDIOCOCCUS ETHANOLIDURANS ON THE CYTOKINE PROFILE OF PLASMODIUM BERGHEI INFECTED MICE DURING PROPHYLACTIC ACTIVITY

The cytokine profile of of plasmodium berghei infected treated with different doses of *Pediococcus etthanolidurans*, chloroquine and sulfadoxine pyrimethamine respectively before infection is showed in table 2. The result of this study revealed that there were a significant ($p < 0.05$) increase on the level of anti-inflammatory cytokine (IL-10) and significant ($p < 0.05$) decrease on the level of proinflammatory cytokines (TNF- α , INF- γ , IL-1 β and IL-6) of the treated mice in dose dependent manner when compared with that of untreated mice.

Table 2. Effects of isolate UB20 (*Pediococcus ethanolidurans*) on the inflammatory cytokines profile of *Plasmodium berghei* infected treated and untreated mice during prophylactic activity

UB20	Treatment Days	Normal group	Negative Control	Treatment Doses			Positive control Groups	
				Dose 1	Dose 2	Dose 3	CHL	SPT
Cytokines		NoG	NeG					
TNF- α	7 days	163.33 \pm 6.15	357.78 \pm 13.37	285.87 \pm 13.01 ^a	260.94 \pm 9.36 ^a	249.79 \pm 4.8 ^a	187.59 \pm 4.92 ^c	182.27 \pm 11.4 ^c
	14 days	168.99 \pm 6.1	378.76 \pm 15.39	256.57 \pm 16.46 ^a	239.22 \pm 12.62	213.16 \pm 4.64 ^b	178.09 \pm 4.15 ^c	171.05 \pm 7.4 ^c
INF-	7 days	171.62 \pm 7.18	377.88 \pm 15.21	289.33 \pm 6.77 ^a	264.25 \pm 16.48 ^b	226.08 \pm 7.84 ^b	179.5 \pm 6.85 ^c	175.45 \pm 7.42 ^c
	14 days	175.45 \pm 7.42	364.64 \pm 18.44	287.85 \pm 9.82 ^a	243.89 \pm 11.92 ^b	180.4 \pm 5.91 ^b	186.69 \pm 7.79 ^c	176.43 \pm 11.5 ^c
IL-1 β	7 days	165.46 \pm 13.06	364.64 \pm 18.44	280.85 \pm 9.82 ^a	233.89 \pm 11.92 ^b	186.42 \pm 5.91 ^b	180.69 \pm 7.79 ^c	176.43 \pm 11.3 ^c
	14 days	176.49 \pm 7.85	176.49 \pm 7.85	265.44 \pm 17.99 ^a	194.82 \pm 7.35 ^c	177.09 \pm 7.27 ^b	188.3 \pm 8.01 ^c	185.04 \pm 10.6 ^c
IL-6	7 days	357.18 \pm 12.41	469.52 \pm 25.78	365.36 \pm 14.61 ^a	353.11 \pm 5.97 ^b	336.74 \pm 9.26 ^b	336.74 \pm 9.26 ^c	364.12 \pm 9.34 ^c
	14 days	360.62 \pm 7.36	479.71 \pm 24.58	344.1 \pm 12.44 ^a	323.78 \pm 7.57 ^b	313.5 \pm 11.03 ^b	365.07 \pm 14.9 ^c	363.09 \pm 13.8 ^c
IL-10	7 days	163.32 \pm 7.1	118.29 \pm 9.89	172.42 \pm 17.25 ^a	181.22 \pm 14.07 ^c	181.22 \pm 14.07 ^b	166.73 \pm 9.76 ^c	168.5 \pm 13.14 ^c
	14 days	164.67 \pm 13.69	113.29 \pm 7.205	170.35 \pm 14.29 ^a	192.8 \pm 7.06 ^c	208.45 \pm 8.25 ^b	170.01 \pm 11.4 ^c	175.5 \pm 14.19 ^c

TNF- α (Tumor necrosis factor alpha), INF- γ (Interferon gamma), IL-1 β (Interleukin 1 beta) IL-6 (Interleukin six) and IL-10 (Interleukin ten) of *Plasmodium berghei* infected mice compared with that of *Plasmodium berghei* mice who previously received Chloroquine, sulfadoxine pyrimethamine and different doses of *Pediococcus ethanolidurans* for seven and for fourteen days before infection. All the results are expressed in term of mean \pm standard error, for $n = 6$ mice per group. Data were analyzed by one-way ANOVA and Post hoc Tukey test. ^a $p < 0.05$, ^b $p < 0.01$, ^c $p < 0.001$ significantly different compared to the negative control group.

4 DISCUSSION

In this study, we successfully isolated a probiotic bacterium *Pediococcus ethanolidurans* from Cameroonian Bororo Fulani traditionally fermented milk, molecularly characterised by sequencing its 16S rRNA gene and tested its prophylactic effects on malaria infection in *Plasmodium berghei* ANKA infected mice. The Chloroquine sensitive *Plasmodium berghei* ANKA was used in this study to induce malaria infection in mice because of its ability to produce rodent malaria that is similar to human malaria infection (Cissy *et al.*, 2016). Prophylactic activity carried out in this study is one of the model currently used and accepted as viable model in the evaluation of the effect of candidate compound in early malaria infection (Esthetie *et al.*, 2017).

Pediococcus ethanolidurans showed no toxic effect to infected mice even at the highest dose 2.7×10^9 cfu/ mL since according to WHO and FAO probiotic Lactic acid bacteria are generally regarded as safe (WHO and FAO, 2002).

The current study demonstrated that *Pediococcus ethanolidurans* significantly ($p < 0.05$) prevented malaria disease severity in all the doses in treated mice when compared with the untreated mice. since there was a significant ($p < 0.05$) decrease of the level of parasitemia of treatment mice in dose dependent manner as compared to that of the untreated mice. Also, all the mice treated with this probiotic bacterium isolate and standard drugs showed a high percentage suppression as from day 5 till the end of the experiment. These results could be due to the ability of this bacterium strain to modulate the immune system of the treated mice that in turn fight against the parasite by reducing the level of parasitemia since the immune system of these mice was previously stimulated with the probiotic bacterium before infection. These results are similar to that obtained by Martinez *et al.*, (2006) who reported that mice previously treated with *Lactobacillus casei* ssp. *Rhamnosus* for seven and for fourteen days before infection showed significant decrease on their level of parasitaemia. It is also in agreement with that of vallarino *et al.*, (2016) who demonstrated that mice treated with *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* displayed a decreased parasite burden and with that of Yilmaz *et al.*, (2014) who observed that gut microbiome modulates malaria severity in human. These authors therefore concluded that the severity of malaria is profoundly affected by the composition of the gut microbiota and that differences in the gut microbiota may explain why some humans infected with *Plasmodium* progress to severe disease and others do not.

Chanaid *et al.*, (2019) reported that body weight loss is one of the general symptoms of malaria infection in human and rodents. The decrement of body weight in malaria has been associated with decreased food intake, disturbed metabolic function and hypoglycemia (Basir *et al.*, 2012). Therefore, a potential antimalarial is expected to ameliorate anemia, prevent body weight loss and stabilize temperature in infected mice (Bottger *et al.*, 2013). The results of this study demonstrated that *Pediococcus ethanolidurans*, Chloroquine and Sulfadoxine/ Pyrimethamine successfully prevented body weight loss and reduction of body temperature in all the treated mice. This could be due to the capacity of this probiotic bacterium to prevent loss of appetite, increase food intake and prevent disturbed metabolic function associated with malaria. These results are in agreement with those obtained by Oyoma *et al.*, (2019). However, there was significant decrease of the body weight and body temperature of untreated

mice during the experiment. These results correlate with one of the features of rodent's malaria which is characterized by body weight loss and hypothermia as reported by Chanaid *et al.*, (2019). This significant reduction of body temperature and body weight of untreated mice could also be due to the high level of parasitaemia which tends to disrupt the body's temperature-regulating center and increase loss of appetite. These results are in agreement with those obtained by Misganaw *et al.*, (2019), Oyoma *et al.*, (2019) and Vallarino *et al.*, (2019).

Apart from reducing parasitaemia, preventing body weight loss and reducing body temperature, this probiotic bacterium also increases survival time of all the treated mice as compared to untreated mice (53.6%) with the mean survival time of the treated mice been 100% in all the doses.

Haematological studies are valuable diagnostic tools in evaluating human health (Etim, 2015) The assessments of haematological and differential parameters reveal the effects of foreign compounds in blood constituents in living system (Ogbole *et al.*, 2016). Malaria infection is usually associated with increased risk of severe anaemia, thrombocytosis and leucocytosis. A potential antimalarial agent should therefore be able to prevent or reduce these symptoms in infected mice (Chang and Stevenson, 2004). Low level of haemoglobin, red blood cells, Haematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin concentration in untreated mice observed in this study, could be due to RBC destruction caused either by parasite multiplication or by spleen reticuloendothelial cell action or by the immune system in response to infection. This result correlates with the results obtained by Kolepui *et al.*, (2014), (Arome *et al.*, 2016) and), (Omoya *et al.*, 2019). The significant increase of the level of red blood cells, haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin concentration observed in this study, could be due to the capacity of this probiotic bacterium to stimulated the production of these blood parameters. However, sulfadoxine pyrimethamine and chloroquine highly increase the level of red blood cells, haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin concentration in this study. These results are in the same line with those obtained in the studies lead by Kolepui *et al.*, (2014), Arome *et al.*, (2016) and (Omoya *et al.*, 2019). The significant increase of the level of red blood cells, haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin concentration observed in this study, could be due to the capacity of this probiotic bacterium to stimulated the production of these blood parameters (Dahiya *et al.*, 2012). However, sulfadoxine pyrimethamine and chloroquine highly increase the level of red blood cells, haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin concentration in this study better than the probiotic bacterium. These results are in the same line with those obtained in the studies lead by Kolepui *et al.*, (2014), Arome *et al.*, (2016) and Omoya *et al.*, (2019). The results also revealed significant increase in the level of WBC, monocytes, lymphocytes, neutrophils and eosinophils in treated mice as compared to that of untreated mice, this could also be due to the ability of this probiotic bacteria to modulate the immune system that in turn stimulate the production of these immune cells. The increase level of WBC is in the agreement with the study carried by (Malik *et al.*, 2010) who showed that malaria infection could contribute to the localization of leukocytes away from the peripheral circulation, the spleen and the other marginal pools rather than the actual depletion and stasis. The higher level of eosinophil in treated mice concord with the result obtained by (Khan *et al.*, 2015) who revealed that eosinophilia occurs after initiation of anti-malaria treatment. However, these results are contrary to that of Saidu *et al.*, (2015) who reported that increase in parasitaemia is accompanied by increase in eosinophil count. Although, this author reported that increase in eosinophil level correlates with the level of parasitaemia and is determined by individual difference in the strength of the immune system to mount an effective immune response against the parasite. This could also be due to the duration of exposure to parasite or to other factors that can induced the production of eosinophil other than malaria infection omoya *et al.*, (2019).

Malaria infection is associated with the stimulation of the immune responses that are controlled by the balance between pro- and anti-inflammatory cytokines, whose absolute levels are recognized to impact susceptibility to infection and clinical disease outcome (Clark *et al.*, 2006). Animal models and human clinical trials show that probiotics affect cytokine release and reduce inflammation (Kuar *et al.*, 2003). It has recently been shown that the gut microbiota induces macrophages and dendritic cells TNF- α and IL-6 play important roles in some immune functions and metabolic disorders (Karameshe *et al.*, 2016). The significant increase of the level of anti-inflammatory cytokine (IL-10) and significant decrease of the level of anti-inflammatory cytokines (IL-6, IL-1 β , TNF- α , INF- γ) in this study could be due the capacity of *Pediococcus ethanolidurans* to induce the production of anti-inflammatory molecule IL-10 which is produced mainly by monocytes, T cells, B cells, natural killer cells, macrophages, and dendritic cells, and regulates the inflammatory process by inhibiting the over expression of many pro-inflammatory cytokines, chemokines, and chemokine receptors. Thus, this Probiotic strain possesses anti-inflammatory properties, which may account for its efficacy against acute inflammatory conditions induced by malaria infection in mice. These isolates stimulated both innate and cell mediated immune response in mice and prevented malaria disease severity.

5 CONCLUSION

The aim of this study was to isolate, select, molecularly characterise using the 16S rRNA gene sequensis, a *Lactobacillus* isolate and evaluate its protective effects on malaria infection in *Plasmodium berghei* infected mice. The results of this study revealed that *Pediococcus ethanolidurans* is a probiotic bacterium with protective effects on plasmodium berghei infected mice since it was able to significantly reduce the level of parasitaemia, prevent body weight loss and reduction of body temperature and significant increase some haematological parameters such as the level of red blood cells, haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin. Also, it significantly increases the level of WBC, monocytes, lymphocytes, neutrophils and eosinophils in mice treated as compared to untreated mice in dose dependent manner and successfully prevented inflammation associated to malaria infection in plasmodium berghei infected mice.

REFERENCES

- [1] Arome, D., Chinedu, E., Ameh, S.F., Sunday, A.I., 2016. Comparative antiplasmodial evaluation of *Cymbopogon citratus* extracts in *Plasmodium berghei*-infected mice. *Journal of Current Research in Scientific Medicine* 2 (1), 29.
- [2] Basir, R., Chan, K.L., Yam, M.F., Othman, F., Abdullah, W.O., Moklas, M.A.M., Rahim, A.S.A., Ismail, I.S., Hidayat, M.T., Taib, C.N.M., 2012. Antimalarial activity of selected Malaysian medicinal plants. *Phytopharmacology* 3 (1), 82-92.
- [3] Bengmark, S., 1998. Ecological control of the gastrointestinal tract. The role of probiotic flora. *Gut* 42 (1), 2-7.
- [4] Chang, K.-H., Stevenson, M.M., 2004. Malarial anaemia: mechanisms and implications of insufficient erythropoiesis during blood-stage malaria. *International journal for parasitology* 34 (13-14), 1501-1516.
- [5] Cheesbrough, M., 2006. *District laboratory practice in tropical countries, part 2*. Cambridge university press.
- [6] Cissy, N., Engeu, O.P., Berna, O., Norbert, A., Esther, M., 2016. *Artemisia annua* L.-*Vernonia amygdalina* Del: A Potential Herbal Artemisinin Combination Treatment against Malaria. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 1-7.
- [7] Clark, I.A., Budd, A.C., Alleva, L.M., Cowden, W.B., 2006. Human malarial disease: a consequence of inflammatory cytokine release. *Malaria journal* 5 (1), 85.
- [8] Couto, M., 2011. Laboratory guidelines for animal care. *Methods Mol Biol* 770, 579-599.
- [9] De Oca, M.M., Engwerda, C., Haque, A., 2013. *Plasmodium berghei* ANKA (PbA) infection of C57BL/6J mice: a model of severe malaria, *Mouse Models of Innate Immunity*. Springer, pp. 203-213.
- [10] Etim, N., 2015. Reference values for haematological parameters of sheep: A Review. *The American Journal of Innovative Research and Applied Sciences* 1 (1), 14-21.
- [11] Karameşe, M., Aydın, H., Şengül, E., Gelen, V., Sevim, Ç., Üstek, D., Karakuş, E., 2016. The immunostimulatory effect of lactic acid bacteria in a rat model.
- [12] Malik, A.M., Zaffar, N., Ali, N., Malik, A.M., Khan, R., 2010. Haematological findings and endemicity of malaria in Gadap region. *Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan: JCPSP* 20 (2), 112-116.
- [13] Ogbole, O.O., Saka, Y.A., Fasinu, P.S., Fadare, A.A., Ajaiyeoba, E.O., 2016. Antimalarial and cytotoxic properties of *Chukrasia tabularis* A. Juss and *Turraea vogelii* Hook F. Ex. Benth. *Parasitology research* 115 (4), 1667-1674.
- [14] Peters, W., 1965. Drug resistance in *Plasmodium berghei* Vincke and Lips, 1948. II. Triazine resistance. *Experimental parasitology* 17 (1), 90-96.
- [15] Schmitt, J., Joost, I., Skaar, E.P., Herrmann, M., Bischoff, M., 2012. Haemin represses the haemolytic activity of *Staphylococcus aureus* in an Sae-dependent manner. *Microbiology* 158 (Pt 10), 2619-2631.
- [16] Tatsinkou, F., Ekue, N.B., Nchanji, G.T., Ngah, B., Anyangwe, I.A., Wanji, S., 2015. Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from fermented sap of palm tree (*Elaeis guineensis*). *Journal of Microbiology and Antimicrobials* 7 (5), 42-52.

Project management in Morocco: Impact of COVID-19

Zouhair Al Mouhani^{1,2}, Rachid Essabiry², and Hicham Achelhi³

¹Student Researcher, Laboratory of Management, Intercultural Law and Social Mutation, Polydisciplinary Faculty, Larache, Morocco

²Doctoral Studies, Centre of the Faculty of Legal, Economic and Social Sciences, Tangier, Morocco

³Educational administrator, Polydisciplinary Faculty Laureate, Larache, Morocco

⁴Professeur Habilité, Laboratory of Management, Intercultural Law and Social Mutation, Polydisciplinary Faculty in Larache, Morocco

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

ABSTRACT: According to (PMI 2016), \$220 million was lost in 2016 due to poor project performance, a 12% increase over 2015. This is strongly related to the profile of the project pilot. The purpose of this article is to study and analyse the different styles of project management and its evolution over time, according to the vision of MIDLER 1996, which groups them into four models: Entrepreneur, Engineering, Taylorian and concurrent.

Our article also gives a historical view of the project management by trying to name and characterize the major stages and to understand the main levers of development and diffusion.

To do this, our research is based on a survey aimed at managers of Moroccan organizations of different sizes, this work enabled us to implement the project management style most adopted by project managers and to define the criteria for choosing the most appointed project managers. Finally, our article investigated the impact of the health crisis on the economic activity of these organizations and on how to manage projects during the pandemic period.

KEYWORDS: Project management, Entrepreneurial, Engineering, Taylorian, concurrent and Covid-19.

1 INTRODUCTION

To ensure its development, every organization must implement a strategy. Depending on their stages of maturity and available resources, organizations implement internal projects or outsource them [1], [2], [3].

A project is a temporary organization, which is structured to perform a set of activities to create a unique outcome with limited resources and a predetermined beginning and end [4].

Since its beginnings in the 1940s, project management has been evolved to become one of the main international and interdisciplinary applications.

The relevant professional bodies (the International Project Management Association and the Institute of Project Management) operate globally and in most fields. Project management practices and procedures apply to a wide range of applications. Project management is perhaps the world's first truly international area of professional practice.

Although project management (PM), as a unique form of leadership, is considered as the most important achievement of the last decades, it doesn't mean that humanity has never carried out projects before. In fact, there are many cases of major projects dating back thousands of years. The ancient Egyptian pyramids were built about 4000 years ago and the Roman road network across Europe and North Africa is about 2000 years old. If the ancient Egyptians and Romans had such important projects, why didn't they need formal project management tools and techniques? The answer is related to complexity. The pyramids and Roman roads were big but essentially simple. The project mode appeared at the outset of humanity.

More recently, people have continued to develop large projects, but these projects have become much more complex. A modern engineering project, such as the construction of a new suspension bridge, usually must be carried out under a series of restrictions that did not apply to the ancient Egyptians and Romans. Such projects usually have a strict cost limit and a specified maximum completion date. They must be designed and built in accordance with numerous safety, health, and environmental restrictions.

Project management has now become a recognized methodology for project-based activities. Over the past 40 years, PM has become an independent discipline and a particular field of professional activity in a market economy.

The objective of our article is to define PM, trying to understand whether Moroccan companies in their project management respect and follow a predefined management model and to study the impact of the current health crisis on this management. In order to attain this academic aim, we asked the following research questions:

1. Does project management require a mastery of the PM and its tools by the entrepreneur?
2. Which the management modest is most recognised and approved by Moroccan organizations?
3. What is the impact of the current health crisis (COVID-19) on the management of Moroccan projects?

To obtain answers to these research questions, we conducted a survey of management practitioners in Moroccan companies of different sizes and sectors. We targeted 325 companies. Using a well-designed and a purposeful questionnaire. therefore, we received 143 complete responses.

First of all, we shall start from the literature on management in order to frame its historical evolution, and to derive a definition of the PM. Then we will mention the four management models pointed out by (Midler, 1996). Afterwards, we will then discuss and analyse the outcomes of our case study.

2 DEFINITION AND HISTORICAL DEVELOPMENT

2.1 DEFINITION: PROJECT MANAGEMENT (PM)

A review of articles published from 1986 to 2004 in the International Journal of Project Management and the Project Management Journal found 30 articles on the success of a project [5]. It found out that there is no consensus on the definition of project success. Failure often refers to "the halting of an initiative to create value that has not achieved its objectives" [6], [7], [8].

Since project management is a relatively new discipline, it is not surprising that many definitions of it coexist.

According to [9]: PM was only officially recognized as a field in 1950, and it was not until the 1970s that it was considered as a trade, although several researchers mention that the origin of PM is the Pharaohs with the construction of the pyramids. There are several definitions of PM in the literature, for example, according to [10]. The PM is "Planning, organizing, monitoring, controlling and reporting on all aspects of a project and motivating the people involved to achieve the objectives of the project" [10]. Project management is the art of directing and coordinating human and material resources throughout the whole life of a project, using management techniques to achieve predefined objectives, content, cost, deadline, quality and stakeholder satisfaction [11]. For its part, the PMI (Project Management Institute) defines project management as "the application of knowledge, skills, tools and techniques to project activities to meet project requirements" [12]. PM is also defined as the use of knowledge, skills, tools and techniques in project activities to meet or satisfy stakeholder requirements and expectations for a project [13]. In this context, PM can be defined as an activity aiming at executing or planning assigned tasks, implementing certain plans, using available resources (time, capital, people and techniques), in order to satisfy requirements as well as to achieve the already set objectives [14].

2.2 THE HISTORY OF PROJECT MANAGEMENT

The individual aspects of what we now call project management were characteristics of the ancient human enterprise. One known example is the ancient Egyptian pyramids, that were developed about thousand years ago without highly developed technology. The network of Roman roads that developed about two thousand years ago, stretching from the Euphrates to Scotland. Many of these roads still exist, and much of today's European road network is strongly influenced by the Roman roads. The pyramids and the Roman roads were incredible projects in their time. The Roman roads were part of a network that was worked on for hundreds of years and involved hundreds of thousands of slaves and paid workers.

The question that arises is how could such important projects have been carried out without the use of project management methods?

The main reason is the lack of complexity. The pyramids and Roman roads were big projects, but the processes used were relatively simple, even though they involved enormous effort and great ingenuity and innovation.

The second reason is the importance of project duration. A project lasts as long as it takes. The relationship to time is not the same as it is today.

Project management is a methodological approach that was introduced structurally in the company during the middle of the 20th century to bring big projects to a successful ending. It is acknowledged that its origin go back to the Italian Renaissance and that it has been continuously enriched and adapted to the economic and technological realities [13].

"It's a long way from project to thing. " Molière

Very few authors deal with the evolution of project management. Certainly, the scholarly literature refers, here and there, to some of its components, but very rarely to the "process" or the "life cycle". Many organizations use project management methods, tools and techniques and principles to manage their day-to-day operations without necessarily claiming to be "project managers". Indeed, organizations, especially those operating in the private sector, have been trying to increase their productivity and, conversely, reduce their operating costs.

Table 1 summarizes the big steps in the history of project management:

Table 1. History of project management

The phase	The period	characteristics
The framework of so-called "functional" organizations	From 1950 to 1960	The project passes successively through specialized departments at each stage of the product life cycle. There is no formalized approach or project actors.
Formalization of the "standard model" for big engineering projects	From 1960 to 1980	Development of the concept of project management in mass production industries. Project management will be formalized in the form of an autonomous body of doctrine for big military or space programs and major development works. Project Management Institute. At the end of the 1980s, a new breakthrough. New approaches to project management emerge, giving greater weight to the project manager, now called "project director".
Development of quality standards or criteria	From 1980 to 2000	The era of product-codes (of the "look"). Organizations improve their operations, products or services, customer service, etc. This is the "ISO" era
The globalization of markets and the restructuring of economies.	From 2000 to ...	Access to a considerable number of products, all over the world, thanks to the use, in particular, of computer networks. The terms "effectiveness" and "efficiency". Project management today applies to a range of activities, in a variety of ways and at different levels.

3 PROJECT MANAGEMENT MODELS ACCORDING TO MIDLER

In order to define these big stages of evolution, there are several authors in the literature who have cited these stages, for example [16]-[17] who, for his part, has graduated the modern history of project management into two degrees: "degree zero" which, at the beginning of the 20th century, autonomises project management and "degree one" which, in the second half of the 20th century, rationalises it and defines it as a standard model [18].

Historical analysis has shown that project management has been forged in a variety of professional contexts (in particular, big unitary projects and manufacturing companies). Current project management activity is centred on four trends, where transfers between professional traditions are taking place.

The development of the project function; the implementation of concurrent engineering methodologies; the development of new telematic tools for communication and cooperation; the development of original forms of contractualisation [19]. For this reason, in our article we will base ourselves on the identification of (Midler, 1996) who has indicated four management models, which have, roughly speaking, succeeded each other over time: (The entrepreneurial model, the standard project or engineering model, the Taylorian or sequential project management model, and the concurrent engineering (CE) model.

3.1 THE ENTREPRENEURIAL MODEL

Founded by [20], it is the dominant form of industrial development in the 19th and 20th centuries. In this model, the choice of the project and the important decisions are made by the founder (the entrepreneur) and based on his charisma and interpersonal relationships. The entrepreneur is the main decision-making centre of the company, in the sense that he manages the entire productive process, not because of an ahistoric pre-eminence of capital ownership, but because he is the agent who holds the rarest factor [21]. "The project can be identified with the birth and development of a company borne by the figure of its founder. Cooperation here is based less on instrumental processes than on trust, charisma and interpersonal networks" [22]. According to [23]. "The key figure in the model is the entrepreneur, the creator of the product, the founder of the enterprise, who brings together in his person the technical competence, the social competence of the animation of the innovative cooperation and personally assumes the economic risk". The fundamental economic mechanism of this model is that the entrepreneur owns the rights to exploit the products or services in the future.

3.2 THE ENGINEERING MODEL

This model was formalised in the United States at the end of the 1960s. The main actor in the formalisation of this model is the professional association Project Management Institute (PMI), with the appearance of the big programmes: military, and the big development aid works. Following the creation of bodies such as the PMI, AFITEP and AFNOR, which provided project management with tools deemed successful at the time, such as: LE PERT for project scheduling, LE GANTT for project task planning [24]. Managing engineering projects leads to the standardisation of instruments, procedures and actors and sets itself up as a compliant model. "Project management is formalised and contractualised through tools that the PMI itself has helped to standardise and disseminate by standardising processes and certifying project managers: breakdown of the project into tasks, planning methods, functional analysis, cost and risk control tools" [22]. According to [19]. "The engineering model introduces, in terms of the economic mechanism, a break with the capitalist entrepreneurial model. Its starting point is indeed the dissociation between the project owner, who assumes the risk of operating the project, and the project manager, who assumes the risk of carrying out the project". But for the first model, the contractor takes the two risks of operating and carrying out the project on his own.

3.3 THE TAYLORIAN OR SEQUENTIAL MODEL OF PROJECT MANAGEMENT

A large number of new products, specifically manufactured goods, have appeared in big companies, following the reason of modernisation of existing product ranges. Their design processes have escaped from the reasoning of the two previous models. According to [19]. The organisation of this model is based on three characteristics:

- An integration within the company of most of the expertise required for design. These designers are paid by salary, unlike the contractor and engineering model.
- A logic of specialisation of trade expertise (with, in particular, the Taylorian separation between design and execution of activities)
- Design is coordinated by procedures. The interventions of the different trades are sequential according to a typical linear staking out. Interface problems between different functions are managed by hierarchical arbitration.

According to [22], This coordination of activity is sequential, with each trade intervening successively in the execution of the project.

Project management mobilises tools and methods to guarantee the company's performance in terms of cost, deadlines and quality [24]. Faced with a requirement for speed of development and regular renewal of projects, thus, this model is practically inoperative.

3.4 THE CONCURRENT ENGINEERING (CE) MODEL

The emergence of new products and services towards the end of the 1980s implemented CE. The shift to CE requires a well-defined and structured change methodology that guides the company through the change process [25]. In turn, the complexity of the business system, in which decisions have to be made by interdisciplinary groups with different methods and needs, requires the use of models. A model describes what the system does, what controls its operation, the objects it acts on, the means it uses and what it produces. Thus, the first task that a company should consider when implementing CE is to obtain a model of its current design and manufacturing process, determining where the different departments of the company come into play and how they are linked [26]. To illustrate this model, in which each team member progresses at the same time as the others, several authors use the metaphor 'the rugby run', knowing that many combinations remain possible [27]. An exhaustive study of the different information that arrives and is disseminated in the company, when creating a new product, will be vital in the transformation and subsequent adaptation to the new CE philosophy.

Next, you need to determine the state you want to reach: new competitive practices using, mainly, computer-aided design and manufacturing tools and incorporating a product data management system [28].

Finally, strategy and tactics must be developed to bring about the desired change. For this purpose, it should be borne in mind that the implementation of Competitive Engineering should be carried out step by step, with an emphasis on changing the corporate culture through a deep knowledge of the product development process [29].

These four management models mentioned by Midler can be summarised in the following table:

Table 2. Models of project management (MPM) according to Midler 1996

MPM	Description	Authors
The entrepreneurial model	(the choice of the project and the important decisions are made by the founder and based on his charisma and these interpersonal relationships: "ownership of exploitation rights")	[13], [18], [20], [23], [21], [22]
The Project Management Institute (PMI) standard model. (engineering)	breakdown of the project into tasks, planning methods, functional analysis, cost and risk control tools	[18], [22], [27], [30]
The Taylorian or sequential model of project management	(you divide the project into elementary sub-tasks by defining well-defined criteria for each task to be followed)	[18], [22], [24], [27], [30]
The concurrent engineering (CE) model	(the various tasks of the project are carried out in parallel and simultaneously, during which each stage starts when the previous one is fully completed)	[18], [22], [27], [30]

4 IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE MOROCCAN ECONOMY

The severity of the coronavirus pandemic has prompted governments in more than 200 countries around the world to take drastic preventive measures, to the detriment of their economies. The impact of the pandemic on the global economy could be between \$2,000 and \$4,100 billion, or 2.3% to 4.8% of global GDP, the Asian Development Bank (ADB) said. As for the International Monetary Fund (IMF), it qualifies this crisis as the worst since the big depression of 1929. World stock markets collapsed in March, the price of a barrel of oil fell into negative territory for the first time in history, and unemployment rate is soaring worldwide.

The Office of the High Commissioner for Planning, the United Nations System in Morocco and the World Bank have jointly developed a "Strategic Note" to deepen the understanding of the socio-economic impact of the Covid-19 pandemic in Morocco, which emanates from the economic collapse, particularly in Europe, the country's main trading partner, combined with the negative effects of the containment measures established in Morocco to deal with the spread of the virus.

The Moroccan economy is expected to experience a recession throughout 2020, the first in more than two decades, due to the combined effects of drought and the pandemic. The note recalls the importance for national economic policies to preserve employment and promote inclusion in national socio-economic integration programmes. Also, according to the note, macroeconomic measures and multilateral collaborations should be emphasized as the current crisis is transnational.

5 METHODOLOGICAL FRAMEWORK AND ANALYSIS MODEL

5.1 METHODOLOGICAL APPROACH OF THE STUDY

In this part, it seems necessary to recall the problematic as follows research questions. Based on MILDERS' work and its classification of project management models, and with the aim of taking the research out of the field and applying it to concrete field conditions, and in order to describe a profiling of project management models in Morocco, we will focus our efforts at the project manager level rather than at the level of the entire company. For as the PMI signals in its 2016 annual report, project performance is strongly related to the profit of the project pilot.

Our research questions, as already mentioned, focus on the impact of the current health crisis on the management of Moroccan companies, the importance of PM tools for project management and the profiling of the most adopted project management model in Morocco, which helps entrepreneurs and decision-makers in the organization to put their finger on the real axes of project performance. This led us to make the following hypothesis: The management model depends on the size of the company.

Our research is part of an exploratory quantitative and descriptive approach. To answer our research questions, the questionnaire is the chosen data collection tool. Through a method of direct and online administration to a sample of 325 companies, these questionnaires were sent to project management practitioners. We were able to retrieve 143 responses from companies of different sizes.

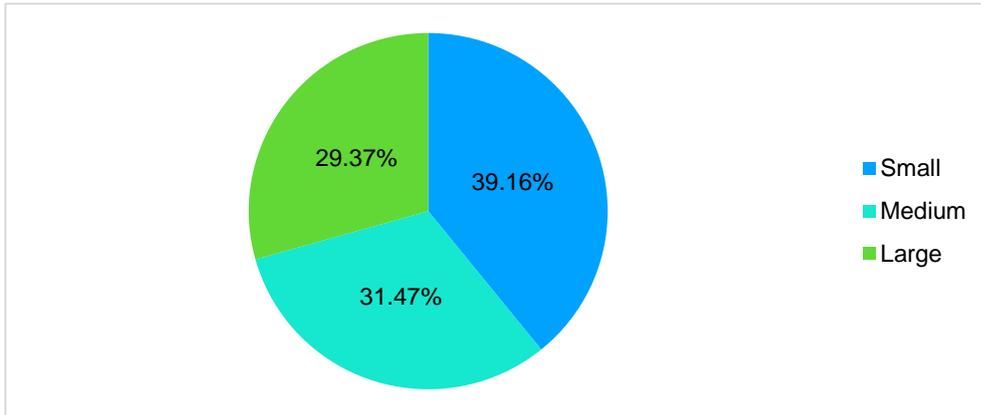
The objective is to understand the different models of project management adopted by the sample of companies participating in our questionnaire.

5.2 RESULTS AND DISCUSSION

5.2.1 COMPANY SIZE

This part is devoted to the presentation of the survey’s results due to the comparison of theoretical and field data. It consists in answering our research questions.

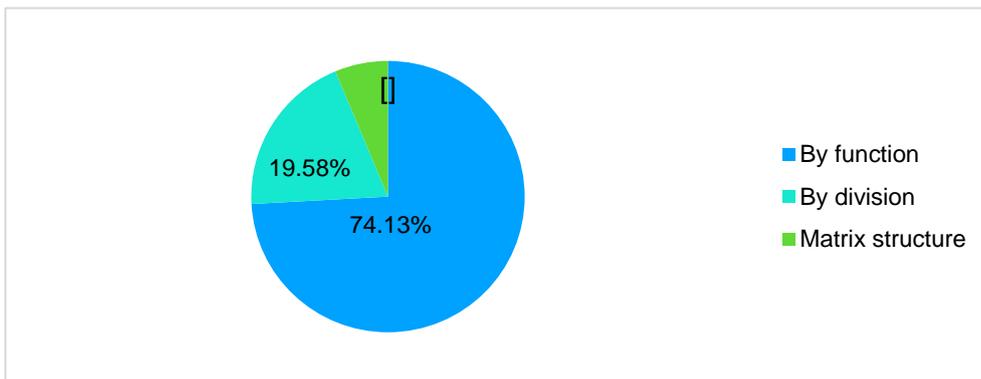
According to (graph 1). 39.16% small, 31.47% medium and 29.37% large.



Graph 1: Sizes of the companies involved in our work

5.2.2 COMPANY STRUCTURE

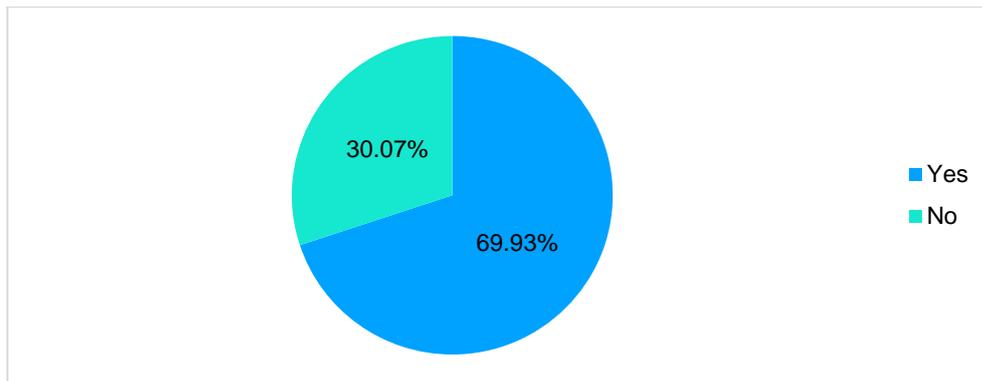
The companies surveyed opt for a structure by function 74.13%, to organize their organizational chart, followed by a structure by division which represents 19.58%, of the companies surveyed, in last position is the matrix structure 6.29%, (graph 2). The structure by function gives each head of department authority over his subordinates within the limits of his own function. This structure allows a better quality of execution of tasks, which subsequently facilitates the role of project manager.



Graph 2: Company structure

5.2.3 PRESENCE OR NOT OF A PROJECT MANAGER

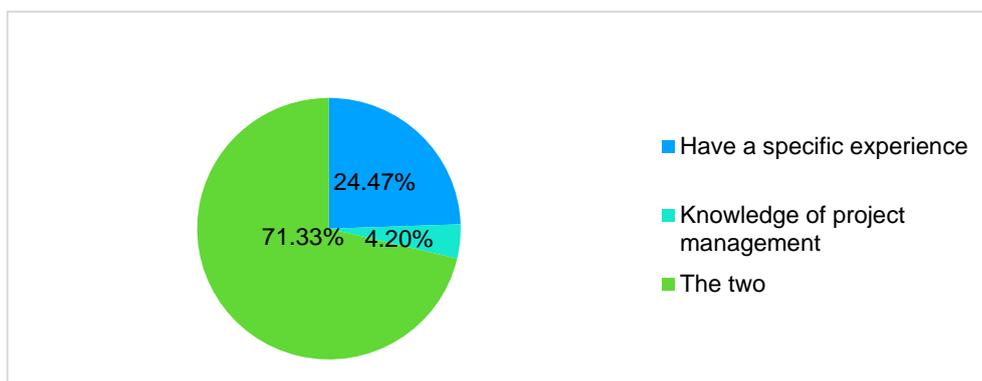
Graph 3 shows that 69.93% of the companies, (mostly large and medium sized), have a project manager, which is consistent with the analysis of graph 1. On the other hand, 30.07% of the companies surveyed (mostly small companies) do not have a project manager position. This gives us an idea of the importance of the project manager.



Graph 3: Existence of a manager within companies

5.2.4 CRITERIA FOR CHOOSING A PROJECT MANAGER

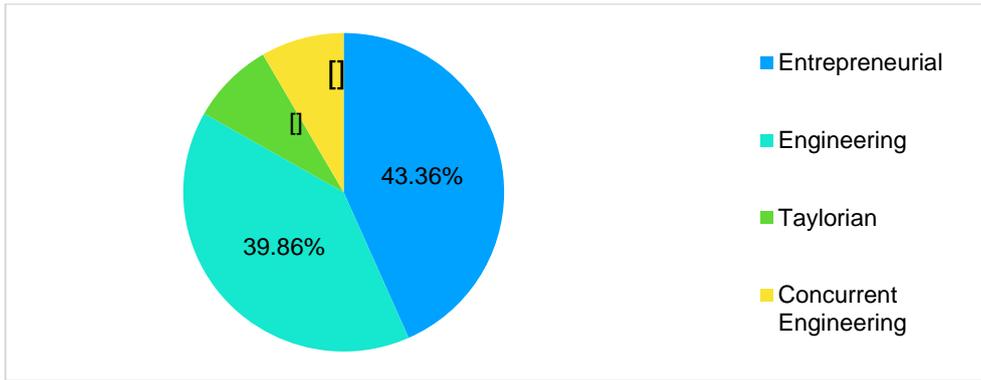
Our work has allowed us to highlight that the couple (knowledge, experience) is a couple that plays a very important role in the choice of the project manager (graph 4). The graph shows that more than 71.33% consider that knowledge and specific experience in the field are two essential criteria for the choice of a project management manager. 24.47% of the companies questioned considered experience in the field of project management to be the main criterion for choosing a project manager. While 4.2% chose knowledge as a selection criterion.



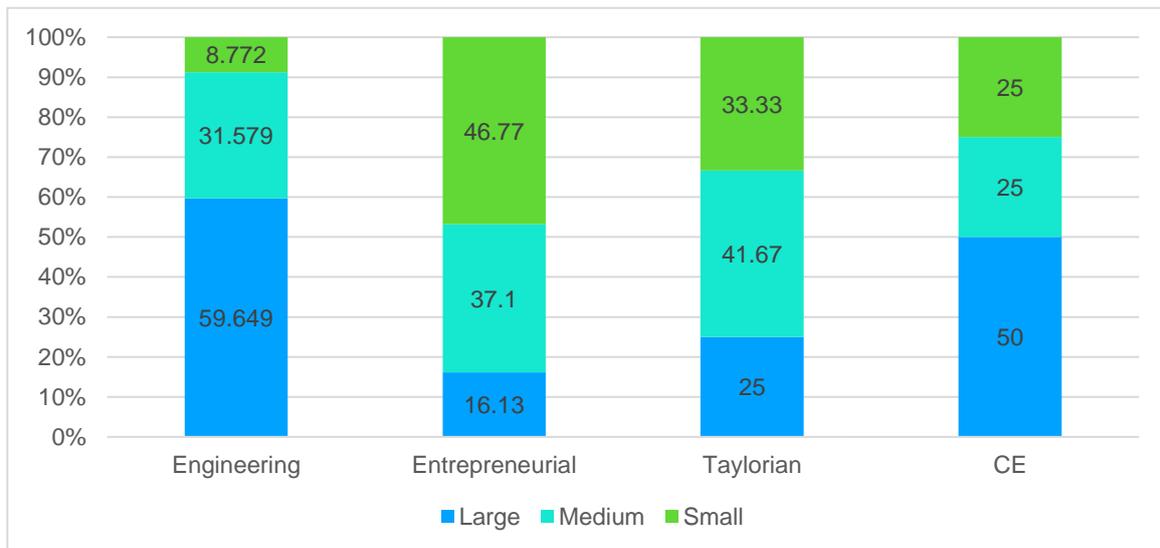
Graph 4: Criteria for choosing a project manager

5.2.5 BUSINESS MODELS

We can deduce that the management models that dominate, from the point of view of Moroccan managers are: The entrepreneurial model, which represents 43.36% (graph 5) of the companies questioned. According to (graphs 6), (10 large, 23 medium and 29 small). The second management model is the standard management model (engineering) with a percentage of 39.86%, of which 34 are large, 18 are medium and 5 are small (graphs 5 and 6). This shows that practitioners of project management in big companies prefer to manage their projects by making a global study of a project under these aspects, technical, economic and financial, which allows it to be broken down into tasks to facilitate the control of costs and risks. On the other hand, medium and small companies opt for a management model that allows the founder alone to make the major decisions.



Graph 5: Management models

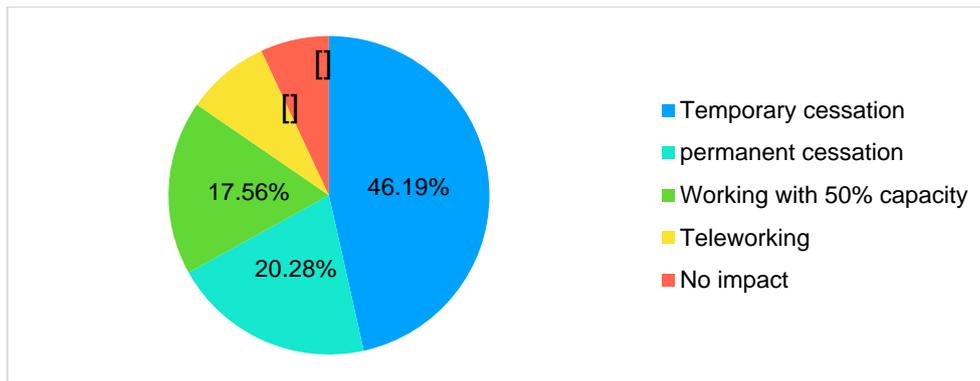


Graph 6: Size distribution according to the chosen model

5.2.6 THE IMPACT OF THE HEALTH CRISIS

The current health crisis (COVID-19) has caused a severe a harm to the Moroccan economy situation and will bring aboutdestructive consequences that will be felt for several years to come.

Entire sectors have been strongly affected (93% of companies surveyed, graph 7). These are mainly the tourism sector, the automotive industry, transport and logistics, crafts, trade and services. According to our research among Moroccan companies, 46.19%, 20.28% respectively of projects in temporary or permanent cessation especially for small and medium enterprises. On the other hand, companies operating in food processing, textiles and industry (26.57% graph 7) would have resisted better to the effect of the pandemic either by reducing the number of employees or by teleworking (telecommuting). On the other hand, the remaining 7% of companies did not have a negative effect on their activities.



Graph 7: The Impact of COVID-19 on the Management of Moroccan Companies

Our study showed us the importance of having a project manager: 69.93% of medium and big companies. This manager is chosen according to two essential criteria:

- Knowledge in relation to training and the development of knowledge of PM tools.
- The know-how, in relation to previous experiences in the field of PM.

This shows that managers of Moroccan companies are aware of the importance of PM tools for good project management in order to guarantee the continuity of their economic activity.

On the basis of the answers of the respondents, we can state that for our second research question, the most adopted project management models by Moroccan practitioners are: Entrepreneurship (43.36%) and engineering (39.86%)

- The first model is the entrepreneur with 43.36% of companies. It is practiced by 16.13% of big companies, 37.1% of medium and 46.77% of small companies.
- The second model is the engineering model with 39.86% of companies. It is practiced by 59.649% of big companies and 40.351% of SMEs (small and medium enterprises).
- The third model is the Taylorian model with 8.39% of companies. It is practiced by 25% of big companies and 75% of SMEs.
- The fourth model is the concurrent engineering (CI) model with 8.39% of companies. It is practiced by 50% of big companies and 50% of SMEs.

Generally speaking, big companies apply the engineering model and concurrent engineering. SMEs apply the entrepreneurial and Taylorian models.

6 CONCLUSION

The project management was structured in a progressive way (evolution by stages over time). Individual activities became contingent models. Even if the project mode appeared at the birth of mankind, the PM did not have a specific status, and only became a management model in the 1950s and 1960s. In this period, it became autonomous and standardized, especially since common concerns in engineering project management are perceived as more important than sectoral differences. The most important clients, who see this as a source of rationalization of their efforts, have largely encouraged the standardization of practices. Concurrent engineering provided a high-performance management model for new product development projects.

Then, following our bibliographical and field work, we observed that the project management model varies from one company to another. We also know that this model depends on the size of the company. This validates our research hypothesis: The variation of the management model is related to the size of the company.

Our empirical work has also shown us that there are two essential criteria for choosing project managers: knowledge, i.e. knowledge of PM tools, and know-how, i.e. significant experience in this field (research question 1).

Then 41.3% of the medium and big companies questioned mentioned that they adopt the engineering model which consists of breaking down projects into sub-tasks to facilitate planning and cost and risk control tools (research question 2). On the other hand, 40% of medium and small companies apply a model where the choice of the project and the important decisions are made by the founder, the entrepreneurial model.

Finally, 93% of the companies have been affected by the current health crisis, of which 46.15% have had a partial cessation of activity, 20.28% a total cessation, 18.18% have had a 50% drop in their production and 8.39% of the companies have opted for teleworking (research question 3). It should be pointed out that we are in a fairly advanced stage of the crisis, and visibility is still unclear, which leads to wonder about the future of the Moroccan economy and the competent policies to reshape the most impacted sectors [30].

The research conducted on the application of project management models in Moroccan companies has given a big interest to the knowledge of PM tools and their manipulation within the organization, which are important elements for planning future projects. Indeed, the Moroccan company has become more professional through the new method of organized work. It is then a modern and computerized administration that presents a quality service to customers.

Consequently, business leaders are led to evolve the model of project management so that it is truly integrated and better deployed on the different departments of the company, and this for effective project management.

REFERENCES

- [1] Davies, A., and Brady, S. Building Project Capabilities: From Exploratory to Exploitative Learning. November 2004 *Organization Studies* 25 (9): 1601-1621. 2004.
- [2] Gopal, A., and Gosain, S. Research Note —The Role of Organizational Controls and Boundary Spanning in Software Development Outsourcing: Implications for Project Performance. December 2010 *Information Systems Research* 21 (4): 960-982. 2010.
- [3] Jeang, A. Project management for uncertainty with multiple objectives optimisation of time, cost and reliability. *International Journal of Production Research* 53 (5): 1503-1526. 2015.
- [4] Gilbreath, R. D. *Winning at Project Management: What Works, What Fails and Why*. 1986.
- [5] Ika, L. A. Project Success as a Topic in Project Management Journals. December 2009 *Project Management Journal* 40 (4): 6 –19. 2009.
- [6] Hoang, H., and Rothaermel, F. T. The Effect of General and Partner-Specific Alliance Experience on Joint R&D Project Performance. *The Academy of Management Journal* 48 (2). 2005.
- [7] Mcgrath, R. D. G. Falling Forward: Real Options Reasoning and Entrepreneurial Failure. January 1999 *The Academy of Management Review* 24 (1): 13-30 1999.
- [8] Shepherd, D. A. Holger, P., and Marcus. W. Moving Forward from Project Failure: Negative Emotions, Affective Commitment, and Learning from the Experience. December 2011 *The Academy of Management Journal* 54 (6): 1229-1259. 2011.
- [9] Cleland, D., and Ireland, L. "The Evolution of Project Management". In: *Global Project Management Handbook: Planning, Organizing, and Controlling International Projects*. 2nd Ed. Eds. D. Cleland & R. Gareis. McGraw-Hill. 2006.
- [10] AFITEP, *Dictionnaire de management de projet*, Éditions, 2010. Paris, France: AFNOR. 2010.
- [11] Herve, C., Abdelhamid, B., Serge Chantreuil, B. H., Jean-Luc, P., and Marc-Noël, V. *Management de projet, programme et portefeuille Livre n° 1*. Paris, France: AFNOR. P. 23. 2018.
- [12] Morley, Ch. *Management d'un projet système d'Information: Principes, techniques, mise en œuvre et outils Ed. 8*. Paris, France: Dunod. 2016.
- [13] Jaziri1, R., and Chabaud, D. Les représentations du «Management de Projet» sont-elles universelles chez les entrepreneurs ? Etude comparative Tunisie/Norvège. *Revue de l'Entrepreneuriat et de l'Innovation*, A1V2N8A2020, Volume II N° 8. Pages 2 à 5. 2020.
- [14] Al Mouhani, Z. Essabiry, R. Achelhi, H & Al. «La gestion des projets au sein des entreprises marocaines, et l'impact du covid-19 sur cette gestion.», *Revue Française d'Economie et de Gestion «Volume 1: Numéro 5»* pp: 374 – 395. 2020.
- [15] Roger, Aim. *L'essentiel de la Gestion de projet 13th edition*. Gualino Les Carres Rouge 14 Janvier 2020 *Entreprise, économie & droit*. 2020.
- [16] Navarre, C. « Pilotage stratégique de la firme et gestion de projet: de Ford et Taylor à Agile et IMS », in *Pilotage de projet et entreprises; diversité et convergences*, sous la direction de V. GIARD & C. MIDLER, *Economica*, pp. 181-215. 1993.
- [17] Navarre, C. « La nouvelle fonction Project Management », Document Ronéoté, Communication au colloque Réussissez votre gestion de projet, Institute for International Research, Paris, Juin, pp. 4 -15. 1989.
- [18] Garel, G. Pour une histoire de la gestion de projet. *Gérer et comprendre • décembre 2003 • n°74*. 2003.
- [19] Midler, C. «Modèle gestionnaire et régulation économique de la conception», In *Coopération Et Conception*, sous la direction de G. de TERSSAC et E. FRIEDBERG, Editions Octares, Toulouse, pp. 63-85. 1996.
- [20] Schumpeter, J. A. *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, an Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. 1934.
- [21] Bernard, B., and Alexandre, CH. John kenneth galbraithet l'évolution des structures économiques du capitalisme: d'une théorie de l'entrepreneur à une théorie de la grande entreprise ? *Presses de Sciences Po | « Revue économique » 2018/1 Vol. 69 | pages 159 à 187*. 2018.
- [22] Garel, G. Qu'est-ce que le management de projet ? *Caisse nationale d'allocations familiales | « Informations sociales » 2011/5 n° 167 | pages 72 à 80*. 2011.

- [23] Akrich, M., Callon, M., and Latour, B. "A quoi tient le succès des innovations ?", *Gérer et Comprendre*, premier épisode: "l'art de l'intéressement", Juin, n°11, pp. 4-17; deuxième épisode: "L'art de choisir les bons porte parole", Septembre, n°12, pp. 14-29. 1988.
- [24] Hanaa, B. L., and Ameziane, H. Le contrôle de gestion de projet au Maroc: Quelles spécificités ? *La Revue Marocaine de Contrôle de Gestion*, NO 8 2019.
- [25] Burns, T. W. and Szczerbicki, E. Implementing Concurrent Engineering: Case Studies from Eastern Australia. *Concurrent Engineering. Research and Applications*. Vol. 5. N° 2. pp 163-170. 1997.
- [26] Prasad, R.; Singh, R. N., Effect of feeding water soaked corn and fodder on performance and digestibility of nutrients in Angora rabbits. *Indian J. Anim. Nutr.*, 13 (3): 162-166. 1996.
- [27] Oikaoui, M., and El Oualidi, M. Improvisation organisationnelle comme modèle de management de projet influant les compétences soft: étude inter-cas dans le secteur public au maroc. *Smalogreaserach strategy management logistics*, avril 2020. Pages 2 à 5. 2020.
- [28] Contero, M., Company, P., Vila, C., and Aleixos, N. Product Data Quality and Collaborative Engineering. *IEEE Computer Graphics and Applications*. Special Issue on CAD. 2002.
- [29] Sadiq, S. W., Olivera, M., and Maria, E. O. Managing Change and Time in Dynamic Workflow Processes. *International Journal of Cooperative Information Systems* Vol. 9, Nos. 1 & 2, 2000, p 93-116. 2000.
- [30] Franck, M., and Ludovic-Alexandre, V. *Project Management Traditional Principles*, Édition illustrée. London: Springer. 2016.
- [31] El Amine, S., and Bouayad, A. N. «Les entreprises marocaines à l'ère du Covid 19: Impacts, mesures et politiques de relance des secteurs du tourisme, de l'immobilier et de l'automobile. », *Revue Internationale des Sciences de Gestion* « Volume 3: Numéro 4 » pp: 506–519. 2020.

Évaluation de la qualité des sols sur un site minier du Copperbelt Congolais: Mise en évidence de la pollution d'origine minière

[Assessment of soil quality on a mining site in the Congolese Copperbelt: Demonstration of pollution from mining]

Arthur Kaniki Tshamala¹, Jean-Noël Mputu Kanyinda^{2,3}, and Jean-Marie Kanda Ntumba¹

¹Département de Chimie Industrielle, Faculté Polytechnique, Université de Lubumbashi, RD Congo

²Département de Chimie et Industrie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Département de Géologie Appliquée, Faculté Polytechnique, Université de Mons, Belgium

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

ABSTRACT: This study concerns the assessment of the soil quality of a mining site in the Congolese Copperbelt (Democratic Republic of Congo) with the aim of identifying possible pollution from mining. The site concerned is in Kipushi in the southwest of the city of Lubumbashi and has been the subject of mining since 1924 before being shut down in 1993. The methodology adopted consisted of a sampling campaign and in-situ measurements followed by chemical analyzes in the laboratory. The samples were taken using hand augers to a depth between 0 and 30 cm, the permeability was determined by means of percolation test by the constant level method or the Porchet method and the analyzes Elemental chemicals were performed by atomic absorption spectrometry. Regarding the pH, the results obtained indicate that the soil is acidic in several places and therefore has a great capacity to mobilize ETM. From the point of view of agronomic value, the results show that on the whole site, the soil is poor in organic matter (OM); the average value is 1.64% which reflects an extremely low bacterial activity. As for the elemental chemical composition, the results obtained indicate significant concentrations of trace metal elements (TME) attributable to the mining activity developed on the site for nearly 70 years. These are: Fe (23,400 - 88,300 ppm), Cd (100 - 1,400 ppm), Co (100 - 6,600 ppm), Cu (9,700 - 60,800 ppm), Pb (100 - 19,400 ppm) and Zn (22,400 - 108,100 ppm).

KEYWORDS: assessment, quality, soils, mining site, Congolese Copperbelt, mining pollution.

RESUME: Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité des sols d'un site minier du Copperbelt congolais (République Démocratique du Congo) dans le but d'identifier une éventuelle pollution d'origine minière. Le site concerné est situé à Kipushi au Sud-Ouest de la ville de Lubumbashi et a fait l'objet d'une exploitation minière depuis 1924 avant de connaître l'arrêt en 1993. La méthodologie adoptée a consisté en une campagne d'échantillonnage et des mesures in-situ suivies des analyses chimiques au laboratoire. Le prélèvement d'échantillons a été réalisé à l'aide des tarières à main sur une profondeur comprise entre 0 et 30 cm, la perméabilité a été déterminée au moyen de test de percolation par la méthode à niveau constant ou méthode de Porchet et les analyses chimiques élémentaires ont été réalisées par spectrométrie d'absorption atomique. En ce qui concerne le pH, les résultats obtenus indiquent que le sol est acide à plusieurs endroits et présente par conséquent une grande capacité de mobiliser les ETM. Du point de vue de la valeur agronomique, les résultats montrent que sur l'ensemble du site, le sol est pauvre en matière organique (MO); la valeur moyenne est de 1,64% ce qui traduit une très faible activité bactérienne. Quant à la composition chimique élémentaire, les résultats obtenus indiquent des concentrations importantes en éléments trace métallique (ETM) attribuables à l'activité minière développée sur le site depuis près de 70 ans. Il s'agit de: Fe (23.400 – 88.300 ppm), Cd (100 – 1.400 ppm), Co (100 – 6.600 ppm), Cu (9.700 – 60.800 ppm), Pb (100 – 19.400 ppm) et Zn (22.400 – 108.100 ppm).

MOTS-CLEFS: évaluation, qualité, sols, site minier, Copperbelt Congolais, pollution minière.

1 INTRODUCTION

Le sol est formé de constituants solides (minéraux et organiques) et de pores renfermant des constituants liquides et gazeux. Les constituants minéraux proviennent majoritairement de la désagrégation de la roche mère, des végétaux et d'apports par l'homme. Parmi ces composés minéraux des sols on trouve avant tout les silicates, mais aussi des substances nutritives inorganiques; les cations Ca^{+2} , Mg^{+2} , et K^{+} ainsi que les nitrates et les phosphates qui sont d'une grande importance pour les plantes. Quant aux constituants organiques, en proportion très faible (environ 5%), ils proviennent des organismes présents dans le sol ou apportés au sol par les végétaux et les animaux, alors que les constituants gazeux contenus dans les cavités du sol peuvent provenir de l'air extérieur, de la vie des organismes et de la décomposition des matières organiques (Joseph KOUAKOU KOUASSI and TAHRI. 2012; Adriano 1986).

Le sol, en général, constitue l'espace de vie pour les hommes, les animaux, les plantes et les microorganismes. Il accumule et met à leur disposition la plupart des éléments indispensables à la vie (air, eau, éléments nutritifs...). A côté de sa fonction alimentaire, le sol peut également constituer un filtre environnemental efficace en épurant l'eau qui le traverse de divers polluants pouvant contaminer la chaîne alimentaire et les nappes souterraines (Lemière B. 2008; Gbago Onivogui 2013; Abou Traore 2014; Bouafia 2016). Le sol agricole, quant à lui, remplit trois rôles: un rôle physique (support des racines des plantes), un rôle chimique (nutrition minérale des végétaux) et un rôle biologique (maintenance des activités bactériennes) (Jean-Michel Gobat 2017; Andrés Rodríguez-Seijo 2017). Cependant les activités humaines et industrielles peuvent modifier considérablement la qualité du sol et constituer par conséquent des effets néfastes pour les hommes, les animaux, les plantes et les microorganismes. Selon Lee et al. (Churl Gyu Lee 2001), l'exploitation minière est l'une des plus importantes sources de métaux lourds dans l'environnement. Les opérations minières d'extraction et de broyage, la concentration de minerais et l'évacuation de résidus, constituent des sources majeures de contamination de l'environnement (Adriano 1986). Par conséquent, des niveaux élevés de concentrations en métaux lourds peuvent être trouvés aux alentours des mines métallifères en raison de la décharge et la dispersion des déchets miniers dans les sols environnants, dans les cultures et les cours d'eau. Ils peuvent éventuellement présenter un risque potentiel pour la santé des résidents au voisinage de zones minières (Churl Gyu Lee 2001; Dinesh Kumar 2019; Fabio Fuentes-Gandara 2018).

Le degré de contamination est souvent évalué à partir des teneurs totales en éléments trace métallique (ETM) dans les couches du sol et dans cette approche de nombreuses études ont été entreprises dans divers pays, dont la République Démocratique du Congo, sur la contamination par les ETM des sols, des plantes, des eaux et des sédiments résultant de l'activité minière (Bamba Bukengu Muhaya 2016; Bamba Bukengu Muhaya 2017a; Bamba Bukengu Muhaya 2017b; Bamba Ousmane 2013). En ce qui concerne les ETM, suivant leur spéciation et en fonction des conditions locales, une fois dans le sol, ils peuvent « migrer » pour contaminer les aquifères, d'autres sols et/ou les eaux de surface, ou tout simplement se concentrer dans un ou plusieurs des milieux cités. Les modes de transports étant multiples, mais les plus importants sont: l'infiltration, le ruissellement et l'écoulement souterrain.

La figure 1.1 montre les différents scénarios possibles pouvant conduire à l'accumulation ou à la contamination des ressources par les ETM. On voit entre autres que le ruissellement des eaux de pluie à la surface d'une zone polluée (appelée source) peut convoyer les polluants dans l'infiltration souterraine, d'abord dans la zone non saturée sous-jacente, et ensuite percoler vers les nappes souterraines (Li Guo 2017; Lijun Wang 2017).

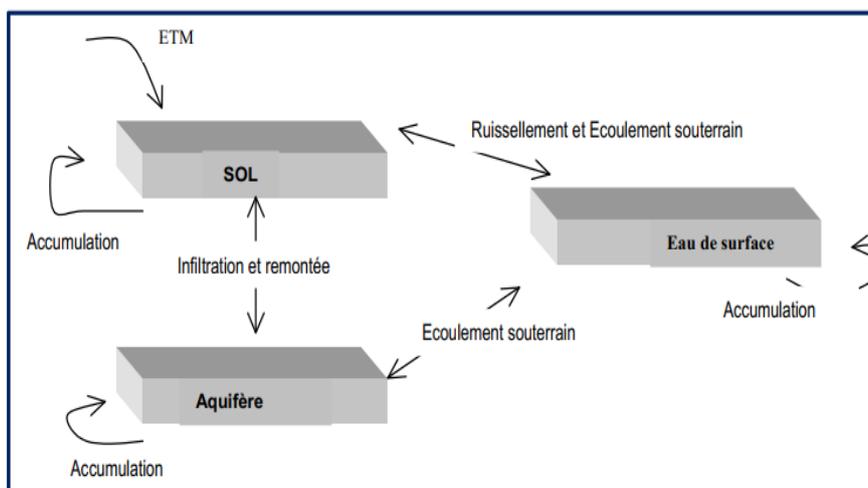


Fig. 1. Mécanismes de transport possibles conduisant à la contamination et/ou accumulation des ressources par les ETM

La dispersion aérienne, non mise en évidence sur la figure 1, suivie des retombées atmosphériques, est aussi l'un de scénarios possibles susceptibles de provoquer la contamination ou l'accumulation des polluants dans un milieu donné. La caractérisation du sol peut être faite afin de déterminer sa qualité à partir de son pH, sa porosité, sa masse volumique, son humidité, sa composition chimique, etc. (Bouafia 2016). En pédologie, le sol est caractérisé aussi par une structure en horizon. En plus de la caractérisation au laboratoire, la qualité du sol est connue par des levés et observations faits sur le terrain. A cet effet, on effectue des sondages (profondeur maximum 1,2 m) qui font l'objet d'une description selon certains critères (Jean-Michel Gobat 2017). La synthèse des observations permet de connaître la distribution spatiale des sols. L'appréciation des caractéristiques physiques et chimiques de chaque unité de sol permet ensuite de réaliser des cartes thématiques: carte de décapage du sol (projet d'exécution seulement), carte de classification de la valeur agronomique ou carte de sensibilité aux polluants (Matei Gheorghe 2019).

Le site minier concerné par cette étude est situé sur le copperbelt congolais à Kipushi, cité minière localisée à environ 30 km au Sud-Ouest de la ville de Lubumbashi en République Démocratique du Congo (RDC). Ce site a fait l'objet d'une exploitation minière depuis 1924 avant de connaître l'arrêt en 1993. La mine de Kipushi a été construite par l'Union Minière du Haut-Katanga qui l'a exploitée durant 42 ans avant que la Générale des Carrières et des Mines (Gécamines) n'en prenne le contrôle en 1967. De 1924 à 1993, la mine a produit un total de 6,6 millions de tonnes de zinc, 4 millions de tonnes de cuivre, 278 tonnes de germanium et 12.673 tonnes de plomb. En raison de facteurs économique et politiques, la Gécamines a dû, en 1993, la placer en régime de maintenance et entretien. Actuellement, la reprise des activités sur le site de Kipushi est assurée dans le cadre du projet Kipushi Corporation (KICO) résultant du partenariat entre le groupe Ivanhoe Mines et la Gécamines en vue d'exploiter en souterrain le gisement cupro-zincifère (Schneider 2007; Mpundu Mubemba Mulambi Michel 2013).

Il faut noter que pendant plus d'un siècle, l'exploitation minière en RDC s'est effectuée dans un contexte ne prenant pas en compte la protection de l'environnement. C'est seulement en juillet 2002 qu'une nouvelle loi minière a intégré des dispositions relatives à la protection de l'environnement avec l'obligation faite à l'exploitation de faire le suivi, entre autres, de la qualité des sols sur son site. D'où la nécessité de caractériser les anciens sites miniers afin d'évaluer leur impact sur l'environnement et les personnes vivant à proximité. Tel est l'intérêt de cette étude.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE ET CODAGE

Le prélèvement d'échantillons a été réalisé à l'aide des tarières à main de marque Eijkelkamp. A chaque point de prélèvement, plusieurs échantillons ont été prélevés, mélangés et homogénéisés de manière à constituer un seul échantillon composite représentatif du point considéré. Au total 24 échantillons ont été prélevés à une profondeur comprise entre 0 et 30 cm. Les échantillons de sols prélevés ont été séchés à l'air libre, broyés et tamisés à 2 mm. Une partie de la fraction supérieure à 2 mm a été ensuite broyée manuellement dans un mortier d'agate afin de la réduire en poudre (dizaine de micromètres) et d'homogénéiser la répartition des particules (Mpundu Mubemba Mulambi Michel 2013). En vue de donner la position géographique de différents points d'échantillonnage, la géolocalisation a été effectuée à l'aide du GPS Etrex Vista C Garmin. Ce GPS est constitué d'un boîtier Robuste, totalement étanche, muni d'un écran 256 couleurs, TFT haute résolution rétroéclairé. La localisation des points d'échantillonnage est présentée sur l'image aérienne de la figure 2.



Fig. 2. Localisation des points d'échantillonnage

2.2 PH, HUMIDITÉ ET MATIÈRE ORGANIQUE (M.O)

Le pH a été déterminé sur site et au laboratoire. Sur site, le pH a été déterminé à l'aide d'une trousse d'analyse du pH du sol de type Hanna Instruments, marque HI 99121. Et au laboratoire, le pH a été déterminé suivant la norme ISO 10390 (10390 2005). Deux suspensions 1/5 volumique ont été préparées; une à l'aide de l'eau (pH H₂O) et l'autre à l'aide du chlorure de potassium 1 M (pH KCl). Le pH H₂O est appelé acidité actuelle, active ou réelle. Dans ce cas, l'électrode ne mesure que les protons de la solution du sol, puisque aucun échange n'est effectué. L'acidité d'échange est évaluée par la mesure du pH KCl (Jean-Michel Gobat 2017). Dans ce cas, la solution de KCl est destinée à provoquer la délocalisation des H⁺ fixés, par échange avec le K⁺ en excès. En théorie, le pH H₂O est ainsi toujours un peu plus élevé que le pH KCl. L'humidité a été déterminée suivant la norme ISO 11465 (11464 1994) basée sur la perte de masse à 105°C. La teneur en matière organique a été déterminée aussi par perte de masse, mais à 450°C au bout de 24 heures.

2.3 DÉTERMINATION DE LA PERMÉABILITÉ

La perméabilité a été déterminée au moyen des tests de percolation par la méthode à niveau constant ou méthode de Porchet. Des trous cylindriques de 10 cm de profondeur ont été réalisés dans le sol et remplis d'eau claire afin de mesurer la vitesse à laquelle l'eau s'infiltré. La cellule de mesure qui permet de suivre l'évolution du niveau d'eau dans le temps est constituée d'un cylindre en PVC de 4,6 cm de diamètre. Plusieurs mesures sont faites et la moyenne calculée (Bouafia 2016).

2.4 ANALYSES CHIMIQUES ÉLÉMENTAIRES

Au laboratoire, les analyses chimiques élémentaires ont été réalisées par absorption atomique après une mise en solution par voie humide. L'appareil utilisé est le PG Instrument de marque AA500. Cet appareil est piloté par le logiciel AAWin 3 et possède les caractéristiques suivantes:

- Combinaison de la technique de flamme et four à graphite entièrement automatisé, rapide avec multimode séquentiel et analyse par élément;
- Système avec tourelle motorisé permettant de positionner 8 lampes à cathode creuse;
- Tête de brûleur en alliage de titane;
- Possibilité d'utilisation de nombreuses matrices: aqueuse, organiques, acides et alcalines;
- Système manuel pour hydrure avec régulateur Argon.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PERMÉABILITÉ

Le tableau 1 donne les résultats de la mesure de perméabilité (K). La perméabilité (ou conductivité hydraulique) est l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par l'eau, sous l'action d'un gradient hydraulique. Elle correspond au coefficient de proportionnalité de la loi de Darcy. C'est une caractéristique du matériau. Cependant, ce n'est pas une propriété intrinsèque de celui-ci, puisqu'elle est aussi dépendante du fluide. Elle est en effet proportionnelle à la masse volumique de ce fluide et inversement proportionnelle à sa viscosité μ . La détermination de la perméabilité est indispensable non seulement pour le calcul des paramètres hydrodynamiques mais aussi pour la définition du caractère percolant du matériau. Un matériau percolant a un drainage aisé qui peut conduire à un taux d'infiltration élevé. Un matériau peu percolant a un drainage très difficile (à la limite impossible) et peut être considéré comme un monolithe.

Tableau 1. Résultats de la mesure de la perméabilité des sols

Code du point de mesure	Perméabilité (m/sec)	Code du point de mesure	Perméabilité (m/sec)
A	$3,33.10^{-4}$	F3	$3,5.10^{-4}$
B	$1,67.10^{-4}$	F4	$2,4.10^{-4}$
C	$1,58.10^{-4}$	F5	$2,36.10^{-4}$
D1	$2,08.10^{-4}$	F6	$2,73.10^{-4}$
D2	$2,5.10^{-4}$	G1	$2,22.10^{-4}$
E1	$2,06.10^{-4}$	G2	$3,5.10^{-4}$
E2	$8,33.10^{-4}$	G3	$2,32.10^{-4}$
E3	$1,33.10^{-4}$	G4	$3,04.10^{-4}$
E4	$1,67.10^{-4}$	G5	$1,42.10^{-4}$
E5	$1,28.10^{-4}$	G6	$2,5.10^{-4}$
F1	$1,25.10^{-4}$	H1	$2,12.10^{-4}$
F2	$2,5.10^{-4}$	H2	$1,73.10^{-4}$

Lorsque la perméabilité est inférieure à 10^{-10} m/s, le matériau est tout simplement considéré comme imperméable. C'est le cas des massifs rocheux à faible porosité et des argiles non fissurées. Les très faibles valeurs de K (10^{-9} à 10^{-7} m/s) indiquent que le matériau est très faiblement perméable et que par conséquent le drainage est difficile. Ceci est rencontré dans le matériau rocheux à faible porosité, dans les limons compacts ou dans les argiles faiblement fissurées. Les faibles valeurs (10^{-7} à 10^{-5}) montrent une faible perméabilité qui induit un drainage lent. Cette situation est rencontrée dans les sables très fins, les sables limoneux, les limons peu compacts, les argiles très fissurées, les granites altérés, les schistes, les grès, etc. Le drainage est aisé lorsque la perméabilité est supérieure à 10^{-4} m/s. Les résultats présentés au tableau 1 montrent que l'ensemble du site est caractérisé par une valeur de perméabilité relativement élevée (car de l'ordre de 10^{-4} m/sec) ce qui induit un drainage aisé. C'est donc un site qu'il faut absolument contrôler car une infiltration des polluants dans ces zones atteindrait rapidement les formations souterraines avec le risque de polluer la nappe phréatique ou l'aquifère.

3.2 PH, HUMIDITÉ ET TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE (MO)

Le tableau 2 donne les résultats de la mesure du pH, de l'humidité et de la teneur en Matière Organique (MO). Le pH renseigne sur la mobilité des ETM étant donné son interaction avec les phénomènes d'adsorption. La teneur en MO ainsi que l'humidité déterminent la valeur agricole du sol. Pour interpréter les résultats de mesure du pH on se réfère à la classification des sols en fonction de pH présentée au tableau 3. D'après cette classification, les sols du terrain échantillonné ont des pH extrêmement acides à faiblement alcalins; c'est-à-dire pH-H₂O compris entre 2,66 et 7,36. D'après ces résultats on peut constater qu'à plusieurs endroits du site le sol est acide et présente par conséquent une grande capacité de mobiliser les ETM. La valeur moyenne de pH sur l'ensemble du site est 5,87. A certains endroits le pH est extrêmement acide (pH compris entre 2,66 et 5). Le pH est neutre seulement à trois endroits; et la valeur maximale de pH observée est de 7,36.

Tableau 2. Résultats de la mesure du pH, de l'humidité et de la matière organique

Code du point de mesure	pH in situ	H ₂ O (%)	MO (%)
A	5,35	11,37	1,9
B	2,66	9,5	1,11
C	6,99	11,35	1,57
D1	6,67	10,32	1,14
D2	4,97	13,25	1,76
E1	6,75	5,88	4,89
E2	6,35	10,43	0,64
E3	6,84	7,53	0,44
E4	6,29	6,39	0,22
E5	6,15	6,18	2,37
F1	3,55	10,09	1,38
F2	4,9	10,66	0,88
F3	5,97	14,47	0,09
F4	6,15	16,79	0,16
F5	6	15,4	0,48
F6	5,95	14,94	0,27
G1	7	8,33	3,91
G2	6,05	12,08	3,75
G3	6,3	14,32	0,96
G4	6,7	11,47	2,4
G5	6,92	11,91	2,92
G6	2,66	13,13	1,29
H1	7,35	18,21	2,65
H2	7,19	12,72	2,14
Moyenne	5,87	11,53	1,66
Maximum	7,36	18,21	4,89
Minimum	2,66	5,88	0,09

Il existe une valeur de pH pour laquelle la charge de surface de solide est nulle; c'est le point de charge nulle (PCN) ou zéro point charge (ZPC) en anglais. Pour un pH inférieur au pH de PCN, la charge de surface du solide sera positive et les espèces anioniques en solution pourront être sorbées; pour un pH supérieur au pH de PCN, la charge de surface du solide sera négative et les espèces cationiques pourront être sorbées à la surface. Dans les conditions normales de pH pour un sol en place c'est à dire non excavé (pH compris entre 6 et 8), les phases minérales et organiques les plus communes (quartz, feldspaths, argiles, oxydes de Mn et matières organiques) ont une charge négative.

Tableau 3. Classification des sols en fonction du pH

N°	Classe de réaction du sol	pH-H ₂ O
1	Extrêmement acide	< 4,5
2	Très fortement acide	4,5 – 5,0
3	Fortement acide	5,1 – 5,5
4	Moyennement acide	5,6 – 6,0
5	Faiblement acide	6,1 – 6,5
6	Neutre	6,6 – 7,3
7	Faiblement alcalin	7,4 – 7,8
8	Moyennement alcalin	7,9 – 8,4
9	Fortement alcalin	8,5 – 9,0
10	Très fortement alcalin	> 9,0

Pour interpréter les résultats de l'analyse de la teneur en MO on se réfère à la classification des sols en fonction de la teneur en MO présentée au tableau 4. Les résultats du tableau 2 montrent que sur l'ensemble du site, en moyenne, les sols sont très pauvres; la valeur moyenne est de 1,66%. En trois endroits seulement on observe des valeurs supérieures à 3,5%. Plus d'une dizaine de points ont une teneur en MO inférieure à 2%.

Tableau 4. Classification des sols en fonction de la teneur en MO pour deux textures

Niveau	Texture légère	Texture lourde
	Sable à loam	Loam argileux à argile lourde
Très pauvre	0,0 - 2,0 %	0,0 - 2,0 %
Pauvre	2,1 - 3,5 %	2,1 - 4,5 %
Moyen	3,6 - 6,5 %	4,6 - 10,0 %
Riche	6,6 - 8,0 %	10,1 - 13,0 %
Très riche	> 8,0 %	> 13,0 %

3.3 ANALYSES CHIMIQUES ÉLÉMENTAIRES

Le tableau 5 donne les résultats des analyses chimiques élémentaires. Ces analyses montrent une concentration très importante en ETM. Les teneurs en Cd (100 – 1400 ppm), en Co (100 – 6600 ppm), en Cu (9700 – 60800 ppm), en Pb (100 – 194000 ppm) et en Zn (22400 – 108100 ppm) dépassent largement les concentrations moyennes admises suivant les valeurs de référence présentées au tableau 6 (0,35 ppm pour le Cd, 8 ppm pour le Co, 30 ppm pour le Cu, 35 ppm pour le Pb et 90 ppm pour le Zn).

Les dépassements sont très importants surtout en ce qui concerne le Cu, le Pb et le Zn. Pour ces éléments, les valeurs rencontrées sont parfois 5000 fois supérieures aux valeurs de référence. Même comparées aux valeurs habituellement rencontrées dans les sols du copperbelt africain, ces concentrations sont très élevées. Du point de vue de la législation, la République Démocratique du Congo ne dispose pas des valeurs de référence propres aux sols.

Tableau 5. Résultats des analyses chimiques élémentaires

Code du point de mesure	Eléments analysés (%)								K (ppm)
	Zn	Cu	Co	Fe	Mn	S _{Tot}	Pb	Cd	
A	4,27	6,08	0,02	8,54	0,04	7,72	0,01	0,1	3,8
B	2,53	3,22	0,01	8,76	0,01	14,67	15,85	0,03	2,1
C	3,03	2,78	0,06	8,21	0,01	15,00	14,22	0,02	2,0
D1	2,24	3,11	0,05	4,02	0,12	7,92	10,12	0,01	4,4
D2	3,42	1,5	0,01	4,37	0,05	13,3	17,89	0,01	2,7
E1	5,72	1,16	0,6	6,97	0,01	6,8	0,77	0,01	1
E2	3,06	0,97	0,01	4,63	0,01	0,00	0,13	0,01	1,2
E3	5,18	1,09	0,02	4,13	0,01	0,00	19,4	0,01	1,4
E4	3,25	1,21	0,01	4,68	0,01	1,53	9,83	0,01	2,8
E5	6,08	2,85	0,01	7,69	0,01	7,69	0,7	0,01	2,2
F1	7,62	3,00	0,01	2,98	0,01	0,00	0,01	0,01	2,4
F2	9,05	1,81	0,02	4,05	0,01	6,54	0,46	0,14	1,3
F3	8,06	2,04	0,01	3,64	0,01	1,81	0,01	0,01	3,0
F4	10,81	2,46	0,01	5,00	0,01	5,39	0,51	0,14	3,9
F5	6,38	4,05	0,01	4,05	0,03	7,32	0,83	0,01	5,4
F6	5,37	1,22	0,01	4,18	0,01	0,00	0,46	0,01	3,4
G1	3,84	1,64	0,01	2,34	0,01	0,00	0,14	0,01	3,7
G2	7,71	2,8	0,01	2,74	0,04	3,62	0,16	0,03	5,9
G3	8,97	4,19	0,01	7,10	0,01	7,25	0,01	0,01	2,4
G4	3,38	1,44	0,03	3,53	0,01	0,00	0,48	0,02	2,2
G5	6,19	1,72	0,01	2,93	0,01	1,59	0,42	0,01	0,6
G6	5,49	3,3	0,03	8,83	0,01	0,00	0,43	0,04	1,5
H1	3,78	1,36	0,02	2,66	0,01	0,00	0,49	0,01	2,1
H2	2,88	1,07	0,66	3,19	0,01	0,00	0,01	0,01	2,7
Moyenne	5,35	2,34	0,09	5,01	0,02	4,51	3,89	0,03	2,67
Maximum	10,81	6,08	0,66	8,83	0,12	15,00	19,4	0,14	5,9
Minimum	2,24	0,97	0,01	2,34	0,01	0,00	0,01	0,01	0,6
Valeur de référence	0,0067	0,0014	-	-	-	0,0025	0,0035	0,000	-
Valeur seuil	0,023	0,011	-	-	-	0,0195	0,0195	0,0003	-
Valeur d'intervention	0,071	0,029	-	-	-	0,07	0,07	0,003	-

Tableau 6. Comparaison des résultats des ETM dans les sols du site étudié aux valeurs de référence (Baize. 2000)

Éléments	Valeur de référence ppm	Gamme fréquente ppm	Gamme de concentrations sur le site étudié ppm
As	6		
B	20	2 – 270	
Cd	0,35	0,01 – 2	100 – 1400
Co	8	0,05 – 65	100 – 6600
Cr	70	5 – 1 500	
Cu	30	2 – 250	9700 – 60800
I	5	0,1 – 25	
Mn	1000	20 – 10000	100 – 1200
Mo	1,2	0,1 – 40	
Ni	50	2 – 750	
Pb	35	2 – 300	100 – 194000
S	700	30 – 1600	
Zn	90	1 – 900	22400 – 108100

De manière générale, au niveau international, les valeurs de référence sont établies en fonction de l'usage du site (usage agricole, usage résidentiel, industriel ou récréatif). Dans le cas sous examen, le site peut être considéré comme un site mixte étant donné la présence des bâtiments industriels et la proximité des habitations. La législation européenne indique généralement trois valeurs:

La valeur de référence (VR): Elle correspond aux concentrations habituellement rencontrées; la valeur Seuil (VS): Elle correspond à la limite à ne pas dépasser, faute de quoi le site est considéré comme pollué. Lorsque cette valeur est atteinte, une étude de caractérisation approfondie doit être initiée afin d'évaluer le niveau de pollution et de déterminer éventuellement la méthode de dépollution qui convienne. Et la valeur d'Intervention (VI): Elle correspond au seuil nécessitant une remédiation sans aucune forme de procès. Les valeurs (VR, VS et VI) présentées sur les lignes inférieures dans le tableau 5 correspondent à la législation wallonne (Belgique). Si on se réfère à cette législation et on considère même les valeurs minimales pour chacun des ETM identifiés, on constate que le site étudié nécessite déjà une remédiation.

D'après les résultats présentés dans le même tableau (tableau 5), on peut également remarquer que la concentration en soufre total est très élevée. Sachant que le gisement cupro-zincifère exploité sur le site était sulfuré, cela peut s'expliquer notamment par une oxydation en surface des sulfures métalliques qui ont été extraits de la mine. D'autre part, le site étudié présente des trainées blanchâtres dont la connaissance de la nature nécessite des investigations appropriées. A ce sujet, une étude de la solution du sol à l'aide des lysimètres s'avère importante.

4 CONCLUSION

La présente étude avait pour objet l'évaluation de la qualité des sols d'un site minier situé sur le Copperbelt congolais localisé à Kipushi au Sud-Ouest de la ville de Lubumbashi en République Démocratique du Congo. Cette évaluation avait pour but d'identifier une éventuelle pollution d'origine minière; car en fait, le site concerné a fait l'objet d'une exploitation minière depuis 1924 avant de connaître l'arrêt en 1993. La méthodologie adoptée a consisté en une campagne d'échantillonnage et des mesures in-situ suivies des analyses chimiques au laboratoire. Le prélèvement d'échantillons a été réalisé à l'aide des tarières à main sur une profondeur comprise entre 0 et 30 cm, la perméabilité a été déterminée au moyen de test de percolation par la méthode à niveau constant ou méthode de Porchet et les analyses chimiques élémentaires ont été réalisées par spectrométrie d'absorption atomique.

Du point de vue de la perméabilité, les résultats obtenus montrent que l'ensemble du site est caractérisé par une valeur de perméabilité relativement élevée (car de l'ordre de 10⁻⁴ m/sec) ce qui induit un drainage aisé avec le risque de pollution des eaux souterraines. En ce qui concerne le pH, les résultats obtenus indiquent que le sol est acide à plusieurs endroits et présente par conséquent une grande capacité de mobiliser les ETM. Du point de vue de la valeur agronomique, les résultats montrent que sur l'ensemble du site, le sol est pauvre en matière organique (MO); la valeur moyenne est de 1,64% ce qui traduit une très faible activité bactérienne. Quant à la composition chimique élémentaire, les résultats obtenus indiquent des concentrations importantes en ETM attribuables à l'activité minière développée sur le site depuis près de 70 ans. Il s'agit de: Fe (23.400 – 88.300 ppm), Cd (100 – 1.400 ppm), Co (100 – 6.600 ppm), Cu (9.700 – 60.800 ppm), Pb (100 – 19.400 ppm) et Zn (22.400 – 108.100 ppm). Ces teneurs dépassent largement les concentrations moyennes admissibles même pour un site à vocation industrielle. Il en découle que le site est pollué par des ETM et présente par conséquent un risque sanitaire pour les personnes vivant à proximité et pour l'environnement. Les

phénomènes à éviter sur ce site sont l'érosion éolienne et hydraulique car ce sont les phénomènes qui peuvent accentuer davantage ces risques en dispersant les polluants. Il convient de noter que le site présente aussi des trainées blanchâtres observables à sa surface. Ces trainées sont des signes de saturation en sels qui précipitent en surface. On recommande d'étudier ce phénomène et de voir comment l'arrêter avant que le pire ne survienne. L'extension de ce phénomène sur les constructions, les plantes et à la surface du sol est extrêmement dangereuse et devrait à tout prix être prévenue. Du point de vue de la remédiation, il y a plusieurs méthodes qu'on peut envisager, notamment la phytoremédiation et le *soil washing*. Mais ces méthodes sont conditionnées par une connaissance approfondie de l'ampleur de la pollution, notamment la profondeur.

REFERENCES

- [1] ISO (2005), "Qualité du sol: Détermination du pH," ISO, CH-1211: 1-7.
- [2] ISO (1994), "Qualité Du Sol: Prétraitement Des Échantillons Pour Analyses Physico-Chimiques," ISO, Ch-1211: 1-9.
- [3] ABOU TRAORE, GBOMBELE SORO, KOUASSI ERNEST AHOUSI, BARTHELEMEY SIAKA BAMBAMBA, NAGNIN SORO, JEAN BIEMI (2014), "Niveau de contamination en métaux lourds des sédiments d'une lagune tropicale: la lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)," *Afrique Science.*, 10: 73-88.
- [4] ADRIANO, D.C. (1986), "Trace Elements in the Terrestrial Environment," *Environmental Conservation.*, 13: 379.
- [5] ANDRES RODRIGUEZ-SEIJO, MARIA LUISA ANDRADE (2017), "Characterization of soil physico-chemical parameters and limitations for revegetation in serpentine quarry soils (NW Spain)," *J Soils Sediments*, 17: 1321-30.
- [6] BAIZE, DENIS (2000), "Teneurs totales en « métaux lourds » dans les sols français. résultats généraux du programme ASPITET," *Courrier de l'environnement de l'INRA.*, 39-54.
- [7] BAMBAMBA BUKENGE MUHAYA, AMAKAY BUKAS, FRANÇOIS TOTO LUBALA, PIERRE KAMBULI KASETI, JOEL BACIRHEBA MUGISHO (2016), "Assessment of Trace Metals in Soils of North-Eastern Lubumbashi (Upper-Katanga Province, Democratic Republic of Congo)," *Journal of Environmental Science and Engineering.*, A5: 452-62.
- [8] BAMBAMBA BUKENGE MUHAYA, CLARISSE ZOZA KUNYONGA, SONIA CATHERINE MULONGO, FAUSTIN ZIGABE, MUSHOBOKWA, ARTHUR MUBWEBWE BISIMWA (2017a). Trace Metal Contamination of Sediments in Naviundu River Basin, Luano and Ruashi Rivers and Luwuwoshi Spring in Lubumbashi City, Democratic Republic of Congo. (David Publishing).
- [9] BAMBAMBA BUKENGE MUHAYA, MATTHIEU KAYEMBE WA KAYEMBE, CLARISSE ZOZA KUNYONGA, SONIA CATHERINE MULONGO, FIDEL MUSHAGALUSA CUMA (2017b), "Assessment of Trace Metal Contamination of Sediments in the Lubumbashi River Basin, Kafubu, Kimilolo and Kinkalabwamba Rivers in Lubumbashi City, Democratic Republic of Congo," *Journal of Environmental Science and Engineering.*, A6: 167-77.
- [10] BAMBAMBA OUSMANE, PELEDE SOULEYMANE, SAKO ABOUBAKAR, KAGAMBEGA NICOLAS, Y. W. MININGOU MARIETTE (2013), "Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina-Faso," *Journal des Sciences.*, 13: 1-11.
- [11] BOUAFIA, ALI (2016). Propriétés physiques du sol - Problèmes résolus. (éditions OPU (Office des Publications Universitaires d'Alger)).
- [12] CHURL GYU LEE, HYU-TAEK CHON, MYUNG CHAE JUNG (2001), "Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn mine in Korea," *Applied Geochemistry.*, 16: 1377-86.
- [13] DINESH KUMAR, D.S. MALIK, SIPAHEE LAL PATEL, VARSHA GUPTA (2019), "Human health risk assessment and mitigation of heavy metal pollution in agriculture and environment." in *Agriculture and Environmental Science Academy*. (ed.), *Health Risks and Remediation (Agro Environ Media.: India)*.
- [14] FABIO FUENTES-GANDARA, JOSE PINEDO-HERNANDEZ, JOSE MARRUGO-NEGRETE, SERGI DIEZ (2018), "Human health impacts of exposure to metals through extreme consumption of fish from the Colombian Caribbean Sea," *Environ Geochem Health.*, 40: 229-42.
- [15] GBAGO ONIVOGUI, SAIDOU BALDE, KANDE BANGOURA, MAMADOU KABIROU BARRY (2013), "Évaluation des risques de pollution en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) des eaux et des sédiments de l'estuaire du fleuve Konkouré (Rep. de Guinée)," *Afrique Science*, 09: 36-44.
- [16] JEAN-MICHEL GOBAT, MICHEL ARAGNO, WILLY MATTHEY (2017). *Le sol vivant* (France).
- [17] JOSEPH KOUAKOU KOUASSI, EDMOND SIKA AHOUA, ODETTE DOGBO DENEZON, YVES-ALAIN BEKRO, DENIS BAIZE, MOUSSA BOUNAKHLA, FATIHA ZAHRY, AND MOUNIA TAHRI. (2012), "Teneurs de métaux traces dans des sols à maraîchers dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)," *International Journal of Biological and Chemical Sciences.*, 6: 2252-62.
- [18] LEMIERE B., SEGUIN J.J., LE GUERN C., GUYONNET D., BARANGER PH., SAADA A. (2008). *Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes*. (BRGM: Paris).
- [19] LI GUO, WEITUO ZHAO, XIAOWEN GU, XINYUN ZHAO, JUAN CHEN, SHENGGAO CHENG (2017), "Risk Assessment and Source Identification of 17 Metals and Metalloids on Soils from the Half-Century Old Tungsten Mining Areas in Lianhuashan, Southern China," *International Journal of Environmental Research and Public Health.*, 14: 1-18.

- [20] LIJUN WANG, WENDONG TAO, RICHARD C. SMARDON, XUE XU, XINWEI LU (2017), "Speciation, sources, and risk assessment of heavy metals in suburban vegetable garden soil in Xianyang City, Northwest China," *Front. Earth Sci.*, X: 1-12.
- [21] MATEI GHEORGHE, GEORGE LIVIU POPESCU, DOINA PRODAN, ILEANA COJOCARU, MONICA GROZA (2019), "Study of Some Soil Properties and Evaluation of the Level of Contamination with Lead in Baia Mare, Aghires and Copsa-Mica, Romania," *REV.CHIM.*, 7: 801-04.
- [22] MPUNDU MUBEMBA MULAMBI MICHEL, USENI SIKUZANI YANNICK, NTUMBA NDAYE FRANÇOIS, MUYAMBO MUSAYA EMMANUEL, KAPALANGA KAMINA PRISCA, MWANSA MUYEMBE, ILUNGA KAMPANYI, NYEMBO KIMUNI LUCIENS (2013), "Évaluation des teneurs en éléments traces métalliques dans les légumes feuilles vendus dans les différents marchés de la zone minière de Lubumbashi," *Journal of Applied Biosciences.*, 66: 5106–13.
- [23] SCHNEIDER, JENS, MELCHER, FRANK, BRAUNS, MICHAEL (2007), "Concordant ages for the giant Kipushi base metal deposit (DR Congo) from direct Rb–Sr and Re–Os dating of sulfides," *Mineralium Deposita.*, 42: 791-97.

L'amenuisement de la valeur stratégique des frontières de la République Démocratique du Congo en Afrique: Plaidoyer pour l'usage d'équipements technologiques

[Diminishing the strategic value of the Democratic Republic of Congo borders in Africa: Advocacy for the use of technological equipment]

Scheel Mutombo Kianga

Master's student in International Relations, University of International Business and Economic, Beijing, China

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

ABSTRACT: The present article analyzes the strategic value of the Democratic Republic of Congo borders. During the second republic, the personal equation of the statesman, President Joseph Mobutu in this case, based on strategic border management made the country shine in the sub-region. Its fall resulted in a substantial erosion of the role that borders played in safeguarding peace, territorial integrity and the protection of the population. In other words, over the past two decades, border management services have faced challenges of a new nature. Globalization and the threat of terrorism, rebel groups, criminal gangs and even the national armies of neighboring countries have transformed the situation by creating a climate which demands high performance and optimal responsiveness at all times. These borders, which played a significant security role over decades, constitute an Achilles heel for this large sick body today. So how can we ensure a management adapted to the imperatives of the century? Modern technical means are needed, in particular drones, helicopters, night surveillance goggles sitting on an Advanced Warning System. A system that combines people, processes and technologies in new ways to help safeguard the integrity of the territory, the security of cross-border trade, the passage of citizens while promoting economic stability and growth.

In addition, the use of techniques has shown their prowess in the integrated management of the EU's borders and in other countries such as Morocco remains the ideal solution to deal with arbitrary incursions and aggressions on Congolese territory. Because the principle of the inviolability of borders is simply ignored by those who swear by the illegal exploitation of the resources of the DRC's soil and subsoil.

KEYWORDS: Intangibility of borders, DRC, strategic value, foreign armies, 9 neighboring countries, natural resources.

RESUME: Cet article s'est proposé de faire une analyse sur la valeur stratégique des frontières de la République Démocratique du Congo. Lors de la deuxième république, l'équation personnelle de l'homme d'Etat, Président Joseph Mobutu en l'occurrence, assise sur une gestion stratégique des frontières a fait rayonner le pays dans la sous-région. Sa chute a entraîné un amenuisement substantiel du rôle que les frontières jouaient dans la sauvegarde de la paix, de l'intégrité du territoire et de la protection de la population. C'est dire qu'au cours de deux dernières décennies, les services chargés de la gestion des frontières sont confrontés à des défis d'une nouvelle nature. La mondialisation et la menace du terrorisme, des groupes rebelles, des bandes criminelles voire les armées nationales des pays limitrophes ont transformé la donne en créant un climat qui exige des performances élevées et une réactivité optimale à tout moment.

Ces frontières qui ont joué un rôle significatif sur le plan sécuritaire hier, constituent un talon d'Achille pour ce grand corps malade aujourd'hui. Alors comment en assurer une gestion adaptée aux impératifs du siècle ? Il faut des moyens techniques modernes notamment des drones, des hélicoptères et les lunettes de surveillance nocturne entre autres, assis sur un Système d'Alerte Avancée. Un système qui associe des personnes, des processus et des technologies de façon inédite pour permettre de sauvegarder l'intégrité du territoire, la sécurité du commerce transfrontalier, le passage des citoyens tout en promouvant la stabilité et la croissance économiques. L'usage des techniques ont montré leurs prouesses dans la gestion intégrée des frontières de l'Union Européenne (UE) et dans d'autres pays comme le Maroc demeure la solution idéale pour faire face à des incursions arbitraires et agressions du territoire congolais. Car le principe de l'intangibilité des frontières est simplement ignoré par ceux qui ne jurent que par l'exploitation illégale des ressources du sol et du sous-sol de la RDC.

MOTS-CLEFS: Intangibilité des frontières, RDC, valeur stratégique, armées étrangères, 9 pays voisins, ressources naturelles.

1 INTRODUCTION

Il y a beaucoup d'idées fausses sur la notion des frontières. D'abord, la disparition des frontières, un monde sans frontières, une configuration archaïque etc. La plus répandue est celle selon laquelle il aurait des frontières naturelles et des frontières artificielles. En effet, toutes les frontières sont artérielles. Etymologiquement, le mot frontière apparu en France au XIII^e siècle est un dérivé du mot front (visage) lui-même issu du latin *frons*, et qui, via la nation de « faire face, faire front » désigne une limite d'un territoire puis par extension la ligne de démarcation entre deux pays.

Une frontière est par définition est une convention imposée par la force ou qui fait objet d'un accord politique [1]. Pour Michel Foucher, une frontière est une institution qui relève du droit international [2]. Une institution qui au fond définit le périmètre d'un Etat, d'une nation, périmètre de l'exercice d'une souveraineté. Se faisant, c'est aussi l'un des paramètres de l'identité collective ou de la citoyenneté [3].

Depuis la fin de guerre froide, les Etats sont dans la consolidation des frontières partout sur tous les continents [4]. Les frontières sont des plus en plus précises, démarquées et matérialisées souvent par des barrières ou d'autres types de marquoirs. Depuis une trentaine d'années on consolide les frontières, c'est-à-dire la surveillance. De plus en plus on emploie des moyens modernes (de drones, de capteurs) [5]. Elles sont rarement mises en cause. En droit international, la violation des frontières est désormais considérée comme un tabou. La frontière existante est celle dessinée à perdurer. Il semble qu'aujourd'hui on vit dans un monde fini du point de vue des frontières terrestres. Les perspectives dynamiques de la tracée des frontières reste du point de vue maritime avec la Conventions des Nations Unies sur le droit de la mer [6]. C'est en effet, le grand chantier du 21^{ème} siècle sur la fixation des frontières.

Néanmoins, lorsqu'on fait le tour du monde des conflits on voit bien que la plupart sont des conflits frontaliers, bref des conflits de territoires. C'est pour le contrôle des territoires et des richesses que l'on fait la guerre.

Si le mur de Berlin est tombé, on voit tout de même beaucoup de mur s'ériger. Ces murs n'ont pas vocation à empêcher les gens de partir mais pour les empêcher d'entrer. C'est comme le mur entre les Etats unies d'Amérique et le Mexique, le mur entre Ceuta et Melilla, deux enclaves espagnole et marocains hautement gardées qui sont le point d'entrée de l'Afrique vers l'U E et au 38^e parallèle à Panmunjom, entre la Corée du Nord et du Sud [7]. On voit donc que les frontières rigides se développent.

En effet, les frontières servent à distinguer de manière symbolique le dedans du dehors. On n'a pas besoin de jugement des valeurs ou de la morale, il faut savoir qui l'on est. De toute évidence, la globalisation est venue modifier effectivement les frontières. Les idées circulent plus facilement mais pas les hommes. Ces derniers sont souvent empêchés. La crise de migrant en Italie, en Grèce est en Turquie peut bien l'illustrer. Donc pour Pascal Boniface, les frontières sont loin de rejoindre au musée de l'histoire la rouée et l'âge de bronze. Elles restent un élément déterminant des relations Internationales. La notion de frontière associée à la souveraineté est un élément de stabilité, de protection et de sécurité [8]. Lorsqu'il y a un Etat dont les frontières ne sont pas reconnues et dont l'autorité gouvernementale n'est pas nette, il n'y a plus de stabilité, ni de sécurité, encore moins de prospérité pour sa population [9]. C'est ainsi que la République Démocratique du Congo peine à assurer la sécurité, la stabilité et la prospérité de la population congolaise. En lieu et place de la puissance et légalité gouvernementales, il y a au contraire de l'arbitraire de la part des milices armées, des bandes terroristes et des groupes criminels organisés. Dans ce cas apparait la nostalgie d'un Etat qui pourrait assurer son régaliens.

Ainsi, les crises et conflits ne cessent de se multiplier et font la une de l'actualité. Crises politique et sécuritaire avec des multiples violations des frontières par les forces armées étrangères. Cependant, le rythme quotidien de l'information ne permet pas toujours de les situer dans le temps, d'en connaître les racines historiques, d'en saisir les enjeux stratégiques et d'envisager les scénarios futurs. Nous avons donc voulu comprendre de façon claire les turbulences autour de la maîtrise et du contrôle des frontières de la République Démocratique du Congo. Car face à une actualité chaque jour complexe et de plus en plus difficile à décrypter, la tentation est plus grande de s'interroger sur l'équation personnelle de l'Homme d'Etat congolais et de la capacité tactique du militaire de la République Démocratique du Congolais à assurer et sauvegarder l'intégrité du territoire national face à l'invasion de ses voisins.

2 FRONTIÈRES CONGOLAISES, DES ORIGINES À NOS JOURS

La République Démocratique du Congo est le deuxième plus grand pays d'Afrique après l'Algérie et onzième au rang mondial. Elle s'étend sur une superficie de 2 345 410 km². Elle partage au total 10 744 km de frontières avec neuf voisins dont l'Angola 2511 km, le Burundi 233 km, la République Centrafricaine 1 577 km, la République du Congo 2410 km, le Rwanda 217 km, le Soudan du Sud 628 km, la Tanzanie 473 km, l'Ouganda 765 km et la Zambie 1930 km [10].

En effet, les frontières actuelles de la République Démocratique du Congo ont été héritées du partage colonial consacré par la Conférence de Berlin de 1885 et de la colonisation conformément aux conventions, accords, arrangements, déclarations, lettres, notes, procès-verbaux et protocoles. Au fil de temps, ces frontières ont été consolidées par plusieurs instruments juridiques et principes. L'on se rappellera du principe de *l'Uti possidetis juris* ou de l'intangibilité des frontières de la Résolutions 1514 (XV) portant sur la déclaration de l'octroi de l'indépendance aux pays et peuples coloniaux.

La règle de l'intangibilité des frontières est un principe du droit international très important dans la définition actuelle des frontières des Etats africains. C'est le principe par lequel des Etats nouvellement indépendants conservent leurs possessions pour l'avenir,

indépendamment des conditions de traités antérieurs [11]. Cette règle issue du droit romain, était largement appliquée pour la définition des frontières américaines et est devenue au lendemain des indépendances des Etats africains pour fixer l'établissement des frontières [12]. C'est désormais devenu un des principes fondamentaux de l'Union Africaine.

REPENSER LES FRONTIÈRES ?



Fig. 1. The heart of the sensor-to-shooter system

SOURCE: Safran Electronics & Defense, a Safran high-tech company, holds world or European leadership positions in optonics, avionics, electronics and critical software for both civil and military markets.

La réflexion s'est longtemps focalisée sur l'alternative ouvrir/fermer les frontières sans s'interroger sur le fait de savoir à quoi elles servent aujourd'hui.

Pour les tenants d'une idéologie altermondialiste, elles seraient partout, soit sous forme physique (murs ou barrières) soit sous forme virtuelle (système de radar, de surveillance et de délation) dont la fonction serait de filtrer la mondialisation en contrôlant la libre circulation des biens, de personnes et des messages. Pour ceux qui se réclament d'une mouvance identitaire comme la plupart des congolais en revanche, la frontière permet de sauvegarder un ensemble de type Etat-Nation qui garde sa cohérence interne et protège l'individu [13].

3 LA VALEUR STRATÉGIQUE DES FRONTIÈRES CONGOLAISES

La notion des frontières, largement médiatisée des harragas, ces « bruleurs des frontières » [14] est polymorphe et peut s'entendre sous trois aspects: un aspect défensif et militaire, aspect strictement géométrique où des frontières artificielles sont imposées par des pouvoirs forts à ceux qui n'ont que le droit de les accepter comme cela s'est produit à la conférence de Berlin sur l'Afrique en 1885 et un aspect dynamique voire eschatologique où le territoire s'efface devant l'appartenance, ce qui est cas de l'Etat islamique [15].

De ces trois aspects et au regard de la question spécifique des frontières la République Démocratique du Congo dont la valeur stratégique ne cesse de s'amenuiser, nous nous appuyons sur le premier. L'approche statique de la frontière dans son militaire et défensif attire une attention soutenue. Car depuis la Chute de Mobutu, les frontières congolaises sont devenues perméables aux voisins. Comme qui dirait, la valeur stratégique du principe de bon voisinage dont s'est servi Mobutu pour asseoir sa suprématie dans la sous-région s'en est allée avec celui-ci. Or l'approche statique appuyée à la fois à la notion de la démarcation qui constitue un obstacle physique au franchissement et sur la constitution d'Etats-Nation qui revendiquent chacun leur spécificité, elle met en place un système essentiellement défensif appuyé sur des contrôles tout en facilitant les échanges légaux. En Relations Internationales, le franchissement

illicite de cette frontière facilité par l'existence des contrebandiers a longtemps été considéré comme un délai plus ou moins réprimé en fonction des politiques d'ouverture ou de fermeture des pays concernés et des crises qui mettent en cause leur souveraineté.

Le *Limes* romain en est une illustration. Il matérialise la limite entre le mode romain et les barbares, s'appuie sur un système de fortification relié par des rocares et sur des concentrations de légionnaires aux points de passage stratégiques pour défendre l'intégrité de l'empire romain. D'autres frontières reposent sur une ligne continue des constructions fortifiées ou sur un système défensif sophistiqué et prétendument infranchissable (ligne Siegfried ou la ligne Maginot) [16].

Depuis la guerre d'agression des armées du Rwanda, de l'Ouganda et du Burundi, le territoire de la République Démocratique du Congo est devenu le grand corps malade de l'Afrique centrale. Entraînant ainsi, une érosion de la valeur stratégique du principe de bon voisinage qui gouverne les frontières du pays.

En fait, le 2 août 1998, les troupes régulières du Rwanda, de l'Ouganda et du Burundi ont envahi et occupé le territoire de la République Démocratique du Congo, violant ainsi son intégrité territoriale et sa souveraineté. La guerre d'agression a débuté par le massacre, le 4 août 1998, des officiers loyalistes (plus de 72 officiers et de centaines de militaires congolais) à l'Aéroport National de Kavumu (Bukavu) sous la supervision du Commandant rwandais RUVUSHA (code Double Six Charly), proche du Commandant James KABAREHE [17].

Cette agression qui a été accompagnée d'atteintes graves aux droits de l'homme. Elle s'est distinguée dans la partie Est de la République par des massacres, meurtres, assassinats, et autres atrocités dont la cruauté, la similitude et l'efficacité des méthodes et techniques utilisées, ont fini par convaincre les observateurs impartiaux de la scène internationale du caractère prémédité et planifié de ces actes ainsi que de la finalité visée par la démarche [18].

Ainsi, les tensions s'intensifient dans la région des Grands Lacs africains entre le Burundi, le Rwanda et l'Ouganda, qui soutiendraient tous des insurgés basés dans l'est de la République démocratique du Congo (RDC).

Historiquement, les voisins de la RDC se sont servis des milices qui y opèrent pour s'attaquer mutuellement et envoyer leurs armées à violer l'intangibilité des frontières de la RDC sous de faux prétexte. Par exemple la poursuite des rebelles étrangers par des armées étrangères sur le territoire congolais sans l'autorisation préalable du gouvernement congolais. Un nouveau conflit par procuration pourrait déstabiliser davantage la RDC, et même provoquer une véritable crise sécuritaire dans la région [19].

L'intensification de l'hostilité entre les Etats des Grands Lacs risque de provoquer une reprise des guerres régionales qui ont déchiré cette région au cours des décennies précédentes. Le président du Rwanda, Paul Kagame, accuse le Burundi et l'Ouganda de soutenir les rebelles rwandais actifs dans les provinces du Nord et du Sud-Kivu de la République démocratique du Congo (RDC), et menace de répondre aux attaques menées par ces groupes contre son pays. De leur côté, le Burundi et l'Ouganda affirment que le Rwanda soutient les rebelles burundais et ougandais en RDC.

La rivalité de longue date entre Kagame et son homologue ougandais, Yoweri Museveni, s'est également aggravée, ce dernier accusant le premier de soutenir les insurgés basés en RDC contre Kampala.

L'escalade de la rhétorique belliqueuse de ces deux dernières années entre voisins Est de la République démocratique du Congo confirme l'hypothèse d'une volonté manifeste d'agression de la République Démocratique du Congo par ces derniers.

Donc, la valeur stratégique des frontières consiste à faire coïncider les limites administratives d'un Etat avec celles de sa maîtrise de sa mise en valeur effective. C'est à cette fin que nous souhaitons attirer l'attention des politiques, des militaires, diplomates, acteurs de la société civile et intellectuelles congolais à réfléchir. La négligence ou la cécité volontaire des ceux qui, de par leurs fonctions devraient agir nous pousse à nous interroger s'ils comprennent le danger que court le pays face à la porosité des frontières. Depuis l'accession de Felix-Antoine Tshisekedi au poste de Président de la RDC depuis en décembre 2018, les incursions des armées étrangères par çà et là, au point où, au moins huit armées étrangères de pays voisins sont entrées sur le territoire RD Congolais.

4 UNE GESTION HASARDEUSE DE FRONTIÈRES CONGOLAISE AU COURS DE VINGT DERNIÈRES ANNÉES

Entourée de neuf voisins aux visées insondables, la RDC s'attend à affronter neuf potentiels problèmes, en plus de ceux que pourraient provoquer des intérêts géostratégiques mondiaux. La flèche empoisonnée peut venir de partout et de nulle part. Vaste territoire doté d'immenses ressources naturelles, les enjeux pour la RDC dépassent la simple gestion d'un Etat moderne. Ses problèmes tirent leur origine de sa position géographique: le cœur du continent noir.

La donne se complique davantage quand on sait que la RDC est entourée par neuf voisins dont les visées sont imprévisibles. Toutefois, des observateurs relèvent que l'attitude de tous ces voisins procéderait aussi bien de leur survie (du fait de l'immensité du territoire congolais) que de la poursuite du leadership dans la sous-région [20].

Chaque frontière congolaise a une spécificité. Si les frontières naturelles posent théoriquement moins de problèmes, celles artificielles ou conventionnelles sont sujettes à des conjonctures diverses. L'onde de choc de toute poussée de fièvre ou de déstabilisation se fait sentir sur le territoire congolais. N'a-t-on pas dit que la RDC est le ventre mou de la sous-région ? Volontairement ou

involontairement, le pays est impliqué dans tout ce qui survient chez ses voisins. Ils enferment la RDC quasiment comme un œuf, le seul trou d'aération étant l'embouchure du fleuve Congo.

En ce qui concerne la RDC, l'heure a sonné pour que la question des frontières soit inscrite en priorité dans la stratégie de la défense du pays et de l'émergence. Tout est lié. Si les dirigeants congolais n'entrevoient pas toutes les éventualités possibles découlant de la porosité des frontières du pays, la désillusion sera au rendez-vous. Car tout simplement, les autres le (le pays) regardent à partir des prismes de leurs intérêts particuliers.

Les agendas de la RDC, de ses voisins et de ceux de tous les autres pays en quête des matières premières ne sont pas nécessairement convergents. Dans le processus d'intégration où la libre circulation des personnes et des biens sera la règle, les frontières nationales seront considérées comme le socle. Alors, ne pas y penser déjà, c'est ne pas prendre conscience du danger qui guette le pays.

D'où, la gestion des frontières implique une connaissance géostratégique avancée, une diplomatie à la pointe de l'anticipation et des services d'intelligence aux compétences diversifiées et éprouvées. Mais aussi une armée dissuasive et professionnelle, qui soit à même de servir de soubassement à l'approche diplomatique, tenant compte des clivages.

LA PRÉSENCE DES ARMÉES ÉTRANGÈRES SUR LE TERRITOIRE DE LA RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

L'intensification d'agressions du territoire de la RDC par les pays limitrophes risque de provoquer une reprise des guerres régionales qui ont déchiré la région des Grands Lacs au cours des décennies précédentes [21].

Le jeu trouble de certains Etats dans l'incitation au démantèlement de la RDC ne peut que rendre suspect l'enlisement de la crise de la sous-région. Curieusement, cette incitation au démembrement de la RDC est contraire aux buts et principes de la Charte des Nations Unies. Et fort étonnant, il se fait en parfaite connaissance du principe de l'intangibilité des frontières, de la Résolution 1514 (XV) « Déclaration sur l'octroi de l'indépendance aux pays et peuples coloniaux » dont l'article 6 stipule que « toute tentative visant à détruire partiellement ou totalement l'unité nationale et l'intégrité d'un pays est incompatible avec les buts et les principes de la Charte des Nations Unies », de la Résolution 3314 (XXIX) sur la définition de l'agression, de la jurisprudence de la Cour internationale de justice sur l'intangibilité des frontières et des quelques précédents historiques fâcheux que le monde a connu en matière de violation des frontières et d'acquisition illégale de titre territorial [22].

Qui plus est, il est incontestable que la garantie des frontières issues de la colonisation est un moyen qui rend impossible le retour aux vieux démons. Il est d'une obligation commune, c'est-à-dire, les Nations Unies, l'Union Africaine et les pays voisins de la RDC d'éviter d'assumer à nouveau cette culpabilité douloureusement ressentie lors de l'Anschluss [23].

Si la tendance des appétits voraces de vouloir se servir des ressources de la RDC de n'importe quelle manière, au point de violer le droit de l'intangibilité ses frontières continue, il y a alors crainte que l'Afrique centrale connaisse le sort qu'a connu l'Europe avec la remise en cause du Traité de Versailles par les pays totalitaires qui ont déstabilisé le continent en remodelant les frontières pour satisfaire leurs appétits territoriaux. Cette situation, on le sait, a conduit aux drames de la Seconde guerre mondiale et à la dévastation d'une Europe déjà sortie exsangue du conflit de 1914 [24].

Tirant la sonnette d'alarme, F. BOYENGA BOFALA invite la Communauté internationale ainsi que les partenaires historiques de la RDC à revisiter l'histoire et à prendre garde contre toute tentative de violation du droit d'intangibilité des frontières du pays, qui s'apparente à un révisionnisme de temps obscurs du principe consacré de *l'uti possidetis juris* dans son application en matière de décolonisation et à une violation du principe de l'intangibilité des frontières qui en découle. Il accuse la complaisance envers les régimes qui tentent de violer le droit d'intangibilité des frontières de la RDC, de quelques prétextes qu'elle puisse se parer, pour un révisionnisme dangereux pour la stabilité de la région des Grands Lacs et de toute l'Afrique centrale.

L'ARMÉE ZAMBIENNE SUR LES VILLAGES CONGOLAIS DE KIBANGA ET KALUBAMBA

Depuis son accession à l'indépendance, le 30 juin 1960, la RDC souffre d'une crise identitaire chronique liée à l'effondrement systémique de l'unité nationale d'une part et de l'autre part à la fragilité organique caractérisée par la paralysie structurelle de l'Etat-Nation considérée comme communauté de destin.

L'arrivée de l'AFDL au pouvoir en 1997 a ouvert la boîte de Pandore en RDC. Aujourd'hui, laissant place à un Etat post-conflit et géostratégiquement vulnérable au point d'en faire un théâtre d'incursions militaires étrangères, des rebellions, des viols, d'atrocités et des diverses exactions de toutes sortes. Cette spirale de la violence s'est cristallisée sous forme de tueries, de massacres, crimes contre l'humanité à cause desquels la souveraineté nationale a été bafouée et l'intégrité du territoire galvaudée.

Cet état de fait, amenuise la valeur stratégique des frontières congolaises et attise l'appétit glouton des pays voisins. Ces Etats qui, à leur gré décident lorsque bon leur semble d'agresser le territoire congolais. Alors que l'agression est définie comme l'emploi de la force armée par un autre Etat contre la souveraineté, l'intégrité territoriale ou l'indépendance politique d'un autre Etat, ou de toute autre manière incompatible avec la Charte des Nations Unies [25].

C'est ainsi que depuis mars 2020, l'occupation par l'armée nationale zambienne des villages congolais de Kibanga et Kalubamba, en dépit du principe d'intangibilité des frontières et du corpus juridique existant [26], constitue au regard du droit international la preuve de l'agression. Etant elle-même définie comme l'emploi de la force armée en violation de la charte par un Etat agissant en premier. Que dire alors de l'installation et de la revendication la souveraineté de leur pays sur les plusieurs villages congolais situés dans le territoire de Moba ? « *Je confirme que les militaires zambiens sont installés à Kalubamba. Des hélicoptères survolent notre espace deux à trois fois par jour. Ils ont déjà pris 15 km du territoire congolais* » [27]. Au regard de la menace contre la paix issue de cette agression, SADC s'est limitée à envoyer une mission d'experts civils et militaires sur place. *The objective of the mission is to conduct sensitization campaigns for various target groups in order to secure full cooperation of the local population; facilitate the adaption of common system for determination of the border coordinates, and a phased approach for the border demarcation and identification of key reference beacons along the border* [28]. Personne ne parle d'agression. Est-ce de la complaisance ou du manque de connaissance ?

L'histoire semble se répéter en ce qui concerne la violation de la souveraineté de la RDC par les pays voisins. Quoiqu'il se soit agi d'une agression au regard, aussi bien des dispositions pertinentes de la Charte de l'ONU, de la Charte de l'OUA, et de la résolution 3314 (XXIX) de l'Assemblée Générale des Nations Unies du 14 décembre 1974 portant définition de l'agression, que des instruments juridiques internationaux prescrivant la coexistence pacifique entre Etats et le règlement pacifique des différends, il a fallu attendre près d'un an pour qu'intervienne la première résolution du Conseil de Sécurité (S/RES/1234) du 9 avril 1999 adoptée à sa 399ème séance, reconnaissant timidement la violation de la souveraineté et de l'intégrité territoriale de la RDC par des troupes étrangères, en parlant des « troupes non invitées » [29].

Alors qu'en réalité lorsque le Conseil de Sécurité des Nations Unies constate l'existence d'une menace contre la paix, d'une rupture de la paix ou d'un acte d'agression, il doit faire des recommandations ou décider quelles mesures seront prises conformément aux articles 41 et 42 du Chapitre VII de la Charte pour maintenir ou rétablir la paix et la sécurité internationale. Sachant que la suppression du droit de guerre des Etats (*ius ad bellum*) accomplie dans la période entre les deux guerres mondiales qui est à l'origine de la définition de l'agression. Depuis que les Etats ont solennellement renoncé à la prérogative anarchique d'utiliser la force dans leurs relations internationales à des fins individuelles et ont en même temps assumé l'obligation de régler leurs différends par les moyens pacifiques [30], il est devenu indispensable non seulement du point de vue doctrinal, mais encore du point de vue pratique, de définir les formes plus dangereuses de l'emploi illicite de la force. Cette tâche s'imposait d'autant plus que l'agression armée est devenue un crime international [31].

5 PERSPECTIVES D'UNE ANALYSE DU RISQUE STRATÉGIQUE, TACTIQUE ET OPÉRATIONNEL



Fig. 2. Safran Electronics & Defense Equipment

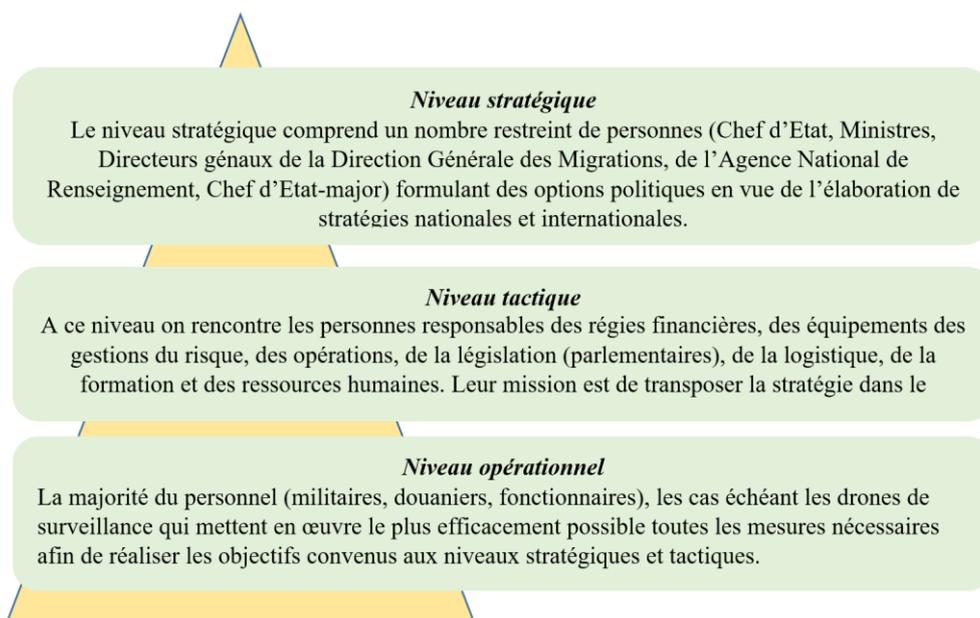
SOURCE: Safran Electronics & Defense, a Safran high-tech company, holds world or European leadership positions in optronics, avionics, electronics and critical software for both civil and military markets.

La gestion de la RDC par les politiques seuls a montré ses limites. Crise politique, économique et surtout sécuritaire. Les multiples massacres de la population civile, le viol des femmes voire des bébés est une des conséquences de l'échec du politique dans l'administration du pays. D'où la nécessité d'émettre des pistes des solutions tant soit peu, pour permettre aux politiques d'orienter leurs actions afin de construire un Etat moderne, puissant sur lequel règne la paix et la concorde nationale.

Voilà pourquoi nous projetons des perspectives d'une analyse du risque stratégique, tactique et opérationnel pour une gestion efficace des frontières de la RDC.

Des niveaux de gestion des frontières différents requièrent des paramètres de priorité différents. Le plus souvent on divise des niveaux en deux volets: stratégique et opérationnel. Le niveau de tactique peut être considéré comme une partie du niveau opérationnel. L'analyse stratégique se concentre sur l'identification et l'évaluation des problèmes en générant des connaissances nécessaires pour preneurs des décisions ou en créant la base des connaissances nécessaires pour adapter la capacité de l'Etat à répondre aux défis futurs posés par des questions spécifiques [32].

Le but de l'analyse du risque opérationnel au poste des frontières est d'appliquer des contrôles sélectifs mais efficaces, sur base de l'identification des zones exposées aux risques les plus élevés. Sur base des profils de risques ou menaces, les moyens (en termes d'effectifs et d'installations ou d'équipements) peuvent ainsi être concentrés sur les domaines où les violations intentionnelles et délibérées des règlements auront le plus vraisemblablement lieu, diminuant par la même occasion les entraves au commerce et à la une circulation fluide.



Sources: schéma conçu par nous sur base des données des Lignes Directrices pour la gestion intégrée des frontières dans le cadre de la coopération extérieure de la Commission européenne.

NÉCESSITÉ D'UN SYSTÈME D'ALERTE AVANCÉE ET D'ÉQUIPEMENTS DE SURVEILLANCE SOPHISTIQUÉS



Fig. 3. Contrôle et surveillance par drone

SOURCE: Safran Electronics & Defense, a Safran high-tech company, holds world or European leadership positions in optronics, avionics, electronics and critical software for both civil and military markets.

Les contrôles des personnes aux frontières ont longtemps fait l'objet d'un processus de monopolisation des moyens légitimes de circulation par l'Etat « rendant les individus dépendant de l'Etat pour obtenir l'autorisation de circuler alors que cette autorisation était auparavant une prérogative majoritairement privée [33].

Beaucoup de pays comme le Royaume de Maroc s'appuient sur la Résolution 73/32 sur le « *Rôle de la science et de la technique dans le contexte de la sécurité internationale et du désarmement* » adoptée le 5 décembre 2018 par l'Assemblée générale de l'Organisation des Nations Unies, pour exploiter l'évolution technologique afin de surveiller ses frontières. C'est donc dire que le recours au drone pour la surveillance des frontières de la RDC n'est que la mise en œuvre de la résolution précitée.

Car depuis la chute de Mobutu, les frontières de la RDC subissent des agressions à répétition. La réponse ne suit pas. Faute de capacité tactique ou d'informations ?

Dans un monde en plein essor et foisonnement des moyens de surveillance des frontières très enveloppés, le tâtonnement ou le manque d'initiative peut s'avérer fatal. L'imagination doit sortir du cadre purement local lorsqu'on vise mener politique de gestion des frontières mieux adaptée aux impératifs du siècle.

D'où la nécessité d'un système d'alerte avancée dont l'objectif est de permettre une réponse rapide à des situations extraordinaires concernant au plus haut point les frontières congolaises. Les procédures du système d'alerte avancé sont conçues pour alerter en cas d'un problème imminent qui peut affecter la situation sécuritaire de la RDC et qui demande donc une réaction imminente de la part des forces qui assurent la protection des frontières. Telle la traversée des frontières par les forces armées étrangères, des groupes rebelles ayant une base arrière dans un pays voisin ou des criminels transfrontaliers opérant dans l'exploitation clandestine des ressources naturelles de la RDC.

Donc, pour un fonctionnement efficace, le système d'alerte avancé doit être doté d'une grande intelligence stratégique (personnel hautement qualifié) et d'équipement sophistiqué notamment les drones, les lunettes nocturnes, les hélicoptères, véhicules, les gilets pare-balles etc. L'état actuel du monde avec ses progrès scientifiques offre à la RDC une large possibilité de protéger efficacement ses frontières car la prospérité et la sécurité du peuple en dépend. La paix et la sécurité de la RDC dépendent de la redéfinition stratégique du principe de Bon Voisinage et d'usage des drones de surveillance pour la protection des frontières. C'est à ce prix que la paix et la concorde nationale pourra revenir et donner à son peuple la joie de vivre.

6 CONCLUSION

La constitution de la RDC du 18 février 2006 stipule que tout congolais a le droit et le devoir sacré de défendre le pays et son intégrité territoriale face à la menace ou à une agression extérieure. Malheureusement, au cours de vingt dernières années, il était devenu difficile de mettre en application cette disposition. Les frontières du pays sont parmi les plus poreuses qui soient. De l'Est à l'Ouest, du Nord au Sud, les pays voisins peuvent entrer sans résistance tactique, ni condamnation en dépit des règles qui régissent les Relations Internationales. La valeur stratégique d'autres fois s'est sensiblement amenuisée.

Faiblesse militaire, défaillance de l'équation personnelle de l'homme d'Etat ou manque de perspectives ? A cette époque où l'Organisation des Nations Unies reconnaît aux Etats la latitude de recourir aux moyens techniques pour assurer la sécurité internationale, il est de la responsabilité de la RDC de se doter d'équipements appropriés pour assurer la sécurité de ses frontières.

Patrouiller par exemple, est un drone doté d'une technologie de pointe et d'un outillage développé dans la surveillance des frontières. A ces jours, le militaire au sol seul ne suffit plus pour assurer la protection et le contrôle des frontières de la RDC. Drones, lunettes des nuits, hélicoptères, véhicules et surtout un personnel hautement qualifié doivent impérativement venir en appui au militaire armé d'une simple kalachnikov. Seul le rapport de force peut faire respecter les frontières de la RDC et procurer une paix durable en RDC.

REFERENCES

- [1] Emmanuel BRUNET-JAILLY, "Frontières en politique", *l'Archicube* n° 13, pp.18-24, 2012.
- [2] Michel FOUCHER, *Le retour des frontières*, CNRS, 2016.
- [3] Michel FOUCHER dans la vidéo réalisée à la faveur d'une conférence géopolitique organisée par Diploweb.com en partenariat avec Grenoble Ecole de Management, 15 octobre 2016.
- [4] Buno TERTRAIS, *L'Atlas des frontières. Murs, conflits, migrations*, Arènes (Editions Les), 2016.
- [5] Amaël CATTARUZZA, "la technologie révolutionne-t-elle la frontière ? Frontières et sécurité dans le monde contemporain", *l'Archicube* n° 13, pp.49-55, 2012.
- [6] Buno TERTRAIS, *Géopolitiques des frontières: quelles réalités ?*, 2017. [Online] Available: <https://www.frstrategie.org> (15 Aout 2020).
- [7] Pascal BONIFACE revient sur les enjeux des frontières à travers le monde, en expliquant comment celles-ci n'ont pas disparu, bien au contraire...2020. [Online] Available: <http://www.pascalboniface.com> (27 juillet 2020).
- [8] Pascal BONIFACE, *50 idées reçues sur l'état du monde*, Armand Colin, Fayard, 2020.
- [9] Pascal BONIFACE, *Atlas des crises et des conflits*, Armand Colin Fayard, 2019.
- [10] ARSOM, *La conférence de géographie de 1876, Recueil d'études*, Bruxelles, 1976.
- [11] Jean-Arnaud DERENS et Laurent GESLIN, "Dans les Balkans, les frontières bougent, les logiques ethniques demeurent", *le Monde diplomatique*, pp.14-15, 2019.
- [12] Seyram ADIAKPO, *Intangibilité des frontières en Afrique et panafricanisme: une équation quasi irréductible?*, Tribunes, 2018.
- [13] Gabriel WACKERMANN, *La mondialisation. Approche géographique*, Ellipses, 2006.
- [14] En Algérie on les appelle des harragas, des brûleurs des frontières. Le film algérien Merzak Allouache *Harragas* (2008), le livre illustré des Tunisiens Salouad Benabda et Wissem El Abdel Harraga, *les brûleurs des frontières* (Encre d'Orient 2011) et la série éponyme en 20 épisodes du Camerounais Sere Alain Noa diffusée sur TV5 en 2014 ont popularisé leur action devenue un symbole pour une partie de la planète migrante. Le terme « harraga », d'origine arabe, désigne ceux qui voulant atteindre clandestinement l'Europe brûlent les frontières, leurs papiers, leur identité et leur vie passée pour renaître dans un nouveau pays.
- [15] Jean-Paul GOUREVITCH, *Les migrations pour les nuls*, Editions du Rocher, 2014.
- [16] Anne-Laure AMILHAT-Szary, *Qu'est-ce qu'une frontière aujourd'hui ?*, PUF, 2015.
- [17] AKELE A. et A. SITA, *Les crimes contre l'humanité en droits congolais*, CEPAS, 1999.
- [18] Livre Blanc de République Démocratique Du Congo, *la guerre d'agression en République Démocratique du Congo trois ans de massacres et de génocide « à huis clos »*, 2001.
- [19] International Crisis Group, *Éviter les guerres par procuration dans l'est de la RDC et les Grands Lacs*, Crisis Group Briefing Afrique N°150 Nairobi/Bruxelles, 23 janvier 2020.
- [20] La mise en place de la Nouvelle Alliance intime. République Démocratique du Congo, Rwanda, Burundi, Ouganda, Tanzanie, Soudan du Sud: *L'Alliance confédérale des Etats des Grands Lacs (l'ACEGL)*.
- [21] « Rapport final du groupe d'experts sur la RDC », S/2019/479, 7 juin 2019; Entretien d'un chercheur de Crisis Group à un poste précédent, des officiers supérieurs des FDLR capturés, Kinshasa, janvier 2019.
- [22] Organisation des Nations Unies, *Résolution 3314 (XXIX)*.
- [23] Frédéric BOYENGA BOFALA, *Au nom du Congo Zaïre*, Publisud, 2011.
- [24] Frédéric BOYENGA BOFALA, *La tentative de balkanisation de la RDC. Un révisionnisme dangereux pour l'Afrique du principe de l'uti possidetis juris.*
- [25] Article 1 de la *Résolution 3314 (XXIX) des Nations Unies*.
- [26] Alain DIASSO, "Tension persistante à la frontière entre la Zambie et la RDC", *Le Courrier de Kinshasa*, N° 3748, pp 1-2, 2020.
- [27] Reportage de Denise MAHEHO, correspondante de Radio France Internationale à Kinshasa, « des militaires zambiens occuperaient des bouts de territoires de la RDC », 13 mai 2020.
- [28] SADC Undertakes a technical experts mission to the Democratic Republic of Congo and Zambia border 27th July 2020.
- [29] Actes des journées de réflexion du 5 au 6 octobre 1998 sur « la Guerre d'agression contre la République Démocratique du Congo et interpellation du droit international » (Département de Droit Public et des Relations Internationales de la Faculté de Droit de l'Université de Kinshasa), PUK, 1998.
- [30] Tout d'abord par la résolution votée à l'unanimité par l'Assemblée de la SDN le 24 septembre 1927 dont le contenu a été repris dans la résolution de la conférence internationale des Etats américains votée à la Havane le 18 février 1928, et ensuite par le Pacte de Paris (Pacte Briand-Kellog) du 27 août 1928.
- [31] ZOUREK, *l'interdiction de l'emploi de la force en droit international*, Leiden, 1974.
- [32] Règlement 863/2007/CE du 11 juillet 2007 du Parlement Européen et du Conseil instituant un mécanisme de création d'équipes d'intervention rapide aux frontières et modifiant le Règlement (CE) du Conseil n° 2007/2004 Pour que ce qui a trait à ce mécanisme définissant les tâches et les compétences des agents invités.
- [33] Elen Le CHENE, "la gestion intégrée des frontières: circulation et projection internationale d'un modèle européen. L'exemple de la Turquie", *Revue Française d'Administration Publique* 1 (N°161) pp. 117-132, 2017.

Diagnostic de la fertilité chimique des sols sous anacarderaies (*Anacardium occidentale* L.) dans le département de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire

[Diagnosis of the chemical fertility of soils under cashew groves (*Anacardium occidentale* L.) in the department of Korhogo in the north of Côte d'Ivoire]

Diomandé Loua Barthélémy, Soro Sibirina, Koné Dofoungo, and Adingra Kouakou Dongo Paul

Université Peleforo GON COULIBALY, Institut de Gestion Agropastorale, Korhogo, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: In Ivory Coast, the cultivation of the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) contributes significantly to the influence and well-being of the populations of the Center and North areas where the poverty rate is high. One of the major constraints encountered is low productivity. The average yield of raw cashew nuts is 547 kg / ha compared to 1598 kg / ha in Nigeria and 9380 kg / ha in Vietnam in 2018. One of the efforts to increase productivity is the sustainable management of soil fertility. The aim of this study is to diagnose the level of chemical fertility of the soils of cashew orchards. Twenty-one orchards at least 20 years old were randomly selected from Korhogo County. Under these orchards, the soil was sampled between 0-30 cm depth. In each orchard, 21 composite samples each from 32 incremental samples were taken. These samples were analyzed for pH and nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, iron, zinc, copper and manganese contents. These values obtained were compared to the critical limits in order to determine the level of fertility. The results show that the soils are acidic to very acidic. The carbon, nitrogen, potassium, magnesium, calcium, sodium and zinc contents vary from low to very low levels. The content of available phosphorus is good in some orchards. On the other hand, iron, copper and manganese have a high to very high level. Determining adequate manure can improve fertility levels.

KEYWORDS: Cashew tree, soil, chemical fertility, productivity, Korhogo department.

RESUME: En Côte d'Ivoire, la culture de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) contribue significativement au rayonnement et au bien-être des populations des zones Centre et Nord où le taux de pauvreté est élevé. Une des contraintes majeures rencontrées est la faible productivité. Le rendement moyen en noix brutes de cajou est 547 kg/ha contre 1598 kg/ha au Nigéria et 9380 kg/ha au Vietnam en 2018. Un des efforts à fournir pour augmenter la productivité est la gestion durable de la fertilité des sols. Cette étude a pour but de diagnostiquer le niveau de fertilité chimique des sols des vergers d'anacardiers. Vingt-et-un vergers âgés d'au moins 20 ans ont été choisis de façon aléatoire dans le département de Korhogo. Sous ces vergers, le sol a été échantillonné entre 0-30 cm de profondeur. Dans chaque verger, 21 échantillons composites issus chacun de 32 échantillons élémentaires ont été prélevés. Ces échantillons ont été analysés pour le pH et les teneurs en azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium, sodium, fer, zinc, cuivre et manganèse. Ces valeurs obtenues ont été comparées aux seuils critiques afin de déterminer le niveau de fertilité. Les résultats montrent que les sols sont acides à très acides. Les teneurs en carbone, azote, potassium, magnésium, calcium, sodium et zinc varient des niveaux faibles à très faibles. La teneur en phosphore assimilable est bonne sous certains vergers. Par contre, le fer, le cuivre et le manganèse ont un niveau élevé à très élevé. La détermination d'une fumure adéquate peut redresser le niveau de fertilité.

MOTS-CLEFS: Anacardier, sol, fertilité chimique, productivité, département de Korhogo.

1 INTRODUCTION

Anacardium occidentale, arbre originaire du Brésil, se développe bien dans les écologies tropicales entre les latitudes 15 degrés Nord et Sud. À cause de son architecture, sa résistance à la sécheresse et la quantité importante de litière qu'il produit, cet arbre se présente comme un excellent protecteur de l'environnement [1].

Anacardium occidentale a été introduit en Côte d'Ivoire dans les années 60 dans le cadre d'une politique de conservation des sols et d'un programme de reboisement des savanes du nord. Progressivement, d'un objectif purement écologique, l'implantation des vergers d'*A. occidentale* passe à un objectif socio-économique à cause de l'augmentation du prix de ses noix sur le marché international. Cette hausse du prix du kilogramme a suscité de l'engouement chez les producteurs. Ainsi, la production ivoirienne de noix de cajou a connu une évolution remarquable de 235 000 tonnes en 2006, à plus de 738 000 tonnes de noix brutes de cajou en 2018, hissant la Côte d'Ivoire au rang de premier pays producteur et exportateur mondial [2]. Le chiffre d'affaires de la filière est passé de 88,9 milliards de FCFA en 2008 à 591,28 milliards en 2018, favorisant des recettes d'exportations avoisinant les 370 milliards de F CFA [3]. Quant au revenu brut distribué aux producteurs, il est passé de 70 milliards de FCFA en 2008 à plus de 380,659 milliards de FCFA en 2018. Ce qui a permis de lutter contre la pauvreté en milieu rural dans les zones centre et nord du pays. Par ailleurs, la transformation locale qui commence à se développer sera pourvoyeuse d'emploi, grâce à l'industrialisation. Aujourd'hui, l'anacardier contribue significativement au rayonnement et au bien-être des populations des zones de production concernées. Les superficies totales plantées en anacardiers estimées à 500 000 ha en 2006, se situent à environ 1 350 000 ha en 2018 [2].

Une des contraintes rencontrées par la filière est la faible productivité des vergers. Le rendement moyen en noix brutes de cajou est passé de 424 kg/ha en 2006 à 547 kg/ha en 2018 contre 1598 kg/ha au Nigéria, Philippines 7975 kg/ha et 9380 kg/ha au Vietnam en 2018 [4].

Un des efforts à fournir pour augmenter la productivité est la gestion durable de la fertilité des sols sous les vergers d'anacardiers. En Inde, 500 g d'azote, 125 g d'anhydride phosphorique et 125 g de potasse associé au fumier par arbre/an a permis d'augmenter significativement la production de l'anacarde [5]. En effet, la production d'un verger d'anacarde dépend des caractéristiques chimiques du sol. Jusqu'à ce jour, très peu des travaux de recherche ont abordé l'état chimique des sols sous anacarderaies en Côte d'Ivoire.

Cette étude est conduite dans le but de diagnostiquer le niveau de fertilité chimique des sols des vergers d'anacardiers en vue d'une gestion durable pour l'obtention de meilleurs rendements dans le département de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

Situé au nord de la Côte d'Ivoire dans le secteur sub-soudanais, le département de Korhogo est caractérisé par un climat de type soudano-guinéen à deux saisons: une saison sèche et une saison pluvieuse. La saison sèche s'étend de novembre à mai tandis que la saison des pluies dure de juin à octobre. La pluviométrie moyenne annuelle, atteignant 1 400 mm par le passé, est descendue autour de 1 100 mm au cours des deux dernières décennies. Les températures moyennes annuelles s'élèvent à environ 29 °C pendant l'harmattan et à 25 °C en saison pluvieuse. L'insolation est de 260 heures par mois en saison sèche, contre 140 heures en saison des pluies. La capacité érosive du climat est de 67,8 [6]. L'indice de drainage varie sensiblement de 264 mm à 668 mm [7]. L'évapotranspiration est de 1960 mm/an. Le déficit hydrique varie de 600 à plus de 750 mm/an. L'indice de dégradation spécifique du sol est de 1360 t.km².an⁻¹ dans les zones au relief peu accidenté contre 2500 t.km².an⁻¹ dans les zones plus accidentées.

La région de Korhogo est drainée par la Bagoué à l'Ouest, le Comoé à l'Est et le Bandama au centre. Les rivières N'zi, Bou, Badenou, Kobo, Badéni, Lokpoho, Solomougou et Tyakpoa, toutes tributaires du Bandama, irriguent la presque totalité de la région. Le régime hydrique est du type tropical de transition. Les crues se produisent en août, septembre et octobre. Ces cours d'eau tarissent rapidement de novembre à mai où le débit est très faible ou nul. Les plaines alluviales inondables sont abondantes tout le long de ces rivières au cours sinueux [8]. Le relief de Korhogo est composé d'une succession de plateaux dont l'altitude varie de 300 à 400 m et d'inselbergs isolés. L'altitude de ces plateaux décroît assez régulièrement, de l'Ouest vers l'Est. Le compartiment des plateaux se caractérise par des paysages monotones formant une pénélaine.

Les granites et les schistes sont les deux types de roches rencontrées dans cette région. Les paysages morfo-pédologiques rencontrés sont, par ordre d'importance, des plateaux à sommet cuirassé représentés à 33,3 %, des plateaux à sommet cuirassé partiellement démantelés représentés à 28,5 % et des collines légèrement convexes ou plan-convexes représentées à 12,3 %

[8]. Ces formations rocheuses constituent la roche mère des sols qui sont essentiellement des ferralsols, des cambisols, des luvisols, des plinthosols et des gleysols [9].

La végétation se caractérise essentiellement par des forêts claires sèches, des savanes boisée, arborée et arbustive. Les espèces arborescentes dominantes aujourd'hui sont *Anogesius leiocarpus*, *Andansonia digitata*, *Vitellaria paradoxa*, *Daniella oliveri*, *Isobelinia doka*, *Parkia biglobosa*, *Piliostigma thonningii*, *Pterocarpus erinaceus*, *Terminalia glaucescens*. Quant à la flore herbacée, elle contient *Hyptis suaveolens*, *Andropogon gayanus*, *Euclasta condylotrica*, *Hyparrhenia diplandra*, *Pennisetum polystachion*, *Aframomum latifolium*, *Sorghastrum bipennatum* [10].

2.2 MÉTHODES

Dans le département de Korhogo, 21 vergers dont l'âge est supérieur à 20 ans ont été choisis de façon aléatoire un mois avant la floraison. Sous ces vergers, le sol a été échantillonné dans l'horizon 0-30 cm de profondeur. Dans chaque plantation, un échantillon composite constitué de 32 échantillons élémentaires a été prélevé à l'aide d'une tarière. Ces échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire pour le pH et les teneurs en azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium, sodium, fer, zinc, cuivre et manganèse.

Le pH eau a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre à partir d'une suspension de sol et d'eau distillée dans un rapport sol/eau de 1/2,5. L'azote a été dosé par la méthode Kjeldahl. Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Olsen. Les cations échangeables Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} et Na^+ sont déterminés après percolation sur le complexe adsorbant avec de l'acétate d'ammonium tamponné à pH 7. Ensuite, ils sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique. Quant au Fer (Fe), au manganèse (Mn), au Zinc (Zn) et au cuivre (Cu), ils ont été extraits à l'aide du chélateur DTPA, puis dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Pour chaque paramètre, les teneurs déterminées ont été comparées aux valeurs de seuils critiques indiqués dans les tableaux 1, 2 et 3.

Tableau 1. Domaine d'acidité de sol et qualification

Domaine du pH eau du sol	Qualification
pH ≤ 4,5	Très acide
4,5 < pH ≤ 5	Acide
5 < pH ≤ 6,5	Peu acide
6,5 < pH ≤ 7,5	Neutre
7,5 < pH ≤ 8,5	Basique
> 8,5	Très basique

Source: [11]

Tableau 2. Valeurs indicatives des seuils critiques de teneurs en carbone et en éléments nutritifs dans les sols tropicaux en général

Éléments chimiques	Valeurs critiques d'interprétation			
	Très faible	Faible	Normale	Elevée
C org (g.kg ⁻¹)	< 0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	> 1,5
N total (g.kg ⁻¹)	< 0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	> 1,5
P ass (g.kg ⁻¹)	< 15	15 à 25	25 à 50	> 50
K (cmol.kg ⁻¹)	< 0,1	0,1 à 0,15	0,15 à 0,40	> 15
Ca (cmol.kg ⁻¹)	< 1,0	1 à 2,5	2,5 à 3,5	> 7,0
Mg (cmol.kg ⁻¹)	< 0,5	0,5 à 1,0	1,0 à 1,5	> 3,0

Source: [12]

Tableau 3. Seuils critiques des teneurs des oligoéléments dans le sol

Eléments chimiques	Valeurs critiques d'interprétation (mg.kg ⁻¹)				
	Très faible	Faible	Normale	Elevée	Très élevée
Zn	< 0,6	0,6 à 1,2	1,2 à 2,4	> 2,4	
Cu	< 0,2	0,2 à 0,4	0,4 à 0,8	0,8 à 1,6	1,6 à 3,2
Mn	< 2,5	2,5 à 3,5	3,5 à 7	> 7	
Fe	< 4,5	4,5 à 9	9 à 18	18 à 27	> 27

Source: [13]

3 RÉSULTATS

3.1 ÉLÉMENTS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET MINÉRALISATION NETTE DE MATIÈRES ORGANIQUES

Le niveau de carbone du sol est relativement bas. Or, le carbone est la source de matière organique (M.O) du sol (MO = Cx1,72). Cette dernière avec une teneur d'au moins 1,72 g.kg⁻¹ améliore les propriétés physico-chimiques du sol. De même la teneur en azote (N) est faible (Figure 1), N stimule la croissance de la plante. Une carence en N a pour résultats une croissance fortement réduite, des feuilles plus petites, un jaunissement rapide des feuilles les plus anciennes.

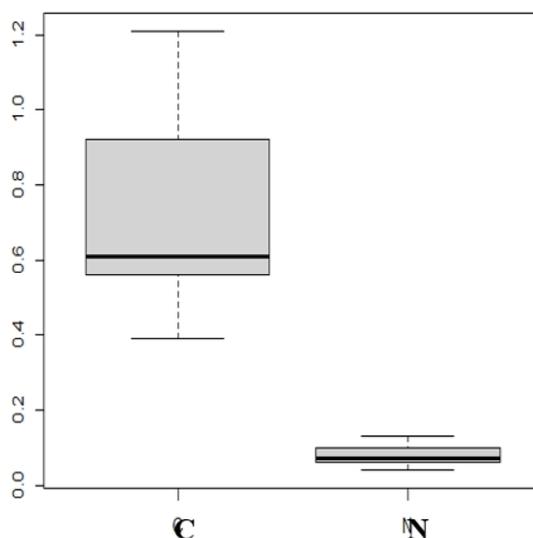


Fig. 1. Boîtes de Tukey des indicateurs de la matière organique (g.kg⁻¹) présentant une différence significative des sols anacarde-cultivés prélevés au Nord de la Côte d'Ivoire

Pour la minéralisation nette de MO, le rapport C/N montre une bonne vitesse de minéralisation dans 11 vergers (53%, tableau 4). Pour le reste, le niveau de MO du sol relativement bas, et sa rapide minéralisation, ne rendent pas toujours disponible les éléments nutritifs dont les anacardiens ont besoin à certaines phases critiques de leur développement. Quel que soit le type de sol, il est recommandé d'avoir un taux de MO de 1,72 g.kg⁻¹ au minimum. Pour une meilleure gestion de MO (rétention/apport), menant potentiellement, à terme, à une meilleure fertilité du sol, il est donc nécessaire d'apporter, en plusieurs fois, de compost afin d'approcher les 1,72 g.kg⁻¹.

Tableau 4. Matière organique et vitesse de minéralisation nette de matières organiques mesurées dans les sols sous vergers d'anacardiers au Nord de la Côte d'Ivoire

Sites d'étude/vergers	C	N	C/N	Sites d'étude/vergers	C	N	C/N
	g.kg ⁻¹				g.kg ⁻¹		
Waraniéré	0,75	0,06	13	Kakologo	0,39	0,1	7
Dokaha	0,61	0,06	10	Sédiogo	1,03	0,1	10
Fonavogo	0,71	0,07	10	Ouollo	0,42	0,1	8
Tioro	0,56	0,06	9	Moroviné	0,5	0,1	8
Napié	0,77	0,06	13	Guiembé	0,62	0,1	6
Lataha	0,56	0,04	14	Labélékaha	0,59	0,1	7
kodanakaha	0,94	0,08	12	Takpalakaha	1,21	0,12	10
Nangnékaha	0,56	0,05	11	Karakoro	0,59	0,1	7
Kié mou	0,59	0,07	8	Zié vogo	0,98	0,1	10
Ounandiékaha	0,92	0,07	13	Tangafla	0,6	0,1	5
				Torgokaha	0,98	0,1	9

Gras: rapide minéralisation nette de matières organiques

3.2 ACIDITÉ, PHOSPHORE ASSIMILABLE ET OLIGO-ÉLÉMENTS MESURÉS DANS LES SOLS SOUS ANACARDIERS

Dans le Nord de la Côte d'Ivoire, 29% des sols sous anacardier sont très acides et, majoritairement (71%), peu acides (Tableau 5). Ces résultats font dire que l'acidité des sols peut provoquer des phénomènes de toxicité ferreuse ou manganique telle que mesurée dans le sol sous anacardiers à Tioro (Figure 2; tableau 5).

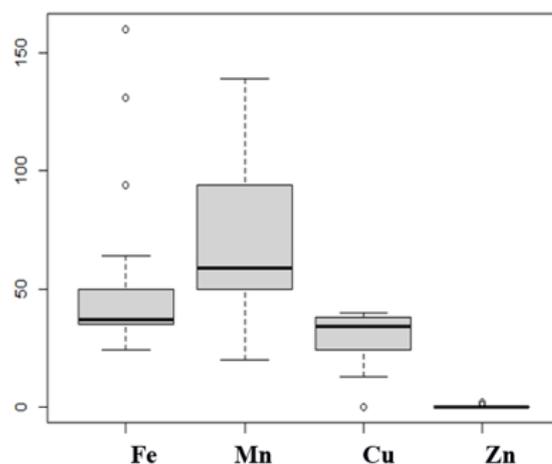


Fig. 2. Boîtes de Tukey des indicateurs en oligo-éléments (mg.kg⁻¹ sol) présentant une différence significative des sols anacarde-cultivés prélevés au Nord de la Côte d'Ivoire

La teneur en phosphore assimilable (P) est exagérément faible (Tableau 5). Le phosphore joue un rôle important dans la croissance des racines, la floraison, la production et le mûrissement des fruits. Il est donc utile d'envisager apporter du phosphore, d'autant plus qu'une teneur normale en cet élément risque d'encourager l'assimilation du fer et du zinc (Tableau 5), pour lesquels il peut y avoir déblocage par synergie avec le phosphore.

3.3 INFLUENCE DE L'ACIDITÉ (PH) DES SOLS SOUS ANACARDIERS SUR LES TENEURS EN PHOSPHORE ASSIMILABLE, LES CATIONS BASIQUES ET LES OLIGO-ÉLÉMENTS

C'est le lieu d'appeler l'attention sur le fait que dans un milieu acide, le P, le K, le calcium (Mn), le magnésium sont moins facilement assimilables par l'anacardier, tandis que le fer, le manganèse, le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) (Figures 2 et 3) le seront

davantage. C'est les cas ici. L'on observe, par ailleurs, que 29% des sols sous anacardiens laissent entrevoir une croissance optimale des cultures, car le pH du sol est compris entre 6 et 7 (Tableau 5). Dans cette zone de pH, la majorité des éléments nutritifs sont assimilables par les plantes.

Tableau 5. Acidité (pH), phosphore assimilable (mg.kg⁻¹) et oligo-éléments mesurés dans les sols anacarde-cultivés du Nord de la Côte d'Ivoire

Sites d'étude/vergers	pH	P	Fe	Mn	Cu	Zn	Sites d'étude/vergers	pH	P	Fe	Mn	Cu	Zn
Fonavogo	4,4	42	37	98	13	2	Dokaha	5,4	21	50	51	37	0
Tioro	4,5	21	160	139	0	1	Karakoro	5,6	11	25	51	38	0
Kiérou	4,5	42	25	51	38	0	Labélékaha	5,8	26	94	59	24	0
kodanakaha	4,8	21	94	59	24	0	Sédiogo	5,9	53	37	95	13	2
Waraniéré	5	42	35	94	36	0	Takpalakaha	5,9	53	36	20	40	0
Napié	5	22	131	124	31	0	Kakologo	6	26	50	50	38	0
Ouollo	5,1	21	64	94	21	0	Ziévo	6	47	35	94	36	0
Moroviné	5,1	20	34	40	34	0	Torgokaha	6	68	37	95	13	2
Nangnékaha	5,2	20	36	20	40	0	Tangafla	6,2	58	50	50	38	0
Lataha	5,3	22	24	33	26	0	Guiembé	6,3	26	24	33	26	0
							Ounandiékaha	6,5	42	35	94	36	0

Gras: sols anacarde-cultivés très acides et pH du sol compris entre 6 et 7

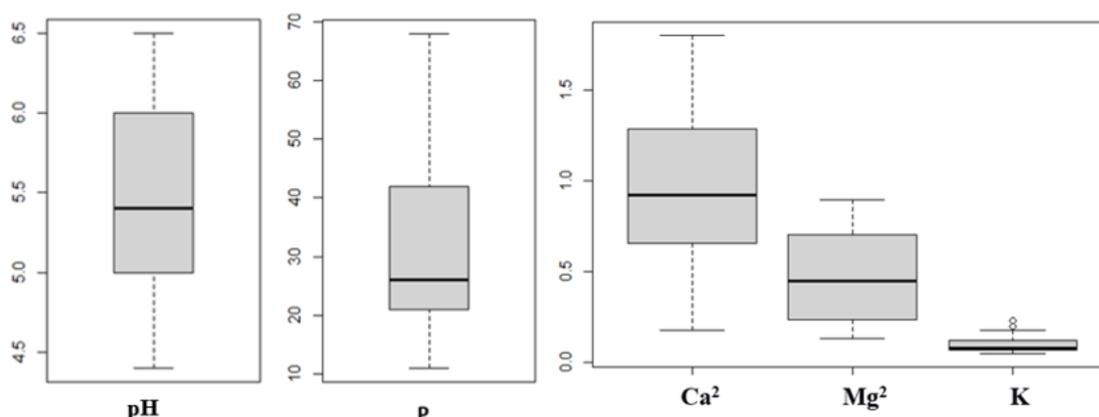


Fig. 3. Boîtes de Tukey présentant l'Acidité (pH), les teneurs en phosphore assimilable (mg.kg⁻¹ sol) et cations basiques (cmol.kg⁻¹ sol) des sols prélevés au Nord de la Côte d'Ivoire

3.4 RELATIONS ENTRE LES TENEURS CATIONS BASIQUES ET LES RAPPORTS CARACTÉRISTIQUES ÉTABLIS DANS LES SOLS SOUS ANACARDIERS AU NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE

La teneur en Ca est faible dans 42,8 % des sols prélevés et très faible pour 57,2 % d'entre eux. Mg est faible (47,6 %) et très faible (52,4 %) des sols étudiés. K a une teneur très faible (66,66 %), faible (28,57 %) et normale, avec 4,77 % des sols étudiés (Tableau 6).

Si les valeurs obtenues paraissent faibles, les rapports caractéristiques établis, montrent de forts déséquilibres entre le Ca et le Mg, le Mg et le K, ainsi qu'entre le Ca et le K. Mg est un élément constituant de la chlorophylle, et une carence contrarie la croissance de la plante, provoquant une chlorose (décoloration jaunâtre) sur les feuilles les plus anciennes. Quant au Ca, il participe au développement racinaire et à la maturation des fruits, ne devra pas excéder, ni être en deçà de 2g/Kg, car, en cas d'excès, il y a un risque important de carence induite en fer, et, en cas de carence de Ca, la croissance des plantes peut être interrompue et en période de sécheresse des maladies peuvent survenir. Or, l'on observe que quelquefois la teneur en Ca représente 5, 10, voire davantage celle du K, qui contribue à l'initiation des boutons floraux et au développement des fruits (Tableau 6).

Tableau 6. Teneurs en cations basiques (cmol.kg⁻¹ sol) et rapports caractéristiques établis dans les sols anacarde-cultivés du Nord de la Côte d'Ivoire

Sites d'étude/vergers	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca/Mg	Mg/K	K/Mg	K/Ca	Ca/K
	cmol.kg ⁻¹								
Waraniéré	0,669	0,211	0,071	0,039	3,171	2,972	0,336	0,106	9,42
Dokaha	0,872	0,238	0,196	0,054	3,664	1,214	0,824	0,225	4,45
Fonavogo	1,066	0,45	0,08	0,058	2,369	5,625	0,178	0,075	13,33
Tioro	0,505	0,242	0,047	0,039	2,087	5,149	0,194	0,093	10,74
Napié	1,388	0,233	0,074	0,029	5,957	3,149	0,318	0,053	18,76
Lataha	1,082	0,182	0,071	0,057	5,945	2,563	0,39	0,066	15,24
kodanakaha	0,962	0,27	0,066	0,045	3,563	4,091	0,244	0,069	14,58
Nangnénékaha	0,257	0,132	0,047	0,052	1,947	2,809	0,356	0,183	5,47
Kié mou	1,485	0,42	0,082	0,191	3,536	5,122	0,195	0,055	18,11
Ounandiékaha	1,644	0,897	0,131	0	1,833	6,847	0,146	0,08	12,55
Kakologo	0,648	0,643	0,094	0	1,008	6,84	0,146	0,145	6,89
Sédiogo	0,785	0,76	0,125	0	1,033	6,08	0,164	0,159	6,28
Ouollo	0,337	0,215	0,046	0,049	1,567	4,674	0,214	0,136	7,33
Moroviné	0,175	0,167	0,046	0,036	1,048	3,63	0,275	0,263	3,8
Guiembé	0,92	0,741	0,118	0	1,242	6,28	0,159	0,128	7,80
Labélékaha	0,659	0,693	0,088	0	0,951	7,875	0,127	0,134	7,49
Takpalakaha	1,805	0,859	0,069	0	2,101	12,449	0,08	0,038	26,16
Karakoro	0,769	0,647	0,106	0	1,189	6,104	0,164	0,138	7,25
Ziévo	1,184	0,791	0,176	0	1,497	4,494	0,223	0,149	6,73
Tangafla	1,35	0,703	0,066	0	1,92	10,652	0,094	0,049	20,45
Torgokaha	1,288	0,701	0,227	0	1,837	3,088	0,324	0,176	5,67

3.5 CARACTÉRISATION DES CULTURES ET DES SOLS SOUS ANACARDIERS

Les moyennes des 21 sols prélevés sous les vergers seront considérés. Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée entre les moyennes du pH, C, N, les bases échangeables et les oligoéléments. Les variables prélevées se rapportant à deux indicateurs d'acidité du sol (acide et peu acide) des variables qualitatives citées précédemment.

LECTURE DE LA MATRICE DES CORRÉLATIONS

Dans le but d'évaluer les relations entre les indicateurs, un corrélogramme est présenté en figure 4. Il s'agit d'un tableau reprenant les corrélations entre tous les indicateurs. Ce corrélogramme a permis de choisir des indicateurs indépendants, afin d'obtenir un maximum d'informations différentes possibles, avec un minimum de mesures. Ainsi, ce corrélogramme permet de choisir des indicateurs non-corrélés afin d'avoir des informations différentes sur le fonctionnement des sols. La matrice permet d'observer, d'une part, la relation positive forte entre N, Mg²⁺ et P, et entre le pH et Mg²⁺, d'autre part. Elle permet de constater les relations négatives entre pH et K, Cu et Zn. Toutes ces corrélations entre variables vont conditionner la composition des axes factoriels dont le sens et la signification s'interpréteront en fonction de leur corrélation avec chaque variable.

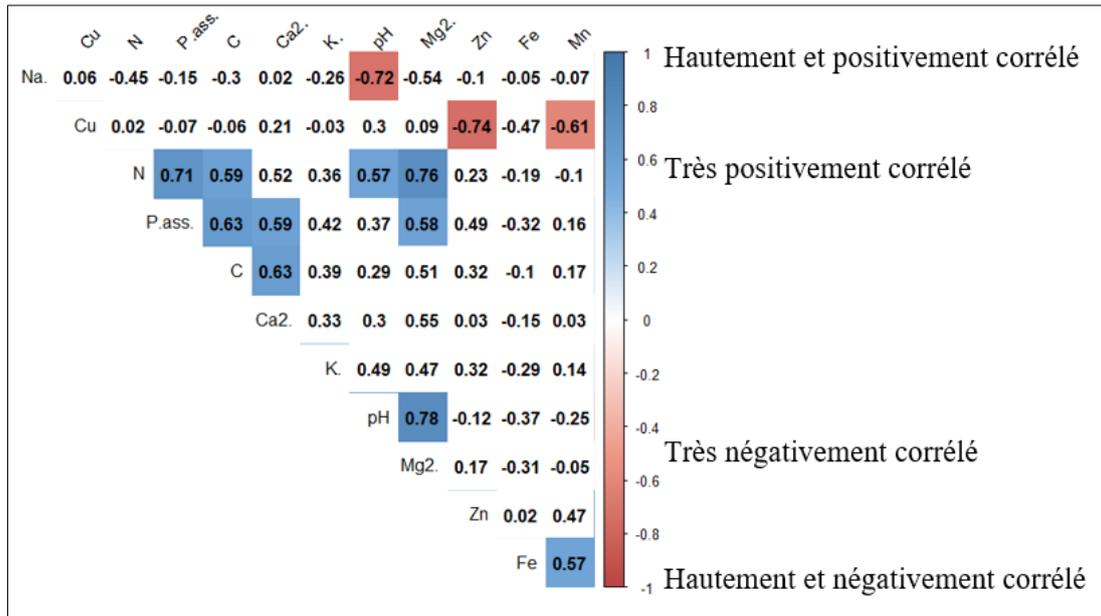


Fig. 4. Corrélogramme entre les onze variables de départ mesurées dans les sols anacarde-cultivés du Nord de la Côte d'Ivoire - p 0,05. Test rho de Spearman

PART DE LA VARIANCE EXPLIQUÉE PAR LES AXES FACTORIELS

La matrice de données de départ, de format (12 x 21) donne un histogramme des valeurs propres indiquant la part de l'ensemble de l'information contenue sur chaque facteur. Ici, le critère de l'inertie moyenne incite à retenir les 2 premiers axes (Figure 6), l'information contenue sur les 10 autres pouvant être considérée comme résiduelle.

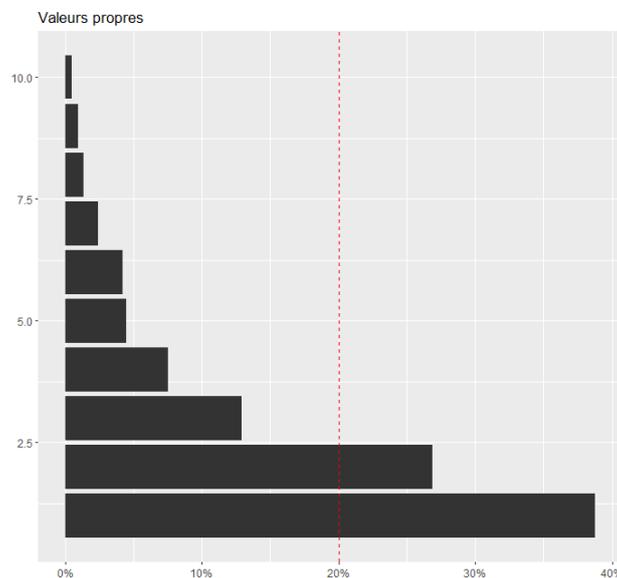


Fig. 5. Valeurs propres et pourcentage de la variance expliquée par chaque axe factoriel

INTERPRÉTATION DES FACTEURS EN FONCTION DE LEUR CORRÉLATION AVEC CHAQUE VARIABLE

La lecture pour chacun des facteurs retenus des corrélations avec les 12 variables permet ensuite de déterminer leur signification concrète. Sur le cercle des corrélations entre les deux premières composantes principales et les 12 variables que le facteur 1 s'avère être un indicateur de contrôle la quantité d'engrais artificiel ou naturel ajouté ou de matériaux de chaulage

retenus par le sol pour un effet durable sur la croissance des cultures. En effet, en projetant orthogonalement les vecteurs sur cet axe 1, on constate des corrélations positives avec les indicateurs de matières organiques (C et P, etc.) et des corrélations négatives avec les indicateurs de CEC (Ca^{2+} , Mg^{2+} et N). C'est le lieu d'appeler l'attention sur le fait de fortes doses d'engrais sur les sols à faible CEC seront gaspillées, car les nutriments supplémentaires seront lessivés. Ainsi, le premier axe oppose les vergers qui sont "fertiles partout" comme Takpalakaha sur les sites peu acides, lorsque la teneur en P est en relative grande quantité à ceux qui sont "moins fertiles" comme Tioro sur des sites acides où l'on observe des phénomènes de toxicité ferreuse ou manganésienne. Le deuxième axe oppose les vergers dont le facteur de rendement le plus important sont les variables "N" et " Mg^{2+} " à ceux qui ne le sont pas.

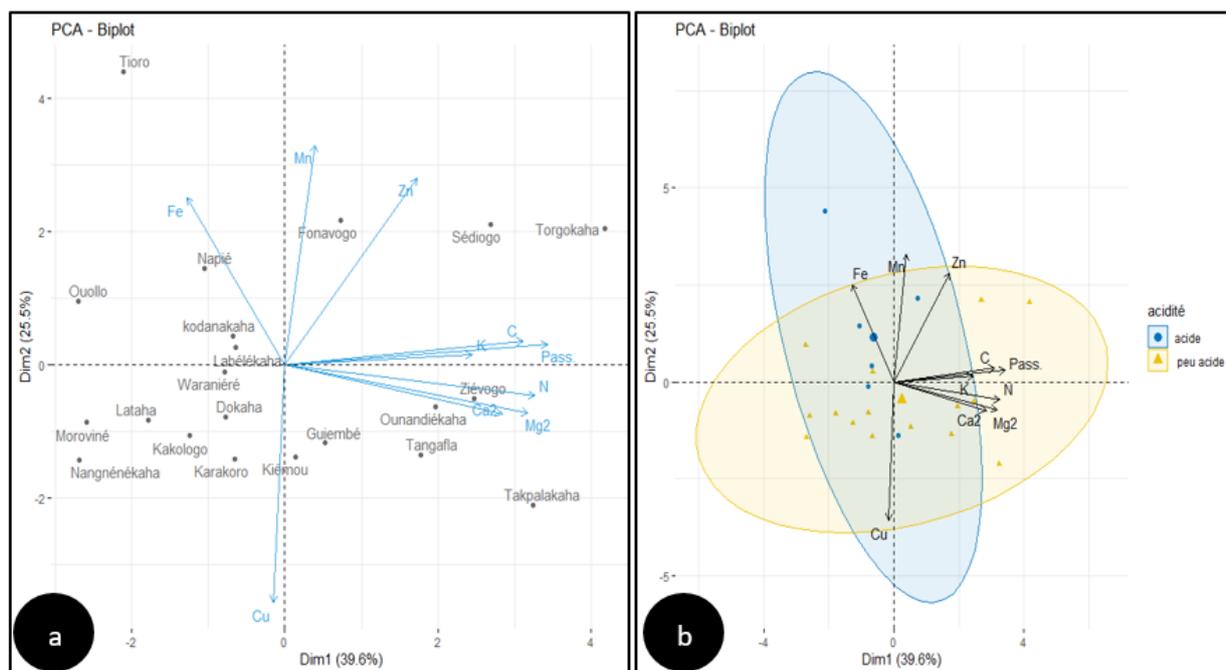


Fig. 6. Biplot des sites et des variables sur les deux premiers plans factoriels a: Projection sur les sites; b: cercle de corrélation se rapportant aux indicateurs d'acidité du sol

4 DISCUSSION

Parmi les vergers étudiés, 14 % sont situés sur des sols très acides, 14 % sont sur des sols acides et 72 % sur des sols peu acides. L'acidification des sols de cette zone serait liée à la culture cotonnière qui se pratiquait avant la culture de l'anacardier. En effet, la culture de coton ne permet pas le plus souvent de couvrir les exportations des cultures favorisant ainsi la perte des cations basiques. Les travaux de la référence [14] ont montré que le principal facteur de l'acidification du sol en zone cotonnière est la mise en culture des terres qui provoque une forte désaturation du complexe adsorbant. Les sols peu acides sont généralement caractéristiques des sols du secteur sub-soudanais. Les résultats obtenus par la référence [10] dans la même zone indiquent les mêmes niveaux d'acidité. Les sols très acides et acides pourraient réduire les performances des anacardiers, car *Anacardium occidentale* tolère les conditions de sols peu acides à neutres [15].

La teneur en carbone est faible à très faible dans 90,5 % des sols étudiés et la teneur en azote des sols étudiés est restée très faible sous tous les vergers étudiés. Ce niveau d'azote et de carbone dans les sols étudiés caractérise bien les sols sous savane en milieu tropical. En effet, l'azote et le carbone du sol proviennent essentiellement des végétaux supérieurs après décomposition de la litière. Dans cette zone, les feux de brousse cycliques et les systèmes de culture itinérante qui influencent la dynamique de la matière organique [16] (Koné et al. 2009) ne donnent pas le temps nécessaire au sol de constituer son stock d'azote et de carbone [17] (Bationo et Buerkert, 2000). Le niveau faible d'azote et de carbone obtenu dans cette étude est proche des résultats des travaux de la référence [18] réalisés en zone de savane au centre de la Côte d'Ivoire. Le niveau normal de carbone dans 9,5 % des sols étudiés serait lié aux pratiques culturales qui utilise la fumure organique.

La teneur en phosphore assimilable sous les vergers est très faible dans 4,8 % des sols étudiés, faible dans 38 %, normale dans également 38 % et élevée 19,2 %. La teneur très faible et faible en phosphore assimilable est typique à de nombreux sols des régions inter-tropicales en raison de leur fort pouvoir fixateur [19]. Le niveau faible du phosphore dans le sol a été mis en évidence par la référence [20] sous les cacaoyers dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Le niveau normal et élevé du phosphore dans des sols étudiés traduit la libération du phosphore fixé sous la forme assimilable sous l'action de la matière organique qui est la principale cause de la biodisponibilité du phosphore dans le sol en milieu tropicale. Les travaux de la référence [21] ont montré l'effet de la matière organique sur la biodisponibilité du phosphore dans les sols sous les cultures de cacaoyer.

Les teneurs des sols étudiés en calcium, magnésium, potassium sont très faible à faible. Ce niveau faible des cations échangeables est en rapport avec l'acidité du sol. En effet, le pH du sol est un reflet relativement fidèle de la saturation du complexe adsorbant par les bases [22]. Cette déficience serait due à l'exportation par les récoltes sur plusieurs années sans une fumure de restitution. Le sodium a une teneur très faible à nulle. En effet, le sodium n'est un élément nutritif indispensable aux cultures. Il intervient dans la stabilité structurale. Lorsque sa teneur est trop élevée ($< 217 \text{ cmol.kg}^{-1}$), il peut entraîner la salinité du sol [23]. Dans nos sols étudiés, le niveau de sodium n'influence pas la fertilité. Les teneurs des sols étudiés en calcium, magnésium, potassium sont très faible à faible. Ce niveau faible des cations échangeables est en rapport avec l'acidité du sol. Cette déficience serait due à l'exportation par les récoltes sur plusieurs années sans une fumure de restitution. Cette déficience des sols sous anacardières en bases échangeables en Côte d'Ivoire a été mise en évidence par les travaux de la référence [9].

Le zinc est en général déficitaire tandis que le fer, le cuivre et le manganèse ont des teneurs élevées à très élevées dans les sols étudiés. Le niveau faible de zinc et les niveaux élevés de fer, cuivre et manganèse dans les sols serait lié à la nature du matériau parental. La référence [25] a également montré le niveau faible du zinc contrairement au fer, manganèse et cuivre sur sol ferrallitique sur cipolin à Madagascar dans le cadre d'une recherche sur les éléments traces des sols tropicaux. Ces excès de ces oligoéléments pourraient créer des risques de phytotoxicité ou de perturbation de la nutrition.

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude sur le niveau de fertilité chimique des sols fondent la faiblesse du rendement de l'anacardier dans la zone d'étude. Des sols étudiés sont acides à très acides. Les teneurs en carbone, azote, potassium, magnésium, calcium et zinc variant des niveaux faibles à très faibles. Quant au phosphore assimilable, sa teneur est partiellement bonne sous les vergers étudiés. Par contre, les oligoéléments comme le fer, le cuivre et le manganèse ont un niveau élevé à très élevé dans les sols étudiés. Ces excès de ces oligoéléments pourraient créer des risques de phytotoxicité ou de perturbation de la nutrition. La teneur faible en sodium est loin d'influencer les propriétés physico-chimiques des sols. Les sols sous anacardières étudiés présentent, d'une part une déficience en des éléments majeurs, secondaires et oligoélément, d'autre part, des excès en des oligoéléments pouvant impacter négativement la nutrition de l'anacardier. La détermination de formules et de doses optimales d'engrais organo-minéraux peut permettre de redresser le niveau de fertilité des sols en vue de relever le rendement en noix et pommes d'anacarde dans les zones de production.

REFERENCES

- [1] O. O. Adeigbe, F. O. Olasupo, B. D. Adewale, and A. A. Muyiwa, "A review on cashew research and production in Nigeria in the last four decades", *Scientific Research and Essays*, vol. 10, no. 5, pp. 196 – 209, 2015.
- [2] FIRCA, La Filière du Progrès-La filière anacarde, Magazine d'information du Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles, Acte 20, 2018.
[Online] <https://firca.ci/wp-content/uploads/2019/05/LaFiliereDuProgres20.pdf> (23 octobre 2020).
- [3] FIRCA et CCA, Renforcement des capacités des chercheurs dans le domaine de l'anacarde, Le conseil du coton et de l'anacarde et le projet d'appui au secteur agricole en Côte d'Ivoire, TDR Sélection de chercheurs pour un Programme National de Recherche sur l'anacardier, 2015.
- [4] FAO, Major Food and Agricultural Commodities and Producers—Countries by Commodity, 2020.
[Online] <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC> (october 23, 2020).
- [5] E. V. V. Bhaskar Rao, Integrated production practices of cashew in india, National Research Center for Cashew, Puttur, 574202, D.K., 2017.
- [6] F. Fournier, Climat et érosion, PUF, Paris, 1960.
- [7] S. Henin et G. Aubert, Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols. C.R. Acad. Sci., 1945.
- [8] A. G. Beaudou et R. Sayol, Etude pédologique de la région de Boundiali- Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire). Méthodologie et typologie détaillée (morphologie et caractères analytiques), Travaux et documents de l'ORSTOM N°112, 1980.

- [9] L. B. Diomandé, A. Yao-Kouamé, et B. Koné, Types de sol et chémotypes d'huile essentielle de *Lippia multiflora*. E-book, Editions Universitaires Européennes, 2018. [Online] <https://www.decite.fr/livre-pod/types-de-sol-et-chemotypes-dhuile-essentielle-de-lippia-multiflora-9783841671455.html> (23 octobre 2020).
- [10] L. B. Diomandé, K. Brahima, V. T. Etienne, B.T. Tié, A. Yao-Kouamé, "Occurrence and leave extractable essential oil of *Lippia multiflora* M. (Verbenaceae) as affected by soil acidity, carbon, nitrogen and phosphorus contents in north Côte d'Ivoire", *Environment and Natural Resources Research*, vol. 4, no. 2, pp. 115-127, 2014. <http://dx.doi.org/10.5539/enrr.v4n2p115>.
- [11] D. Arrouays, V. Antoni, M. Bardy, A. Bispo, M. Brossard, C. Jolivet, C. Le Bas, M. Martin, N. Saby, N. Schnebelen, E. Villanneau, P. Stengel, Fertilité des sols: conclusions du rapport sur l'état des sols de France, "Innovations Agronomiques", vol. 21, pp. 1-11, 2012.
- [12] A. Assa, Précis de pédologie à l'usage des étudiants du second cycle des études universitaires, Editions Universitaires, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2005.
- [13] W. L. Lindsay and W. A. Norvell, "Development of a Dtpa Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper". *Soil Science Society of America Journal*, vol. 42, pp. 421-428, 1978. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>.
- [14] B. Koulibaly, Caractérisation de l'acidification des sols et gestion de la fertilité des agrosystèmes cotonniers au Burkina, Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, Mali, 2011.
- [15] M. A. Tandjiekpon, Caractérisation du système agroforestier à base d'anacardier (*Anacardium occidentale* Linnaeus) en zone de savane au Bénin, Mémoire de DEA, Université Abomey-Calavi, Bénin, 2005.
- [16] B. Koné, S. Diatta, S. Oikeh, Y. Gbalou, M. Camara, D. D. Dohm, et A. Assa, "Estimation de la fertilité potentielle des ferralsols par la couleur: usage de la couleur en morphopédologie", *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 89, no.3, pp. 331-342, 2009. <http://dx.doi.org/10.4141/CJSS07119>.
- [17] A. Bationo and A. Buerkert, "Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa". *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 6, pp. 131-142, 2000.
- [18] L. B. Diomandé, O. F. Akotto, C. Kanko, V. E. Tia, and A. Yao-kouamé, "Occurrence and chemical composition of essential oil from *Lippia multiflora* M. (Verbenaceae) leaves as affected by soil carbon, nitrogen and phosphorus contents in the centre Côte d'Ivoire", *International Journal of Agricultural Policy and Research*, vol. 3, no. 1, pp. 44-52, 2015. <http://dx.doi.org/10.15739/IJAPR.025>.
- [19] P. Hinsinger, Y. Ndeye, T. Becquer, L. Chapuis-Lardy, et D. Masse, Les enjeux liés au phosphore dans les sols tropicaux, UMR Eco&Sols, Montpellier SupAgro-CIRAD-INRA-IRD, 2015.
- [20] K. L. Koko, R. G. Yoro, K. Ngoran, A. Assa, "Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire", *Agronomie Africaine*, vol. 20, no. 1, pp. 81-95, 2008.
- [21] T. V. Ouattara, K. E. Kassin, L. J. Koko, G. N. Tah, M. E. Assi, G. Amari, E. Dick, et M. Camara, "Effets de la fertilisation organo-phosphatée sur la biodisponibilité du phosphore, la teneur en aluminium et le pH des sols sous cacaoyers dans la région de Divo en Côte d'Ivoire", *Journal of Applied Biosciences*, vol.118, pp. 11754-11767, 2017. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v118i1.2>.
- [22] P. M. Kopittke and N.W. Menzies, "Effect of pH on Na induced Ca deficiency", *Plant and soil*, vol. 269, pp. 119-129, 2005.
- [23] D. S. McIntyre, "Exchange sodium, subplasticity and hydraulic conductivity of some Australian soils". *Australian Journal of soil research*, vol. 17, pp. 115-20, 1979.
- [24] L. Nalovic et M. Pinta, "Recherches sur les éléments traces dans les sols tropicaux: étude de quelques sols de Madagascar". *Geoderma*, pp. 117-132, 1970.
- [25] Deckers, J., La fertilité du sol et problème d'environnement dans différentes zones écologiques des pays en développement de l'Afrique sub-saharienne. In: R. Van, and W.H. Prins (Eds.), *Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Subsaharienne*, FAO, pp.41-58, 1993.
- [26] N. E. Egbe, S. T. Olatoye, and C. R. Obatolu, Impact of rate and types of fertilizers on productivity and nutrient cycling in tree crop plantation ecosystem, Edition MAB Workshop, 1989.

De l'engagement scolaire à la réussite éducative des élèves du cours moyen deuxième année: Regards sur l'interaction appropriée enseignant/élève

[From academic engagement to the educational success of students in the second year junior high school: Insights into the appropriate teacher/student interaction]

Kouadio Kouamé Armel¹ and Agossou Kouakou Mathias²

¹Docteur en Sciences de l'Éducation, Institut National Supérieur des Arts et de l'Action Culturelle (INSAAC), Côte d'Ivoire

²Docteur en Sciences de l'Éducation, Université de Man, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This study is dedicated to exploring the role played by the appropriate teacher-student relationship in determining the academic commitment and educational success of students in the second year of middle school. The quantitative approach coupled with a qualitative component for a better understanding of the phenomenon was favored. A sample of 360 students from the middle year two classes participated in the study. The results highlight the predominant role of the teacher in the students' academic commitment, as much by his interpersonal skills as by his know-how towards the pupils. In essence, the analyzes clearly establish that the more the pupil perceives his friendly and warm teacher, the higher his perception of academic competence, thus greatly promoting his academic commitment. Conversely, the more the pupil perceives his teacher to be less affable and warm, the more he perceives himself to be less competent and has a low commitment in school terms. Various intervention measures to help teachers offer quality professional services such as in-service training based on their verbal and non-verbal skills are proposed in order to promote the appropriate teacher-student relationship.

KEYWORDS: School perseverance, academic performance, students, affable relationship, primary school.

RESUME: Cette étude se consacre à l'exploration du rôle que joue la relation appropriée enseignant-élève dans la détermination de l'engagement scolaire et de la réussite éducative des élèves du cours moyen deuxième année. L'approche quantitative doublée d'un volet qualitatif pour une meilleure compréhension du phénomène a été privilégiée. Un échantillon de 360 élèves des classes du cours moyen deuxième année ont participé à l'étude. Les résultats mettent en évidence le rôle prépondérant de l'enseignant dans l'engagement scolaire des élèves autant par son savoir-être que par son savoir-faire envers les élèves. Essentiellement, les analyses établissent clairement que plus l'élève perçoit son enseignant affable et chaleureux, plus sa perception de compétence scolaire est élevée favorisant ainsi grandement son engagement scolaire. A l'inverse, plus l'élève perçoit son enseignant moins affable et chaleureux, plus il se perçoit moins compétent et a un faible engagement sur le plan scolaire. Diverses mesures d'intervention pour aider les enseignants à offrir des services professionnels de qualités telles que la formation continue basée sur leur savoir-être verbal et non verbal sont proposées dans le but de favoriser la relation appropriée enseignant-élève.

MOTS-CLEFS: Persévérance scolaire, rendement académique, élèves, relation affable, école primaire.

1 INTRODUCTION: DES REPÈRES THÉORIQUES

La réussite éducative est un préalable essentiel à la pleine participation d'un individu à la société. Cela est d'autant plus vrai que pour les élèves issus du primaire, la réussite éducative représente d'une part un indicateur de persévérance dans les études futures [1] et un indicateur d'intégration et d'adaptation aux valeurs de la société [2]. De nombreuses variables rendent compte de la réussite éducative de l'élève, mais l'une d'entre elles fait l'objet d'une attention plus marquée dans les écrits de recherche: l'engagement scolaire [3]. L'engagement scolaire défini comme étant le degré d'identification à l'école et la satisfaction face au travail scolaire, se révèle être un déterminant crucial de la réussite [4], [5]. Comme on le voit, l'engagement scolaire est une question qui, depuis plusieurs années, préoccupe non seulement les chercheurs mais l'ensemble des intervenants scolaires soucieux d'agir en matière de décrochage scolaire. Ainsi, [6] en est venu à la conclusion qu'un faible engagement scolaire est un important précurseur du décrochage scolaire. Selon des études américaines portant sur l'immigration, le portrait de la réussite éducative des élèves issus de l'immigration est relativement positif; à caractéristiques comparables, ces élèves réussissent mieux que leurs pairs d'implantation plus ancienne. Au secondaire, ce portrait positif des élèves issus de l'immigration est notamment observable quand on regarde les taux nets de décrochage scolaire chez ces élèves qui sont moindres puisque le calcul de ces taux tient compte des élèves qui ont quitté le pays avant l'obtention d'un diplôme [7]. Par ailleurs, à l'école primaire, la situation des élèves issus de l'immigration serait également positive. En effet, selon [8], la majorité des élèves issus de l'immigration qui reçoivent une première cote de soutien à l'apprentissage à l'école primaire parviennent à accéder au secondaire sans retard supplémentaire. Ceci étant, ce portrait positif du cheminement scolaire issu de l'immigration cache d'importantes différences, notamment selon leur statut générationnel. A cet égard, les élèves de 1^{re} génération ont en effet un cheminement scolaire moins favorable à cause du décrochage, que leurs pairs de 2^e génération, qui eux-mêmes réussissent souvent mieux que les élèves de 3^e génération ou plus, souvent en raison de leurs caractéristiques plus positives. Certaines études aux Etats-Unis suggèrent que les enfants issus de l'immigration récente seraient plus motivés dans leurs apprentissages, adopteraient une attitude plus positive envers l'école [9] et ceux qui maintiennent un bon rendement scolaire seraient plus engagés que leurs pairs moins performants [10]. Ces conclusions ne font toutefois pas l'unanimité. Certains auteurs affirment en effet que les élèves issus de l'immigration seraient plus anxieux au plan scolaire et éprouveraient davantage de difficultés [11] et se désengageraient de manière constante dans les années suivant leur migration. Chez les élèves d'implantation plus ancienne, le fait d'avoir des difficultés scolaires, de décrocher et d'accumuler du retard à l'école serait notamment associé au désengagement [10]. A l'inverse, l'assiduité et l'engagement contribueraient à la persévérance et à la diplomation des élèves immigrants [12]. Par ailleurs, tant dans la population générale que chez les immigrants, les filles sont généralement plus motivées en classe, participent davantage et sont plus engagées [2]. Le fait d'avoir une langue maternelle autre que celles reconnues par le pays d'accueil a également une influence [13]. Par contre, il ne s'agit pas d'un facteur de risque à proprement dit dans la mesure où, une fois prises en compte leurs autres caractéristiques, ces élèves sont plus susceptibles d'obtenir un diplôme [12].

Au Québec, l'engagement scolaire est associé au rendement scolaire des élèves [10], [14]. En outre, l'engagement scolaire permet de prédire la poursuite d'études postsecondaires [15]. « La référence [16] fait ressortir que la piètre qualité de l'expérience scolaire est l'un des plus puissants prédicateurs du décrochage scolaire ». « La référence [7] identifie certains facteurs comme ayant un poids plus important dans la prédiction du décrochage scolaire et ces facteurs sont également observables à l'école: des aspirations scolaires peu élevées, des problèmes d'agressivité et d'indiscipline, de l'absentéisme, un faible investissement dans les activités scolaires et parascolaires; le rejet social et le fait de s'associer à des pairs déviants ». Dans son rapport, [17] aborde la notion de risque liée à l'abandon scolaire en différenciant les facteurs de risque en fonction de la période de la vie de l'enfant. Il insiste sur le fait que les risques de décrochage augmentent en fonction du nombre de facteurs de risque cumulés. Ainsi, ce n'est pas tout d'identifier les différents facteurs de risque, il s'agit également de comprendre leur impact dans la vie de l'enfant selon son niveau de développement. Les facteurs identifiés par [17] en tant que déterminants de l'engagement scolaire ou du décrochage scolaire sont: à la naissance (le sexe de l'enfant, le capital culturel, le revenu familial, le niveau de scolarité des parents, le statut socio-économique); la petite enfance (la santé et le bien-être, l'organisation familiale et les habilités cognitives de l'enfant); l'enfance au primaire (habitudes de vie, encouragement des parents, lien école-famille, cohésion familiale, réussite scolaire et activités parascolaires); l'adolescence au secondaire (performance académique, climat de classe et à l'école, travail rémunéré, aspirations professionnelles et scolaires et valorisation des études).

Les facteurs qui sont associés à l'engagement scolaire sont nombreux [12]. Ces facteurs qui relèvent de l'élève, de sa famille ou de l'école peuvent avoir une influence différente sur le parcours scolaire des élèves. De surcroît, dans la littérature consultée notamment aux Etats-Unis et au Canada, la question de l'engagement scolaire est souvent étudiée sous l'angle du décrochage scolaire. Cependant, des écrits scientifiques démontrent un regain d'intérêt pour les interactions personnelles entre les enseignants et les élèves [18]. Il est bien connu que le décrochage scolaire est un phénomène multifactoriel et que les causes

pouvant mener les élèves à renoncer à une éventuelle diplomation ou à une qualification sont multiples. Une d'entre elles est le manque d'engagement scolaire [3]. Plusieurs facteurs influencent l'engagement scolaire des élèves; néanmoins, la relation enseignant-élève a moins été étudiée comme pouvant être un des déterminants principaux de cet engagement. En s'appuyant sur ces constats, on peut supposer que la relation enseignant-élève a un impact plus grand que ce l'on pourrait croire sur l'engagement scolaire. Aussi, plusieurs auteurs soulèvent le peu d'études sur le sujet précis de la relation appropriée enseignant-élève et de l'impact de celle-ci sur l'engagement scolaire. La plupart de ces études sur l'engagement scolaire concernent des variables telles que le rendement scolaire ou les facteurs familiaux [19]. De plus, celles qui tendent à s'intéresser à cette relation se concentrent davantage sur le climat de classe, le climat de l'école et le style pédagogique de l'enseignant [20]. En fait, très peu d'études s'attardent à étudier plus en détails les éléments du processus d'interaction entre l'enseignant et l'élève. De surcroit, même si certains facteurs liés à l'école favorisent l'engagement scolaire, peu d'études ivoiriennes ont démontré un lien explicite entre l'engagement scolaire et la réussite éducative des élèves du cours moyen deuxième année au regard de la relation enseignant-élève. La question qui se dégage est la suivante: quelle influence la perception de la relation appropriée enseignant-élève exerce-t-elle sur l'engagement scolaire des élèves du cours moyen deuxième année ? Comment cette relation peut-elle favoriser leur engagement dans les apprentissages scolaires ? voire favoriser leur réussite éducative ? Cette étude porte sur un aspect plus personnel de cette relation. Elle a pour objectif d'explorer le rôle que joue la relation appropriée enseignant-élève dans l'engagement scolaire des élèves du cours moyen deuxième année. Il est à souligner que seule la perception des élèves est évaluée dans cette étude. L'hypothèse qui se dégage est la suivante: les élèves qui perçoivent plus positivement la relation affable avec leurs enseignants affichent un engagement scolaire plus élevé que ceux qui la perçoivent négativement.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette section a pour but de présenter les éléments retenus pour répondre à la question de recherche et vérifier l'hypothèse émise. La méthodologie privilégiée pour répondre à l'objectif de recherche est de type quantitative. Les données sont tirées d'un questionnaire standardisé répondu par les élèves du cours moyen deuxième année provenant de trois groupes scolaires publiques du District d'Abidjan. En complément à l'approche quantitative, deux questions ouvertes viennent approfondir l'évaluation de certaines notions mises à l'étude afin de mieux répondre à la question de recherche et de vérifier l'hypothèse émise.

2.1 SITE ET PARTICIPANTS À L'ENQUÊTE

L'enquête s'est déroulée sur une période de cinq mois allant du 15 janvier 2020 au 15 juin 2020 dans trois groupes scolaires publiques de la direction régionale Abidjan 3 du District d'Abidjan [21]. Ces groupes scolaires ont en leur sein au moins trois écoles de six classes pour un effectif total de 3660 élèves [21]. La situation géographique de cette direction a permis d'obtenir des sujets enquêtés provenant d'origines familiales, socioéconomiques, ethniques et culturelles différentes. Cette diversité constitue une richesse quant à l'opérationnalisation des résultats attendus de l'étude.

Le choix des répondants a été effectué par un échantillon volontaire. Cette technique consiste à faire appel à des volontaires pour constituer l'échantillon. Il faut choisir un groupe aussi représentatif que possible. La sélection des répondants s'est faite selon leur degré de collaboration à répondre au questionnaire car le but de l'échantillonnage est de fournir une quantité d'informations suffisantes pour évaluer les caractéristiques désirées d'une population avec une certaine précision. Nous avons interrogé 360 répondants choisis au hasard dont 170 filles et 190 garçons. Quant au choix de la classe du cours moyen deuxième année, il est motivé par le fait que cette classe du primaire est une étape importante pour les enfants, c'est-à-dire la sortie de l'école primaire et de l'école obligatoire. Elle traduit aussi, le cheminement scolaire particulier de chaque élève au cours du cycle primaire. Ce qui permet de mieux percevoir la trajectoire scolaire future en termes de validation de bases solides de connaissances, d'attitudes et d'aptitudes scolaires.

2.2 INSTRUMENTS DE COLLECTE DES DONNÉES

Nous avons opté pour une recherche descriptive et quantitative qui vise à mesurer les phénomènes de l'étude et qui nous permet de recueillir et de traiter les différentes données à l'aide d'un questionnaire, ainsi que d'analyser et d'interpréter les résultats obtenus. L'approche quantitative est la méthodologie privilégiée car elle tente de comprendre tous les facteurs de la perception des élèves dans leur relation avec l'enseignant qui influencent leur engagement scolaire autour des questions d'apprentissages scolaires et qui orientent l'analyse effectuée. Les instruments de collecte de données sont constitués d'un questionnaire auto administré d'une durée de 45 minutes comportant deux sections. La première partie du questionnaire standardisé est constituée de la collecte d'informations d'ordre sociodémographiques. Cette partie du questionnaire a été

construit dans le but d'obtenir des données usuelles quant à l'âge, au sexe, au milieu familial, données sur le parcours scolaire (doublant, difficultés d'apprentissages, troubles de comportements et estimation du rendement scolaire « sous la moyenne, dans la moyenne, au-dessus de la moyenne ») et de l'auto-évaluation de l'engagement scolaire (faible, élevé). La deuxième partie du questionnaire est constitué de deux questions ouvertes à court développement où les élèves devraient dépeindre leur perception de la relation affable avec l'enseignant, portant sur les attitudes adoptées par chacun des enseignants à leur égard. Ceci a permis de mieux comprendre les raisons qui font que la relation avec un enseignant est perçue positivement (enseignant le plus chaleureux et compréhensif avec qui les rapports sont les plus aimables et affectueux) ou négativement (enseignant le moins chaleureux et incompréhensif avec lequel les rapports ne sont pas aimables et affectueux). Ces questions supplémentaires ont permis d'une part de bonifier les réponses du questionnaire et d'autre part, de faire ressortir chez les participants, toute la particularité de leurs impressions ou perceptions quant aux relations vécues avec leurs enseignants (le plus chaleureux et le moins chaleureux).

2.3 MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

Les données recueillies ont permis de constituer une base de données permettant ensuite de traiter statistiquement les données saisies par le logiciel Excel. Plusieurs opérations statistiques ont été réalisées: tout d'abord des tris à plat, permettant de calculer des pourcentages, des moyennes et des tendances générales, puis des tris croisés entre différentes variables faisant ressortir des corrélations entre les variables du phénomène étudié, et enfin des opérations statistiques plus complexes permettant de tester la force des corrélations (test du khi deux, t de student, écart type) entre la variable indépendante, soit la perception qu'à l'élève de sa relation avec son l'enseignant et la variable dépendante, soit la perception de l'engagement scolaire.

3 RÉSULTATS

Cette section est consacrée à la présentation des résultats par rapport aux différentes analyses effectuées. Au préalable, Les résultats obtenus à l'analyse de contenu portant sur l'appréciation de la relation affable des enseignants par les élèves sont présentés. Suivent des analyses descriptives portant d'abord sur certaines caractéristiques sociodémographiques et scolaires des élèves, ensuite sur les relations entre variables notamment la perception de la relation affable des enseignants et l'engagement scolaire des élèves, la perception de la relation affable des enseignants et évaluation du rendement scolaire. Les analyses (descriptives et analyse de contenu) des différentes variables mesurées à l'étude sont dans un premier temps illustrées sous forme de tableaux et détaillées au moment de présenter les résultats d'analyses correspondant à l'objectif de l'étude. Ensuite, les résultats des analyses relatives à l'objectif de recherche sont rapportés dans le but de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse avancée. Ces analyses ont permis de bien situer les participants par rapport aux différentes variables mesurées.

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE CONTENU

Tableau 1. Répartition des participants en fonction de l'appréciation de la relation affable des enseignants par les élèves

Genre de l'élève	Masculin Eff. 190	Féminin Eff. 170	t de student	Khi deux
Perception de la relation affable				
Enseignant le plus chaleureux	78,95	88,24	2,603	0,008
Enseignant le moins chaleureux	21,05	11,76	2,505	0,010

L'analyse de ces données indique que les garçons attribuent en moyenne un score de 78,95 à l'appréciation de la relation affable de l'enseignant le plus chaleureux et compréhensif (aimable, affectueux et à l'écoute) alors que les filles allouent en moyenne un score de 88,24. La différence entre ces deux groupes est significative (test $t = 2,603$, $P = 0,008$). L'analyse démontre également une différence entre les garçons et les filles quant à l'appréciation de la relation affable de l'enseignant le moins chaleureux et incompréhensif (n'est pas aimable, affectueux et à l'écoute). L'appréciation de la relation affable moyenne des garçons pour cet enseignant se chiffre à 21,05 et celle des filles à 11,76. Ces moyennes sont donc significativement différentes ($t = 2,505$, $P = 0,010$). Il est pertinent de dire que 21% des garçons qualifient les attitudes de leur enseignant le moins chaleureux de rigides et punitifs à leur endroit contre 12% des filles. A l'inverse, 88% des filles affirment être motivées, encouragées et félicitées par l'enseignant le plus chaleureux comparativement à 79% des garçons qui relèvent cette attitude à leur égard. L'attitude dynamique en classe de l'enseignant et les comportements positifs envers les élèves sont des déterminants qui

mobilisent l'engagement scolaire des élèves. Ces résultats sont cohérents avec notre hypothèse qui postule que les élèves qui perçoivent plus positivement la relation affable de leur enseignant affichent un engagement scolaire plus élevé que ceux qui la perçoivent plus négativement.

3.2 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES DESCRIPTIVES

3.2.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET SCOLAIRES DES PARTICIPANTS

Tableau 2. Répartition des participants selon les données sociodémographiques et scolaires

Genre		
Variables	Effectifs	Pourcentages
Masculin	190	52,78
Féminin	170	47,22
Auto évaluation du rendement scolaire		
Variables	Effectifs	Pourcentages
Sous la moyenne	60	16,67
Dans la moyenne	120	33,33
Au-dessus de la moyenne	180	50,00
Auto évaluation de l'engagement scolaire		
Variables	Effectifs	Pourcentages
Faible	60	16,67
élevé	300	83,33
Reprise de l'année scolaire		
Variables	Effectifs	Pourcentages
Non	285	79,16
Oui	75	20,84

Dans ce tableau 2 sont présentées les données sociodémographiques des participants et des participantes. Presque la moitié des élèves sont des filles 47,22%. On remarque que la moitié des élèves 50% évaluent leur rendement scolaire au-dessus de la moyenne malgré que près du tiers des élèves 20,84% ait eu à reprendre l'année scolaire c'est-à-dire doublant. La majorité des participants affirment avoir un engagement scolaire élevé 83,33% contre 16,67 qui affirment le contraire.

3.2.2 PERCEPTION DE LA RELATION AFFABLE DES ENSEIGNANTS ET ENGAGEMENT SCOLAIRE

Tableau 3. Répartition des participants en fonction de la perception de la relation affable des enseignants et engagement scolaire

Engagement scolaire de l'élève Perception de la relation affable	Elevé	Faible	Khi deux
Enseignant le plus chaleureux	89,73 (323)	10,27 (37)	0,003
Enseignant le moins chaleureux	6,38 (23)	93,6 (337)	0,000

Les résultats indiquent que les élèves ont un engagement scolaire élevé quand ils sont en interaction avec l'enseignant le plus chaleureux et attribuent en moyenne un score de 89,73 à la perception de la relation affable alors que ceux qui disent avoir un engagement faible accordent en moyenne un score de 10,27. La différence entre ces deux groupes d'élèves est significative ($P= 0,003$). Les résultats démontrent qu'il existe une différence entre ces deux groupes d'élèves par rapport à leur perception de la relation affable de l'enseignant le moins chaleureux. On observe chez les élèves qui ont un engagement scolaire élevé avec l'enseignant le moins chaleureux, une perception de la relation affable moyenne de 6,38 alors que ceux qui ont un engagement scolaire faible avec l'enseignant le moins chaleureux, un score de perception de la relation affable de 93,62.

Ces différences sont statistiquement significatives ($P= 0,000$) et révèlent que plus les élèves considèrent leur enseignant affable, plus leur score global d'engagement scolaire est élevé et moins ils ont tendance à être désengagés et décrochés. Certains résultats scolaires des élèves doublants (tableau 2) ou en difficultés d'apprentissage peuvent s'expliquer par ce fait. Ces résultats d'analyses soutiennent notre hypothèse à l'effet que plus les élèves ont une perception de la relation affable élevée, plus ils manifestent de l'engagement sur le plan scolaire.

3.2.3 PERCEPTION DE LA RELATION AFFABLE POUR L'ENSEIGNANT LE PLUS CHALEUREUX ET LES DIFFÉRENCES D'ÉVALUATION DU RENDEMENT SCOLAIRE

Tableau 4. Répartition des participants en fonction de la relation affable de l'enseignant le plus chaleureux selon les différences d'évaluation du rendement scolaire

Evaluation du rendement scolaire	Sous la moyenne	Dans la moyenne	Au-dessus de la moyenne
	Eff. 60	Eff. 120	Eff. 180
Perception de la relation affable pour l'enseignant le plus chaleureux			
Moyenne	16,67	33,33	50,00
Ecart type	08,07	06,95	5,08

Le tableau 4 illustre la distribution des élèves dans chacune des catégories de classement d'évaluation du rendement scolaire et la moyenne des scores qu'ils attribuent à leur perception de la relation affable pour l'enseignant le plus chaleureux. On remarque une différence significative pour les élèves qui évaluent leur rendement scolaire au-dessus de la moyenne et attribuent en moyenne à leur enseignant le plus chaleureux un score de perception de la relation affable de 50,00, comparativement à ceux qui évaluent leur rendement scolaire dans la moyenne et attribuent en moyenne à leur enseignant le plus chaleureux un score de perception de la relation affable à 33,33 contre les élèves qui évaluent plus faiblement leur rendement scolaire et qui attribuent en moyenne à leur enseignant le plus chaleureux un score de perception de la relation affable de 16,67. Ceci explique qu'il n'y a aucune différence en ce qui a trait à l'enseignant le moins chaleureux car les élèves évaluent tous très faiblement la relation affable de cet enseignant. En somme, ces résultats de l'analyse démontrent que les élèves qui évaluent leur rendement scolaire sous la moyenne attribuent en moyenne des scores significativement plus faibles à leur enseignant, lui imputant leurs faibles résultats que ceux qui estiment leur rendement scolaire au-dessus de la moyenne. Ces résultats appuient notre hypothèse.

4 DISCUSSION

Le but de cette recherche était d'explorer le rôle que joue la relation appropriée enseignant-élève dans l'engagement scolaire des élèves du cours moyen deuxième année. Pour ce faire, les différentes analyses effectuées ont produit des résultats intéressants dont plusieurs abordent dans le sens des écrits recensés. En effet, l'appréciation des enseignants par les élèves révèlent que la relation appropriée enseignant-élève est grandement attribuable à l'enseignant qui, en raison de sa position, a le pouvoir et la responsabilité de faire naître cette relation [22]. Ainsi, la relation affable d'un enseignant est principalement caractérisée par les attitudes de ce dernier envers les élèves. Ceci suggère que les interactions positives avec l'enseignant peuvent agir en tant que facteur de prédiction d'un engagement scolaire des élèves. Ces résultats convergent avec ceux de plusieurs études antérieures qui arrivent à des jugements similaires se traduisant par deux dimensions importantes; soit le savoir-faire (le soutien pédagogique) et le savoir-être (le soutien affectif et émotionnel) de l'enseignant [23], [24], [25], [26], [27], [28]. Les données qualitatives de l'étude actuelle indiquent que les caractéristiques qui rendent ou non l'enseignant appréciable varient notamment en fonction du sexe de l'élève. Bien qu'il s'agisse de la perception des élèves, il ressort que les enseignants adoptent des attitudes distinctives à l'égard des élèves qu'ils perçoivent différemment. Ces mêmes constats sont répertoriés largement dans la littérature scientifique [29], [30], [31]. Ces auteurs affirment qu'en dépit de l'amélioration du taux d'achèvement scolaire au primaire, les garçons demeurent toujours moins enclins que les filles à mener à terme leurs études. Afin de mieux comprendre les raisons de ces différences, des comparaisons entre les garçons et les filles au sujet d'éléments pouvant favoriser l'engagement scolaire se révèlent incontournables. Les garçons et les filles se distinguent entre autres dans leurs appréciations des enseignants quant aux attitudes spécifiques de ces derniers, ainsi que dans leur perception de la relation affable générale de l'enseignant. Plusieurs auteurs expliquent que les enseignants ont des attentes moins élevées envers les garçons et les élèves en difficultés scolaires. Car ils les perçoivent d'emblée moins studieux, moins coopératifs et plus dérangeants. Ceux-ci sont évalués selon la typologie de [32] comme étant de type « rejetés » et reçoivent alors des rétroactions plus négatives. Les filles et les élèves qui réussissent mieux sont perçus comme étant des élèves de type «

attachant » et les enseignants démontrent des attentes plus élevées à leur égard. Ces élèves reçoivent davantage de rétroactions positives, car ils sont jugés compétents [29], [31]. Les résultats aux questions ouvertes sur la relation affable de la présente recherche révèlent que les filles affirment en plus grande proportion (88%) que les garçons (79%) être encouragés, motivés, engagés et félicités par l'enseignant le plus chaleureux. A l'inverse, les garçons sont plus nombreux (21%) que les filles (12%) à dénoncer le côté rigide et punitif de leur enseignant le moins chaleureux. Ces résultats concordent avec les études recensées à ce sujet [5], [28], [33], [34], [35] et qui indiquent que, de manière générale, les filles sont plus engagées que les garçons sur le plan scolaire. Ces résultats divergent de celle de [36] qui arrivent à la conclusion que les garçons reçoivent en effet plus de critique, mais également plus d'éloge que les filles.

Il ressort de ce développement que la relation appropriée, c'est-à-dire affable entre l'enseignant et l'élève est un facteur déterminant de la construction de l'engagement scolaire des élèves. Plus, l'enseignant est bienveillant, à l'écoute des élèves, plus il construit une relation chaleureuse et affectueuse avec ces derniers; mieux les élèves se sentent en sécurité, en confiance, compétents et adoptent des attitudes d'estime de soi et de confiance en soi élevé [37]. Ils sont motivés, engagés dans les apprentissages en vue de la réussite scolaire et éducative. Ce constat rejoint notre hypothèse centrale qui révèle que les élèves qui perçoivent plus positivement la relation affable de leurs enseignants affichent un engagement scolaire plus élevé que ceux qui la perçoivent négativement. Les résultats du test de corrélation ont montré qu'il existe une relation proportionnelle entre la perception de la relation affable d'un enseignant et l'engagement aux études des élèves (tableau 3). Plus les élèves considèrent leur enseignant chaleureux, plus ils se révèlent engagés sur le plan scolaire. Ainsi, l'enseignant par son savoir-faire et son savoir-être peut procurer aux élèves le goût de s'engager en démontrant toute l'importance et l'utilité de ce qu'ils apprennent. Ces résultats démontrent toute l'importance du rôle de l'enseignant dans l'engagement scolaire des élèves. A ce sujet, la littérature scientifique témoigne de résultats comparables démontrant les effets bénéfiques des attitudes des enseignants telles que le soutien, les contacts individuels et les encouragements sur l'engagement scolaire [38], [39], [40]. Les études sociocognitives soutiennent que l'engagement scolaire dépend entre autres du milieu dans lequel la personne évolue [37] et peut donc être modulée en fonction des événements vécus en milieu scolaire [41]. Ainsi, lorsqu'un élève perçoit du désintérêt et un manque de soutien de la part d'un enseignant, il aura tendance à être moins engagé. Par ailleurs, [42] affirme même que plus un élève perçoit de la critique, une absence d'attentes élevées et du désintérêt de la part de son enseignant, plus il risque de présenter des problèmes de discipline qui éventuellement nuiront à son engagement scolaire. A l'inverse, les relations positives entre l'enseignant et l'élève favorisent une meilleure participation en classe par respect pour l'enseignant et instaurent un rapport de loyauté menant l'élève à faire de son mieux [43]. Bien qu'un faible rendement scolaire des élèves puisse les décourager et miner leur engagement scolaire, des auteurs avancent que la persévérance scolaire est davantage influencée par les attitudes de leur enseignant que par leur rendement scolaire [19]. De plus, ils démontrent que lorsqu'un enseignant est engagé dans son enseignement, les élèves sont plus réceptifs et intéressés. Cet intérêt amène une plus grande assiduité en classe et une envie de s'impliquer favorisant ainsi grandement la réussite scolaire. Ces conclusions appuient les résultats de chercheurs qui se sont penchés sur cet aspect. L'étude de [44] indique que des rapports chaleureux fréquents de la part de l'enseignant sont associés à une plus forte présence des élèves en classe et au plaisir éprouvé pendant les cours.

Cependant, compte tenu du fait que la relation affable d'un enseignant a une incidence sur l'engagement et la réussite scolaire des élèves, il est judicieux de connaître la perception de cette relation chez les différents groupes d'élèves notamment ceux en difficultés scolaires. Les résultats de l'analyse de variance démontrent que les élèves qui évaluent leur rendement scolaire sous la moyenne attribuent en moyenne des scores significativement plus faibles à leur enseignant que ceux qui estiment leur rendement scolaire au-dessus de la moyenne (tableau 4). Si ces élèves évaluent plus faiblement cette relation, il est possible de croire que l'enseignant adopte des attitudes distinctes en fonction des différents types d'élèves avec lesquelles il interagit. Ainsi, il est probable que les élèves ayant repris des années scolaires, les « doubleurs » puissent être perçus négativement par leurs enseignants, dû aux préjugés défavorables entretenus envers ce type d'élèves. Les enseignants ont possiblement moins d'attentes envers ceux-ci, ce qui appuierait les constats actuels de la littérature à ce sujet [30]; [31]. Par ailleurs, il est tout aussi convenable de penser que les élèves qui éprouvent des difficultés sur le plan scolaire et qui estiment leur rendement sous la moyenne aient tendance à évaluer plus négativement leur enseignant lui imputant leurs faibles résultats. Ces résultats vont dans le même sens de ce qui a été exposé antérieurement à l'effet que les élèves qui reçoivent moins de soutien et d'encouragement de leurs enseignants se perçoivent moins compétents et engagés sur le plan scolaire. En un mot, les attitudes variables des enseignants proviennent des différentes attentes qu'ils ont envers les élèves et mèneraient à des traitements différentiels. De sorte que les enseignants tendent à offrir davantage de soutien scolaire et affectif ainsi que des encouragements aux élèves envers lesquels ils ont des attentes élevées [30]. Ces traitements distincts modifient les perceptions des élèves à la fois envers eux-mêmes, l'école et les enseignants.

5 CONCLUSION

En définitive, cette étude reposant sur une approche qualitative et quantitative a permis de montrer l'existence de différences dans l'appréciation de la relation appropriée enseignants-élèves. Les résultats de l'étude mettent en évidence le rôle prépondérant de l'enseignant dans l'engagement scolaire des élèves, autant par ses aptitudes pédagogiques que par ses attitudes et ses comportements envers les élèves. Essentiellement, les analyses établissent clairement que plus l'élève perçoit son enseignant affable et chaleureux, plus sa perception de compétences scolaires est élevée, favorisant ainsi grandement son engagement scolaire. A l'inverse, un enseignant moins chaleureux se distingue par une indifférence à la réussite scolaire et par ricochet, un engagement scolaire faible chez les élèves. Il importe de considérer certaines limites. Une des limites importantes de cette étude est l'absence du point de vue des enseignants au sujet de la relation affable enseignant-élève. Pourtant, toute relation interpersonnelle implique à minima deux acteurs où chacun contribue à l'enrichir ou à l'amenuiser. La façon dont un individu conçoit son rôle, influence sans contredire ses attitudes. Il serait donc judicieux de consulter les enseignants dans les études portant sur les relations enseignants-élèves. Leur point de vue apporterait un éclairage sur la façon dont ils perçoivent cette relation et sur la part de responsabilité qu'ils s'attribuent dans l'établissement de celle-ci. Comme le démontre [8], certains enseignants estiment difficile d'établir une relation chaleureuse avec le nombre élevé d'élèves. D'autres croient que les élèves n'apprécient pas leurs efforts et finalement, certains considèrent que l'aspect chaleureux ne fait pas nullement partie de leur travail. Ces informations précieuses inciteraient à l'instauration de diverses mesures d'interventions (perfectionnement professionnel) pour aider les enseignants à développer des stratégies dans le but de favoriser la relation enseignant-élève. Vu l'importance des enjeux entourant l'engagement scolaire, l'enseignant doit demeurer professionnellement conscient et soucieux que la qualité des relations qu'il entretient avec les élèves favorise non seulement la réussite des élèves mais peut également augmenter sa propre satisfaction professionnelle.

REFERENCES

- [1] I. Archambault et V. Dupéré, "Joint trajectories of behavioral, affective, and cognitive engagement in elementary school," *The Journal of Educational Research*, Vol. 110, no 2, pp.188-198, 2017.
- [2] H. J. Bang, O. Suarez et O. E. Carola, "Immigrant students' homework: Ecological perspective on facilitators and impediments to task completion," *American Journal of Education*, Vol. 118, no 1, pp.25- 55, 2011.
- [3] P. Potvin, L. Fortin, D. Marcotte, E. Royer et R. Deslandes, *Guide de prévention du décrochage scolaire*. Centre de transfert pour la réussite éducative du Québec, 2004.
- [4] R. Audas et J.D. Willms, *Engagement and dropping out of school: A life-course perspective*. Hull, Canada: Applied Research Branch, Strategic Policy, Human Resources Development Canada, 2001.
- [5] I. Archambault, M. Janosz, J. Morizot et L. Pagan, "Adolescent behavioral, affective, and cognitive engagement in school: Relationship to dropout," *Journal of School Health*, Vol.79, no 9, pp.408-415, 2009.
- [6] A. Lopez, A. Lessard et E. Yergeau, *Les dimensions affective et cognitive de l'engagement scolaire des élèves considérés à risque de décrochage scolaire et de leurs pairs non à risque: une analyse discriminante*. Actes du colloque de la plateforme échange, recherche et intervention sur la scolarité: persévérance et réussite (PERISCOPE) « favoriser l'engagement des élèves, un enjeu de participation collective ». Chicoutimi, Canada: Université du Québec à Chicoutimi, 2018.
- [7] M. Janosz, "L'abandon scolaire chez les adolescents: perspective nord-américaine" *Enjeux*, no 122, pp.105-127, 2000.
- [8] S. A. Meyers, "Do your students care whether you care about them?" *College Teaching*, Vol 57, no 4, pp.205-210, 2009.
- [9] M. M. Chiu, S. L. Pong, I. Mori et B. W. Chow, "Immigrant students' emotional and cognitive engagement at school: A multilevel analysis of students in 41 countries," *Journal of Youth and adolescence*, Vol. 41, no 11, pp.1409-1425, 2012.
- [10] Rumberger, R.W. et S. Rotermund, S., *The Relationship between engagement and high school dropout*. Dans S.L. Christenson, A.L. Reschly et C. Wylie (dir), *Handbook of Research on Student Engagement*, New York, NY: Springer, pp. 491-514, 2012.
- [11] J. Johnson De Feyter et A. Winsler, "The early developmental competencies and school readiness of low income, immigrant children: Influences of generation, race/ ethnicity, and national origins," *Early Childhood Research Quarterly*, no 24, pp.411- 431, 2009.
- [12] I. Archambault, M-C. Brault, M. Mc Andrew, M. Janosz, J. Ledent, V. Dupéré et K. Tardif-Grenier, *Impacts des facteurs psychosociaux, familiaux et des caractéristiques de l'environnement scolaire sur la persévérance des élèves issus de l'immigration en milieu défavorisé*. Rapport soumis à la direction des services aux communautés culturelles du ministère de l'éducation, du loisir et du sport: Montréal, Québec, 2015.

- [13] C. B. Fisher, K. Hoagwood, C. Boyce, T. Duster, D. A. Franck, T. Grisso, R.I. Levine, R. Macklin, M. B. Spencer, R. Takanishi, J. E. Trimble et L. H. Zayas, "Research ethics for mental health science involving ethnic minority children and youths," *American psychologist*, Vol. 57, no 12, pp.1024-1040, 2002.
- [14] D.-F. Chang, W.-C. Chien et W.-C. Chou, Meta-analysis approach to detect the effect of student engagement on academic achievement. Communication présentée à la 11e conférence internationale de Innovative Computing Information and Control. Harbin, Chine, 2016.
- [15] M. Allen et P. Bussière, Qui poursuit des études secondaires, qui les abandonne et pourquoi: Résultats provenant de l'enquête auprès des jeunes en transition. Ottawa, Canada: Statistique Canada, Ressources humaines et Développement des compétences Canada, 2004.
- [16] A. Robertson et P. Collette, "L'abandon scolaire au secondaire: prévention et interventions," *Revue des Sciences de l'Education*, no 343, pp.687 – 707, 2005.
- [17] P. Menard, Fondation Lucie et André Chagnon. Groupe d'étude des conditions de vie et des besoins de la population: McKinsey & Compagnie. Rapport, p.13, Graphique 8, 2009.
- [18] L. Fortin, A. Plante et M-F. Bradley, Recension des écrits sur la relation enseignant-élèves. Chaire de recherche de la commission scolaire de la région de Sherbrooke sur la réussite et la persévérance scolaire, 2011.
- [19] T. Bouffard, C. Vezeau et G. Simard, "Les déterminants motivationnels du rendement d'élèves du primaire selon leur genre et la matière scolaire," *Enfance*, Vol. 58, no 4, pp.395-409, 2006.
- [20] C. Vezeau, R. Chouinard, T. Bouffard, M. Janosz, J. Bergeron et C. Bouthillier, "Estimation de l'effet-école et de l'effet-classe sur la motivation des élèves du secondaire," *Revue des Sciences de l'Education*, Vol. 36, no 2, pp.445-468, 2010.
- [21] Dpes, Direction de la planification, de l'évaluation et de la statistique: les statistiques scolaires, Abidjan. MENETFP, 2019.
- [22] N. Noddings, "The caring relation in teaching," *Oxford Review of Education*, Vol. 38, no 6, pp.771-781, 2012.
- [23] A. Lessard, C. Poulin, C. Boudreau, L. Deslauriers et M. Ouellet, Les alliances éducatives: l'accompagnement comme dispositif pour améliorer le sentiment d'efficacité personnel (SEP) des enseignants et l'engagement des élèves. Actes du 2e colloque international du Laboratoire accrochage scolaire et alliances éducatives (LASALE) « décrocher n'est pas une fatalité ! le rôle de l'école dans l'accrochage scolaire ». Walferdange, Luxembourg: Université du Luxembourg/ Haute école Pédagogique (HEP), pp. 203-218, 2015.
- [24] L. B. Annie, Les liens entre la relation enseignant - élèves et la motivation scolaire des élèves de deuxième cycle du secondaire, Mémoire de maîtrise en service social, Université de Laval, Québec, Canada, 2016.
- [25] S. Nadeau, Favoriser l'engagement scolaire d'élèves du secondaire à risque de décrochage scolaire: des pratiques enseignantes qui font une différence. Actes du colloque de la plateforme échange, recherche et intervention sur la scolarité: persévérance et réussite (PERISCOPE) « favoriser l'engagement des élèves, un enjeu de participation collective ». Chicoutimi, Canada: Université du Québec à Chicoutimi, 2018.
- [26] J. Saint-Armand, S. Girard, M. Hiroux et J. Smith, "Participation in sports-related extracurricular activities: A strategy that enhances school engagement," *McGill Journal of Education*, Vol. 52, no 1, pp.197-206, 2017.
- [27] J.D. Willms et P. Flanagan, "Canadian students: « Tell them from me », " *Education Canada. Réseau Edcan, Association canadienne de l'éducation*, Vol. 47, no 3, pp.46-50, 2010.
- [28] I. Archambault, L. S. Pagani et C. Fitzpatrick, "Transactional associations between classroom engagement and relations with teachers from first through fourth grade," *Learning and instruction*, no 23, pp.1-9, 2013.
- [29] L. Fortin, D. Marcotte, E. Royer et P. Potvin, "Les facteurs discriminants sur les plans personnel, familial et scolaire entre les troubles de comportement intériorisés, extériorisés et concomitants chez les élèves de première secondaire," *Revue des Sciences de l'Education*, Vol. 26, no 1, pp.197-218, 2000.
- [30] D. Trouilloud et P. Sarrazin, "Les connaissances actuelles sur l'effet Pygmalion: Processus, poids et modulateurs," *Revue française de Pédagogie*, Vol. 145, no 1, pp.89-119, 2003.
- [31] R. Viau, "La motivation en contexte scolaire: les résultats de la recherche en quinze questions," *vie pédagogique*, no 115, pp.5-8, 2000.
- [32] M. L. Silberman, "Behavioral expression to teachers' attitudes toward elementary school students," *Journal of educational Psychology*, Vol. 60, no 5, pp. 402-407, 1969.
- [33] L.S. Pagani, C. Fitzpatrick et S. Parent, "Relating kindergarten attention to subsequent developmental pathways of classroom engagement in elementary school," *Journal of Abnormal Child Psychology*, no 40, pp.715-725, 2012.
- [34] Wylie, C. et Hodgen, E., Trajectories and patterns of student engagement Evidence from a longitudinal study. Dans S.L. Christenson, A.L. Reschly et C. Wylie (dir), *Handbook of Research on student Engagement*, New York, NY: Springer, pp.585-600, 2012.
- [35] T.E. Virtanen, M.-K. Lerkkanen, A.-M. Poikkeus et M. Kuorelahti, "Student engagement and school burnout in Finnish lower-secondary schools: Latent profile analysis," *Scandinavian Journal of Educational Research*, Vol. 62, no 4, pp.519-537, 2018.

- [36] D. Sadker, M. Sadker et J. Bauchner, Teacher Reactions to Classroom Responses of Male and Female Students. Paper presented for the American Educational Research Association Annual Meeting, 1984.
- [37] J.D. Willms, S. Friesen et P. Milton, What did you in school today? Transforming Classroom through Social, Academic and Intellectual Engagement – First national report Toronto, Canada: Canadian Education Association. Réseau Edcan, Association canadienne de l'éducation, 2009.
- [38] H. A. Davis, "Conceptualizing the role and influence of student-teacher relationships on children's social and cognitive development," *Educational Psychologist*, Vol.38, no4, pp.207-234, 2003.
- [39] A. Doré-côté, Relation entre le style de communication interpersonnelle de l'enseignant. La relation bienveillante, l'engagement de l'élève et le risque de décrochage scolaire chez les élèves de la 3e secondaire. Thèse de Doctorat inédite, département des Sciences de l'Éducation de l'Université du Québec à Trois-Rivières, 2007.
- [40] C. Côté-Lussier et C. Fitzpatrick, "Feelings of safety at school, socioemotional functioning, and classroom engagement," *Journal of Adolescent Health*, no 58, pp.543-550, 2016.
- [41] T. Bouffard, M. Brodeur et C. Vezeau, Les stratégies de motivation des enseignants et leurs relations avec le profil motivationnel d'élèves du primaire. Université du Québec à Montréal, Recherche financée dans le cadre du programme de recherche sur la persévérance et la réussite scolaire, action concertée FQRSC-MELS, 2005.
- [42] T. B. Murdock, "The social context of risk: Status and motivational predictors of alienation in middle school," *Journal of Educational Psychology*, Vol. 91 no 1, pp.62-75, 1999.
- [43] B. Bernstein-Yamashiro, "Learning relationships: Teacher-student connections, learning, and identity in high school," *New Directions for youth Development*, no 103, pp.55-70, 2004.
- [44] T. A. Benson, A. L. Cohen et W. Buskit, "Rapport: Its relation to student attitudes and behaviors toward teachers and classes," *Teaching of Psychology*, no 32, pp.237-39, 2005.

Mortalité maternelle intra-hospitalière dans la Division Provinciale de la Santé de Lubumbashi: Cas des cliniques universitaires de Lubumbashi, Hôpital Sendwe, Hôpital SNCC, Hôpital Kenya pendant l'année 2019

[Intra-hospital maternal mortality in the Provincial Health Division of Lubumbashi: Case of the University clinics of Lubumbashi, Sendwe Hospital, SNCC Hospital, Kenya Hospital during the year 2019]

Nkakala Kabuiku Aimé¹ and Matili Widobana Daniel²

¹Docteur en Médecine, MPH en Santé Publique, Université Protestante de l'Ubangi, Gemena, RD Congo

²Licencie en Gestion des Institutions de Santé, Institut Supérieur des Techniques Médicales, Gemena, RD Congo

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

ABSTRACT: DR Congo is among the African countries with a maternal mortality ratio and rate above the African average. A maternal death is not an isolated event but rather the culmination of a process. Many indicators make it possible to assess the state of health of a population and maternal mortality (intra-hospital) is that which has been studied in our work.

This study aims to determine the ratio, the proportions and their respective frequencies, by establishing associations with their factors, in each structure (C.U.L., SENDWE, SNCC, KENYA). This is a cross-sectional descriptive study including 9,977 deliveries for 10 maternal deaths during the year 2019 and retained on the basis of the documentary review and supported by a medical audit.

The mean age of the deceased women was 29 years (standard deviation 5.6151). The mean distance was 8 km (E-T 3.3665, KCC 14, 3750, $p = 0.1566$). The RMMIH is 82 deaths per 100,000 NV, with a rate of 0.08. The mean parity was 4.2 (SD 3.1552), with 50% large multiparas (5 and over), and gestity 5.5 (SD 3.5668), with 40% multigests (6 and more). Genital hemorrhages represented 60% of cases ($p = 0.06$, KCC 3.1250). 90% followed ANC, which was the only highly significant association with the causes of maternal deaths. The mean recovery time interval was 8.5 minutes (E-T 3.4400). 90% were referred (KCC 10.00, $p = 0.067$). The staff were 100% qualified.

We believe that the results obtained in this study will make it possible to understand the importance of the organization of services, not only in a hospital structure, but also in a service and especially in a health system, while knowing that the environmental conditions childbirth also influence the outcome of pregnancy.

KEYWORDS: Intra-hospital, maternal, mortality.

RESUME: La RD Congo est parmi les pays africains ayant un ratio et un taux de mortalité maternelle au-dessus de la moyenne africaine. Un décès maternel n'est pas un événement isolé mais plutôt l'aboutissement d'un processus. Bien d'indicateurs permettent d'évaluer l'état de santé d'une population et la mortalité maternelle (intra hospitalière) est celui qui a été étudié dans notre travail.

Cette étude vise à déterminer le ratio, les proportions et leurs fréquences respectives, en établissant les associations avec leurs facteurs, dans chaque structure (C.U.L., SENDWE, SNCC, KENYA). Il s'agit d'une étude descriptive transversale incluant 9977 accouchements pour 10 décès maternels au cours de l'année 2019 et retenus sur base de la revue documentaire et appuyée par un audit médical.

L'âge moyen des femmes décédées était de 29 ans (écart-type 5,6151). La distance moyenne était de 8 Km (E-T 3,3665, KCC 14, 3750, $p=0,1566$). Le RMMIH est de 82 décès pour 100.000 NV, avec un taux de 0,08. La moyenne de la parité était de 4,2 (E-T 3,1552), avec 50 % de grandes multipares (5 et plus), et la gestité 5,5 (E-T 3,5668), avec 40 % de multigestes (6 et plus). Les hémorragies génitales ont représenté 60 % des cas ($p=0,06$, KCC 3,1250). 90% ont suivi les CPN qui ont constitué la seule association hautement significative avec les causes des décès maternels. La moyenne de l'intervalle de temps de prise en charge était de 8,5 minutes (E-T 3,4400). 90% ont été référées (KCC 10,00, $p=0,067$). Le personnel était qualifié à 100%.

Nous pensons que les résultats obtenus dans cette étude, permettront de comprendre l'importance de l'organisation des services, non seulement dans une structure hospitalière, mais aussi dans un service et surtout dans un système de santé, tout en sachant que les conditions environnementales d'accouchement influent aussi sur l'issue de la grossesse.

MOTS-CLEFS: Mortalité, maternelle, intra-hospitalière.

1 INTRODUCTION

Le décès maternel se définit comme le décès d'une femme survenu au cours de la grossesse, au moment de l'accouchement, ou dans les 42 jours après sa terminaison, qu'elles qu'en soient la durée et la localisation, pour une cause quelconque déterminée ou aggravée par la grossesse ou les soins qu'elle a motivés, mais ni accidentelle, ni fortuite (Bullough et Graham,2004).

La mort maternelle est une tragédie (Bohoussou et Coll., 1992), et constitue un triple fléau. Elle est dramatique pour la famille (qui se disloque après le décès de la femme), inacceptable pour le corps médical (puisqu'il existe des moyens obstétricaux pour sauver les mères), et inadmissible pour la société (mourir en donnant la vie). Les techniques obstétricales efficaces permettant de sauver les mères sont pratiquées dans les pays en développement depuis plusieurs années. Malheureusement, elles ne sont disponibles que dans les grands hôpitaux dont l'accès est limité à une frange très faible de la population: les hôpitaux sont situés dans les grands centres urbains, les moyens pour évacuer les femmes à problème sont limités, les routes sont en mauvais état, etc.

Relativement aux services de santé, la connaissance des circonstances entourant le décès maternel en rapport avec la prise en charge, tel que représenté dans le cadre d'analyse suivant (Figure 1), permet d'améliorer les pratiques des soins obstétricaux et d'identifier les priorités d'intervention (meilleure connaissance des causes et des facteurs contributifs, mise en évidence des défauts de qualité des soins et des dysfonctionnements du système).

2 METHODES

2.1 TYPE D'ÉTUDE

Il s'agit dans ce travail d'une étude descriptive transversale selon la stratégie d'enquête CAP (connaissances, attitudes et pratiques) incluant au départ les accouchements ayant eu lieu en 2019 dans toutes ces formations sanitaires et desquels nous avons tirés les cas des décès maternels enregistrés. Une fiche de collecte des données a été conçue pour la circonstance et des questions préétablies en français pourront servir d'outils de collecte des suppléments d'informations qui porteront sur les connaissances, les attitudes et les pratiques des personnels soignants, ainsi que les femmes enceintes en rapport avec les décès maternels. Ces questions seront posées de manière très spontanée pour les cas qui demanderont des informations supplémentaires afin d'éviter des erreurs qui conduisent dans ce contexte aux biais de mesure ou d'informations. (Nsiala, 2007).

2.2 ECHANTILLONNAGE

Nous nous sommes basés sur les données recueillies et étalées sur les douze mois de l'année 2019 pour un nombre de décès spécifique à chaque formation. Les fiches, les registres d'accouchement et les fiches d'audit des décès ont constitué la principale source des données. Leur dépouillement était manuellement réalisé avec des rubriques relatives aux renseignements généraux, aux antécédents obstétricaux, à la distance séparant leur domicile à la structure des soins, au type d'accouchement s'il avait eu lieu, aux causes du décès (directes ou indirectes), ainsi qu'aux déterminants liés au troisième retard.

2.3 VARIABLES ÉTUDIÉES

2.3.1 LES ÉLÉMENTS DE L'IDENTITÉ

Les sites d'enquêtes et l'âge du sujet ont été les 2 variables sur lesquelles nous nous sommes attardés pour identifier nos cas.

2.3.2 LE TROISIÈME RETARD

Le troisième retard étant l'un des plus grands facteurs favorisant de la mortalité maternelle, a fait l'objet d'une analyse statistique sur base des éléments suivants: équipement adéquat, dialogue entre prestataire et utilisatrice des soins, bonne capacité du personnel technique, disponibilité des médicaments, présence du personnel au désir d'une femme enceinte, incitation financière auprès des concernées.

2.3.3 L'ACCESSIBILITÉ

L'accessibilité a été analysée relativement à la distance séparant le lieu d'habitation de la concernée et la structure hospitalière qui l'a reçue.

2.3.4 LE TYPE D'ACCOUCHEMENT

Cette variable a été analysée sur le fait de connaître la distribution des femmes décédées selon qu'il s'agissait d'un accouchement dystocique ou eutocique.

2.3.5 LES CAUSES DE DÉCÈS

De manière générale, les causes de décès maternels sont multiples et les catégories retenues étaient les suivantes: rupture utérine, hémorragie génitale, éclampsie, septicémie puerpérale, et une regroupant les causes indirectes.

2.3.6 LES CONSULTATIONS PRÉNATALES

Cette variable a été retenue pour savoir si le contenu des consultations prénatales permet de discriminer les femmes présentant un risque plus élevé de celles ayant un risque faible (Kodio,2002) et définir le nombre de femmes décédées ayant tout de même suivi les C.P.N.

2.3.7 LA RÉFÉRENCE

Avec la « provenance à domicile », la « référence » constitue également une catégorie dans le mode d'admission de la gestante ou de la parturiente dans la structure sanitaire.

2.3.8 LE TEMPS

Les éléments pris en considération sont l'heure d'arrivée de la parturiente ou de la gestante et l'heure du début de sa prise en charge.

2.3.9 LA PARITÉ

La multiparité étant un facteur contributif très important dans la mortalité maternelle, cette variable a été étudiée pour savoir s'il y avait un impact sur la mortalité maternelle dans notre étude.

2.3.10 LA GESTITÉ

Le nombre de grossesse allant de pair avec la parité, la variable a été étudiée pour en connaître l'association avec la mortalité maternelle dans notre étude. La description de l'échantillon a été faite grâce aux statistiques descriptives usuelles permettant de rechercher le ratio, les proportions, le p, ainsi que l'Intervalle de confiance.

Cette analyse de précision a relevé le ratio par structure sanitaire d'abord et standardisé ensuite, desquels ont découlé les différentes proportions à comparer et ressortissant du ratio par structure sur le ratio standardisé. Pour un seuil de signification de 5%, nous attendons une différence de proportion incluse entre 10 et 20% entre structure sanitaire. L'interprétation statistique nous a mené à rechercher si le p est significatif (<0.05), ou non significatif (>0.05).

2.4 ANALYSE UNIVARIEES

2.4.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

2.4.1.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES

L'âge moyen de toutes les femmes décédées était de 29 ans avec un écart-type 5,9151. Le minimum était de 22 ans et le maximum était de 39 ans (figure 1), avec un pourcentage élevé de celles ayant 22 (20%), 26 (20%) et 30 ans (20%).

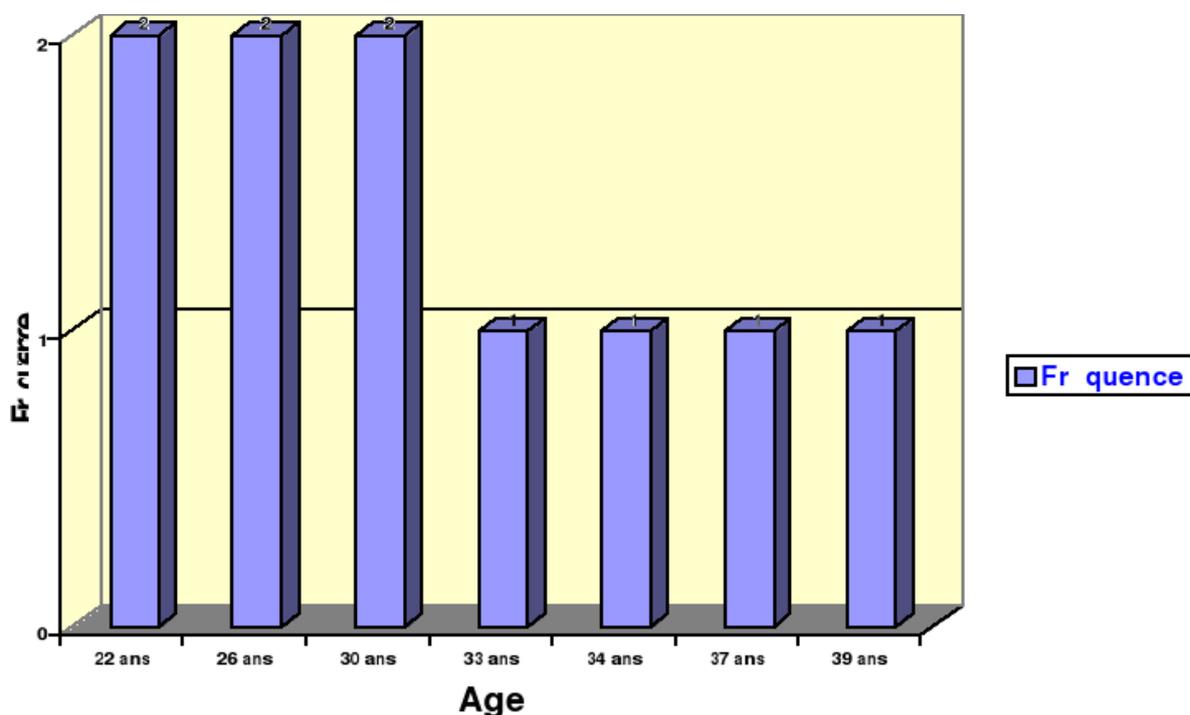


Fig. 1. Distribution de l'âge selon la fréquence

La distribution des femmes décédées selon la distance s'est faite de la manière suivante (Tableaux I et II.) avec une moyenne de 8 Km et un écart-type de 3,3665.

Tableau 1. Distribution des femmes décédées selon la distance (en Km)

DISTANCE en Km	CUL	KENYA	SENDWE	TOTAL	%	Intervalle de Confiance à 95%
5	0	0	3	3	30	6,7 - 65,2
6	0	0	2	2	20	2,5 - 55,6
8	0	0	1	1	10	0,3 - 44,5
9	0	1	1	2	20	2,5 - 55,6
12	1	0	0	1	10	0,3 - 44,5
15	0	0	1	1	10	0,3 - 44,5
TOTAL	1	1	8	10	100	

Par rapport aux structures proprement dites, la fréquence estimée des nombres des cas relativement à la distance spécifique est représentée dans le tableau ci-dessous:

Tableau 2. Distribution et proportions des femmes décédées selon la distance - Km et par structure

STRUCTURE	NOMBRE DE CAS	DISTANCE en Km	POURCENTAGE
SENDWE	3 cas	5	37,50
	2 cas	6	25,00
	1 cas	8	12,50
	1 cas	9	12,50
	1 cas	15	12,50
CUL	1 cas	12	100
KENYA	1 cas	9	100

Dans cette analyse, le Khi carré calculé est de 14, 3750, le degré de liberté de 10 et avec une probabilité (p) qui équivaut à 0,1566, ce qui est largement supérieur au seuil de signification retenu de 5% (0,05).

2.4.1.2 CARACTÉRISTIQUES DES DÉCÈS

2.4.1.2.1 HÔPITAL SENDWE

- Nombre d'accouchements: 5736
- Nombre d'enfants mort-nés: 169
- Nombre de décès maternels: 08
- Nombre de dystocie: 574

Naissances vivantes = Nombre d'accouchements - Nombre d'enfants mort-nés
 = 5736 - 169 = 5567 Naissances Vivantes (NV).

$$\text{Ratio} = \frac{\text{nombre de cas de d c s maternels}}{\text{nombre de naissances vivantes}} \times 100.000$$

$$= \frac{8}{5567} \times 100.000 = 144 \text{ d c s pour } 100.000 \text{ NV}$$

$$\text{Proportion} = \frac{8}{5736} \times 100 = 0,1$$

$$\text{Taux de létalité} = \frac{8 \text{ d c s}}{574} = 0,01$$

2.4.1.2.2 CLINIQUES UNIVERSITAIRES DE LUBUMBASHI

- Nombre d'accouchements: 1938
- Nombre d'enfants mort-nés: 29
- Nombre de décès maternels: 01
- Nombre de dystocie: 193
- Nombre de naissances vivantes: 1909

Ratio de mortalité maternelle intra hospitalière: 52 décès pour 100.000 NV

Proportion: 0,0516

Taux de létalité: 1 cas / 193 = 0,005

2.4.1.2.3 HÔPITAL GÉNÉRAL DE RÉFÉRENCE DE LA KENYA

- Nombre d'accouchements: 1908
- Nombre d'enfants mort-nés: 26
- Nombre de décès maternels: 01
- Nombre de dystocie: 190
- Nombre de naissances vivantes: 1882

Ratio de mortalité maternelle intra hospitalière: 53 décès pour 100.000 NV

Proportion: 0,052

Taux de létalité: 1 cas / 190 = 0,005

2.4.1.2.4 HÔPITAL GÉNÉRAL DE RÉFÉRENCE DE LA SNCC

- Nombre d'accouchements: 395
- Nombre d'enfants mort-nés: 07
- Nombre de décès maternels: 00
- Nombre de dystocie: 40
- Nombre de naissances vivantes: 388
- Ratio de mortalité intra hospitalière: 00
- Proportion: 00
- Taux de létalité: 00

2.4.1.2.5 RÉSULTATS DES DONNÉES STANDARDISÉES

Pour un total de 9977 accouchements enregistrés en 2007 dans l'ensemble de ces quatre structures hospitalières, 231 enfants mort-nés ont été enregistrés, 9746 naissances vivantes, 10 cas de décès maternels, pour un ratio de mortalité maternelle intra hospitalière de 82 décès pour 100.000 naissances vivantes, et une proportion de 0.08. Le taux de létalité obtenu de ces structures dans l'ensemble est de 0,01 (1 %).

La population de Sendwe étant plus élevée, nous avons trouvé le nombre de létalité standard équivalant à 80 décès pour 100.000 NV. Les résultats des trois autres institutions réunies ont donné 20 décès pour 100.000 NV. Le nombre de décès attendus trouvé à Sendwe est de 6,4 et dans les autres structures de 0,4. Le rapport standard de mortalité obtenu est de 1,25 et dans les autres structures de 5. Ceci prouve qu'il y a beaucoup plus de cas de décès dans les autres structures qu'à Sendwe. De toutes les femmes décédées (10) et par rapport au moment du décès, 1 est décédée avant l'accouchement soit 10 %, et 9 sont décédées après l'accouchement soit 90 %.

2.4.1.3 CARACTÉRISTIQUES OBSTÉTRICALES

2.4.1.3.1 CAUSES DES DÉCÈS MATERNELS

- Les hémorragies génitales ont représenté 60 % des causes avec un intervalle de confiance à 95 % allant de [26,2 à 87,8 %];
- Les autres causes ont représenté 30 % avec intervalle de confiance à 95 % allant de [6,7 à 65,2 %];
- La septicémie puerpérale a représenté 10 % avec un intervalle de confiance à 95 % allant de [0,3 à 44,5 %].

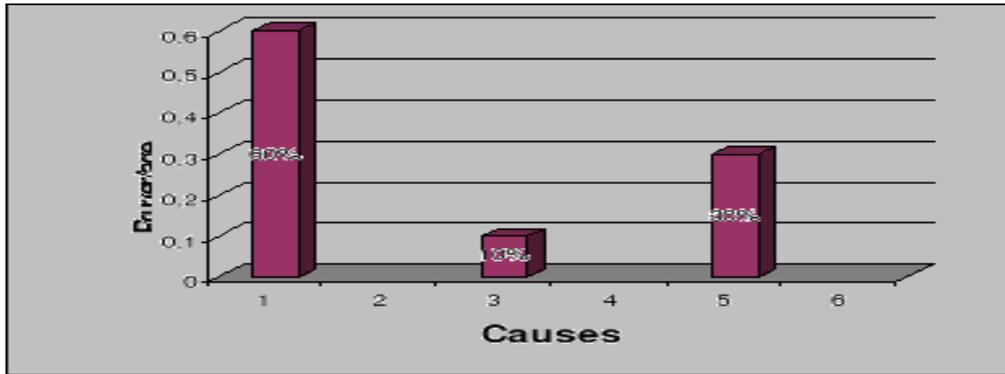


Fig. 2. Proportions des décès maternels par causes

Colonne: proportion des décès maternels par cause: hémorragies, septicémie, autres causes

Le tableau ci-dessous illustre la distribution des décès maternels par cause et par structure, avec un Khi carré calculé de 3,1250, une probabilité de 0,5371 et un degré de liberté équivalant à 4.

Tableau 3. Distribution des cas des décès par cause et par structure

Année	Structure	Cause des décès			Décès mat.
		Hém.génit.	Infect.puerp.	Autres	
2019	SENDWE	5	1	2	8
	CUL	1	0	0	1
	SNCC	0	0	0	0
	KENYA	0	0	1	1
	Total	6	1	3	10

2.4.1.3.2 CONSULTATIONS PRÉNATALES (CPN)

1 femme décédée, soit 10 %, n'a pas suivi les CPN, avec IC à 95 %, de [0,3 % à 44,5 %], et 9 autres, soit 90 % ont suivi les CPN, avec un IC à 95 %, de [55,4 % à 99,7 %].

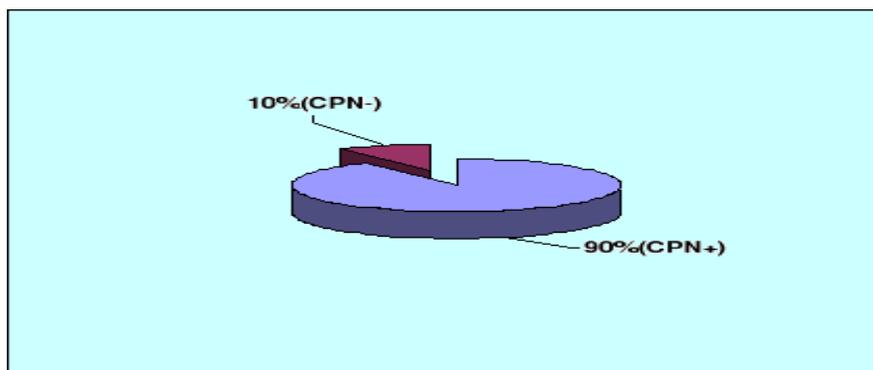


Fig. 3. Distribution des femmes décédées selon les CPN

La distribution par structure a montré qu'à l'hôpital Sendwe, 100 % des femmes décédées ont suivi les CPN, aux Cliniques universitaires 100 % de ces femmes ont également suivi les CPN, et enfin à l'hôpital de la Kenya, 100 % des femmes décédées, n'ont pas suivi les CPN. Le Khi carré calculé était de 10,0000, le degré de liberté de 2 et la probabilité de 0,0067.

Tableau 4. Distribution des cas de CPN par structure

Consultation Prénatale	CUL	KENYA	SENDWE	TOTAL
Oui	1	0	8	9
Non	0	1	0	1
Total	1	1	8	10

Parmi les femmes décédées n'ayant pas suivi les CPN, 1 femme, soit 100 %, est décédée de cause non identifiée, par contre, parmi celles ayant suivi les CPN, 2 soit 22,2 % sont décédées de causes non identifiées, 6 soit 66,7 % sont décédées d'hémorragie génitale, et 1 soit 11,1 % est décédée de septicémie perpuérale.

De toutes les femmes décédées de causes non identifiées, 1 soit 33,3 % n'a pas suivi les CPN et 2 soit 66,7 % ont suivi les CPN; Par rapport aux hémorragies génitales, 6 soit 100 % ont suivi les CPN, et en rapport avec les septicémies puerpérales, 1 soit 100 % ont suivi les CPN.

Le Khi carré calculé était de 2,5926, le degré de liberté 2, et la probabilité de 0,2735.

Tableau 5. Proportions des femmes décédées selon les CPN et les causes

Consultation Prénatale	Autres causes	Hémorragie génitale	Septicémie puerpérale
Consultation Prénatale +	2 (66,7 %)	6 (100 %)	1 (100 %)
Consultation Prénatale -	1 (33,3 %)	0	0
Total	3 (100 %)	6 (100 %)	1 (100 %)

2.4.1.4 CARACTÉRISTIQUES TEMPORAIRES

Le tableau ci-dessous illustre la distribution des cas de décès maternels selon l'intervalle de temps de prise en charge par structure.

Tableau 6. Distribution des décès selon l'intervalle de temps de prise en charge par structure

Temps en minute	CUL	Kenya	Sendwe	Total
5	0	0	3	3
6	0	0	1	1
7	1	0	0	1
10	0	1	2	3
12	0	0	1	1
15	0	0	1	1
TOTAL	1	1	8	10

Le Khi carré calculé était de 12, 5000, le degré de liberté de 10, et la probabilité de 0,2530.

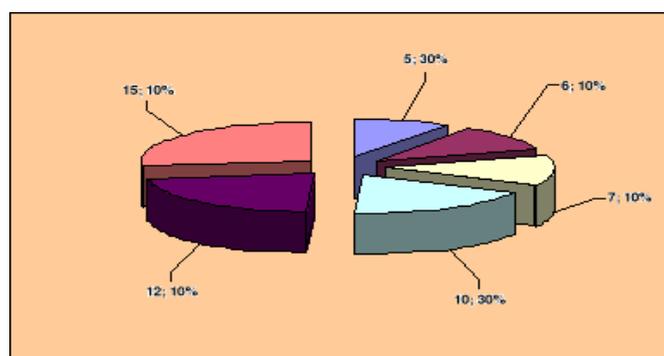
Les proportions des décès selon l'intervalle de temps de prise en charge par structure ainsi que la distribution en pourcentage pour l'ensemble des décès selon l'intervalle de temps de prise en charge sont illustrés dans le tableau et la figure ci-après:

Tableau 7. Proportions des décès selon le temps de prise en charge par structure

TEMPS min	CUL %	KENYA %	SENDWE %	TOTAL %
5	0	0	100	100
6	0	0	100	100
7	100	0	0	100
10	0,00	33,30	67	100
12	0	0	100	100
15	0	0	100	100

La moyenne de temps de prise en charge était de 8,5 minutes, avec un écart type de 3,4400.

Prises dans l'ensemble, les proportions des décès selon l'intervalle de temps de prise en charge, ont été les suivantes:

**Fig. 4. Distribution pour l'ensemble des décès selon l'intervalle de temps de prise en charge**

2.4.1.5 REFERENCES

Le tableau ci-dessous relève les différentes références ou non des femmes avant leur décès ainsi que leurs proportions respectives.

Tableau 8. Cas de références et proportions par structure

Référence	CUL	KENYA	SENDWE	SNCC	TOTAL
NON	0	1 (100 %)	0	0	1
OUI	1 (100 %)	0	8 (100 %)	0	9
TOTAL	1 (100%)	1 (100%)	8 (100%)	0	10

Par rapport à la taille de l'échantillon, 1 cas n'a pas été référé, soit 10 %, avec un intervalle de 0,3% à 44,5%, et 9 cas ont été référés, soit 90 %, avec un intervalle de 55,5% à 99,7%. Relativement aux cas non référés, le seul cas de l'hôpital de la Kenya a représenté 100 %; Les cas référés, 100 %, ont été répartis comme suit: Cliniques Universitaires, 1 cas soit 11,1 %, et L'hôpital Sendwe, 8 cas, ont représenté 88,9 %.

Le Khi carré calculé est de 10,000 et la probabilité de 0,0067.

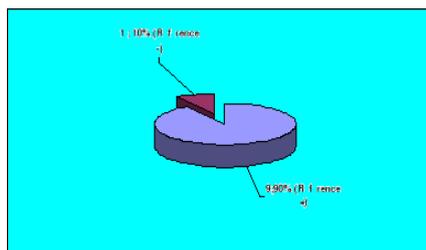


Fig. 5. Distribution des cas référés et non référés

2.4.1.6 COMPÉTENCE DU PERSONNEL SOIGNANT

2.4.1.6.1 CLINIQUES UNIVERSITAIRES DE LUBUMBASHI

Le seul cas de décès maternel enregistré dans cette structure a été reçu et pris en charge par un personnel qualifié qui a représenté une proportion de 100 %.

2.4.1.6.2 HÔPITAL GÉNÉRAL DE RÉFÉRENCE DE LA KENYA

Le seul cas de décès maternel enregistré dans cette structure a été reçu et pris en charge par un personnel qualifié qui a représenté une proportion de 100 %.

2.4.1.6.3 HÔPITAL PROVINCIAL DE RÉFÉRENCE JASON SENDWE

Les huit cas de décès maternel enregistrés dans cette structure ont été reçus et pris en charge par un personnel qualifié qui a représenté une proportion de 100 %.

2.4.1.6.4 QUALIFICATION DU PERSONNEL STANDARDISÉE

Les 10 cas de décès maternel enregistrés dans l'ensemble de ces structures ont représenté 100 %, et répartis comme suit:

- Cliniques Universitaires de Lubumbashi: 12,13 %
- Hôpital Général de Référence de la Kenya: 12,13 %
- Hôpital Provincial de Référence Jason Sendwe: 75,73 %

2.4.1.7 PARITÉ

Toutes les femmes décédées avaient un antécédent de parité; la moyenne était de 4,2, un écart-type de 3,1552, un minimum de 1 et un maximum de 11. La distribution de ces dernières est illustrée dans le tableau ci-après:

Tableau 9. Distribution des femmes décédées selon la parité

Parité	Fréquence	Proportion %	IC à 95 %
1	3	30	6,7 - 65,2
2	1	10	0,3 - 44,5
4	1	10	0,3 - 44,5
5	2	20	2,5 - 55,6
6	2	20	2,5 - 55,6
11	1	10	0,3 - 44,5
Total	10	100	0

2.4.1.8 GESTITÉ

Toutes les femmes décédées avaient un antécédent relatif à la gestité; la moyenne était de 5,5, un écart-type de 3,5668, un minimum de 2 et un maximum de 12. La distribution de ces dernières est illustrée dans le tableau ci-après:

Tableau 10. Distribution des femmes décédées selon la gestité

Gestité	Fréquence	Proportion %	IC à 95 %
2	2	20	2,5 - 55,6
3	2	20	2,5 - 55,6
4	1	10	0,3 - 44,5
5	1	10	0,3 - 44,5
6	1	10	0,3 - 44,5
7	1	10	0,3 - 44,5
11	1	10	0,3 - 44,5
12	1	10	0,3 - 44,5
Total	10	100	0

3 DISCUSSION

La présente étude a été basée essentiellement sur les données hospitalières collectées qui nous ont permis d'avoir une appréciation assez valide de l'ampleur du problème de la mortalité maternelle et du niveau de qualité du système de prise en charge. Elle a porté d'abord sur la recherche du RMMIH qui a présenté des limites parce qu'elle n'a pas pris en compte les décès maternels survenus après la sortie de l'hôpital jusqu'à une période de 42 jours des suites de couches comme le recommande la définition de L'OMS, et ensuite sur la détermination des proportions et des fréquences de la mortalité maternelle intra-hospitalière à l'hôpital provincial de référence Jason Sendwe, aux Cliniques universitaires de Lubumbashi, à l'hôpital de la SNCC, et à l'hôpital général de référence de la Kenya, pour l'année 2019.

Bien que dans notre étude l'âge n'ait pas influencé sur le décès maternel comme il l'a été observé à Conakry (Diallo,1998) et au Malawi (Lema,2005), toutes les femmes qui ont constitué notre échantillon avaient un âge compris entre 15 et 49 ans (Philibert et Coll., 2006) et l'âge moyen était de 29 ans, ce qui a avoisiné l'âge moyen de 31,2 ans obtenu en Tunisie (Mahbouli et coll.,2003) et de 33,7 ans pour la période 2000-2002 obtenu en France (Philibert et Coll,2006). Cette moyenne d'âge retrouvée dans toutes ces études justifie les définitions selon lesquelles la tranche incriminée est celle de 15 à 49 ans.

Sur les 9977 accouchements enregistrés en 2019, et pour 9746 naissances vivantes et 10 décès maternels, le ratio de mortalité maternelle intra-hospitalière est de 82 décès pour 100.000 NV et un taux de 8 %, avec un IC à 95 %. Ces chiffres sont de très loin inférieurs au résultat de 284 décès pour 100.000 naissances vivantes à SENDWE/LUBUMBASHI (Mbay,2007), et ne reflète pas le ratio de mortalité maternelle retrouvé dans beaucoup de pays en voie de développement tel qu'observé dans plusieurs études et avec des méthodes différentes (De Brouwere,2001.; OMS,1997), aussi ne sont pas proches, premièrement, des résultats de l'étude épidémiologique menée à Abidjan, en 1988 ayant donné un taux d'incidence annuelle de la mortalité maternelle de 224,34 décès pour 100.000 NV (Bohoussou et Coll.,1998), deuxièmement, des résultats obtenus (étude de 10 ans) pour un premier temps, d'un ratio de mortalité maternelle intra-hospitalière resté stationnaire et évoluant de 1516 décès pour 100.000 NV en 1994 à 1044 en 2003 avec un pic de 1763 en 1995, donnant un ratio moyen de 1223 pour 100.000 NV, et pour un deuxième temps, et de manière spécifique pour le fait que l'étude ait été menée dans quatre maternités différentes et sur une période d'une année comme la nôtre, sur un total de 1247 décès maternels enregistrés sur 14.216 naissances vivantes, pour un RMMIH de 1735 décès pour 100.000 NV (Saizonou et coll.,2006).

La comparaison de ce chiffre avec les résultats de Mbay (2007) montre que la différence est significative et que cela pourrait être dû soit à une amélioration de la qualité des services (surestimation), soit encore à un mauvais rapportage des cas de décès (sous-estimation). Nous pensons tout de même que, bien qu'ayant obtenu ce taux acceptable de 1%, le district sanitaire de Lubumbashi, voire même les pays ou les structures sanitaires dans lesquels il est observé, devrait s'efforcer de le réduire encore.

Les études menées au Maroc ont observé que 42,6% des femmes décédées ont résidé dans un rayon de 6 à 9 Km par rapport à un établissement de santé (Anonyme, 2002), chiffres largement inférieurs aux 50 % obtenus dans notre étude et ayant résidé dans le même rayon, et 30 % dans un rayon de 5 Km. Aussi est-il important de souligner que ces chiffres obtenus

seraient beaucoup plus significatifs en milieu rural, d'autant plus que le district sanitaire de Lubumbashi est entièrement urbain et que normalement, les moyens de transport devraient permettre l'arrivée à temps de ces femmes. Nous pensons que le retard dans la prise des décisions ainsi que dans le transfert sont beaucoup plus incriminés dans ce cas.

Notre étude a montré que les 10 cas de décès enregistrés ont été reçus et pris en charge par un personnel qualifié (100%), donnée qui corrobore avec celle menée en Afrique subsaharienne, qui a montré que la présence d'un personnel qualifié lors de l'accouchement dans les pays en voie de développement, a augmenté entre 1990 et 2000, passant de 42 % à 52 %, ce qui laisserait entrevoir une diminution possible de la mortalité maternelle. Les conclusions font apparaître des progrès plus importants en Asie du Sud-Est et en Afrique du Nord et moins importants en Afrique subsaharienne, où les taux sont passés de 40 % en 1990 à 43 % en 2000 en Indonésie (OMS, 2008), de 36% en 1987 à 56% en 1999 et au Maroc, de 24% en 1984 à 40% en 1995 (Abouzahr et Wardlaw 2001).

L'intervalle de temps entre l'arrivée de la parturiente et le début de sa prise en charge a donné un minimum de 5 minutes et un maximum de 15 minutes, avec une moyenne de 8,5 minutes. L'idéal serait une prise en charge complète et immédiate, et cette variable fait partie intégrante de la qualité des soins.

Les résultats des différentes associations faites par rapport à la valeur du p ont montré que celle des causes de décès et l'intervalle de temps entre l'arrivée et le début de la prise en charge de la parturiente a donné un p égal à 0,7586, celle des décès et la référence des femmes enceintes a donné un p de 0,2735, et celle des décès et des CPN a donné un p de 0,6250. Il est par conséquent difficile de donner une conclusion à ces différentes associations du fait que toutes ces valeurs sont supérieures à 0,05. Rien ne permet d'affirmer que les paramètres ou les distributions comparées sont différentes. Ces associations sont non significatives. Par contre l'association des CPN et des causes des décès maternels nous a montré qu'elle était hautement significative.

En conclusion, comme dans tous les pays en voie de développement, la RD Congo et plus spécifiquement la province du Katanga, dans le district sanitaire de Lubumbashi, la mortalité maternelle demeure un problème de santé publique.

Elle est un problème à multiples facettes qui a des racines psychologiques et culturelles. Il n'y a aucune solution simple ou unique au problème; les soins de santé des femmes doivent plutôt être adressés aux niveaux multiples et dans les divers secteurs de la société afin de développer des projets et des programmes efficaces.

Devant l'inefficacité des stratégies, et les difficultés rencontrées dans leur mise en œuvre, le problème de la mortalité maternelle, par sa complexité, doit répondre à une approche multidisciplinaire. En termes d'évaluation, le niveau de la mortalité maternelle est un indicateur suffisant pour mesurer les performances de l'ensemble du système de santé.

L'étude menée dans les quatre structures sanitaires à savoir L'Hôpital Provincial de Référence Jason Sendwe, les Cliniques Universitaires de Lubumbashi, L'Hôpital de La SNCC, et l'Hôpital Général de Référence de La Kenya, qui du reste sont considérées parmi les plus grandes en matière de qualité des soins et autres aspects, montre à suffisance que bien d'efforts devraient encore être fournis pour lutter contre ce grand problème.

Certes, pour ne prendre en compte que les résultats relatifs au ratio de mortalité maternelle intra hospitalière, les chiffres obtenus laisseraient penser que le problème n'est pas important, alors que, comme le dit la littérature et au regard de toutes les études qui sont régulièrement menées, un seul cas de décès maternel suffirait pour se rendre compte de la gravité du problème.

Encore faudrait-il, dans toute analyse ou étude d'un problème de ce genre, surtout en matière des chiffres, se poser la question de savoir si, tant dans les hôpitaux que dans les centres de santé, le rapportage est correctement réalisé, d'autant plus que la mortalité maternelle est un indicateur difficilement mesurable faute de bon rapportage; en matière des soins, en particulier les soins obstétricaux d'urgence, se rendre compte de leur qualité, d'autant plus que la clé du succès repose en elle; savoir si les services sont disponibles, acceptables, accessibles, efficaces et efficients et si le personnel de santé, bien qu'étant qualifié, répond à la notion de compétence, à laquelle doivent être associées celles de motivation ainsi que de logistique, car à ce jour, un certain nombre de pays ont donné priorité à l'amélioration de l'accès aux soins obstétricaux d'urgence et à l'élévation de leur qualité.

Nous pensons donc qu'au regard de cette situation alarmante et désastreuse, le district sanitaire de Lubumbashi devrait, tant soit peu, réfléchir à ce sujet pour pouvoir trouver des solutions appropriées pour éviter ce grand problème, d'autant plus qu'une femme ne devrait pas mourir en voulant donner la vie.

L'amélioration de la santé maternelle consistant en la réduction de la mortalité maternelle de 75 % d'ici 2015 et étant le 5^{ème} objectif parmi les objectifs du millénaire pour le développement, serait réalisable en tenant compte des recommandations que nous proposons à ce sujet, tant au niveau central, intermédiaire, qu'opérationnel:

- Lutter contre l'insuffisance d'engagement national et insuffisance d'appui financier;
- Lutter contre la faible coordination des partenaires dans le domaine de Santé de la Reproduction;
- Lutter contre la participation inadéquate de l'homme, associée au statut bas de la femme dotée d'un faible pouvoir de prise de décision;
- Lutter contre la pauvreté grandissante, en particulier parmi les femmes;
- Lutter contre le manque d'accessibilité, de disponibilité et d'utilisation des soins de qualité pendant la grossesse, l'accouchement et le Post-partum immédiat;
- Lutter contre le faible développement et gestion des ressources humaines au niveau national, y compris la fuite perpétuelle des cerveaux du personnel qualifié à l'extérieur de la R.D.Congo, et du secteur public au secteur privé;
- Lutter contre la faible implication des Communautés dans les activités de Santé de la Reproduction;
- Sensibiliser les femmes sur les moyens contraceptifs efficaces pour éviter des grossesses non désirées ou à très haut risque;
- Sensibiliser sur la nécessité des consultations prénatales par un personnel qualifié et compétent qui semble être un moyen de réduire les risques de la maternité.
- Améliorer les ressources humaines en organisant des stages pratiques de formation aux soins obstétricaux au niveau de la communauté et, pour le personnel déjà qualifié, des activités de formation/recyclage.
- Renforcer les compétences en obstétrique des personnels concernés - sages-femmes, infirmières et médecins - et développer les compétences de tous les agents de santé en matière de conseil.

REFERENCES

- [1] Abouzahr C., Wardlaw T. (2001) La mortalité maternelle à la fin d'une décennie: des signes de progrès ? Dans: Bulletin de l'OMS, Recueil d'articles N°5,2001.
- [2] AEMS-ASBL (2006) Situation de la Santé Maternelle et Néonatale en République Démocratique du Congo. Dans: Kinabalu.
- [3] Anonyme (2002) Study on the causes and circumstances of intra-hospital maternal deaths in the Marrakech-Tensift-Al Haouz, POPLINE n°177514. In: Direction de la planification et des ressources financiers, 2002,98 p.
- [4] Anonyme (2008) Rapport du comité national d'experts sur la mortalité maternelle, 1995-2001. www.google.com,01.06.2008.
- [5] Betran A.P. (2001) Problèmes méthodologiques liés à la mesure de la mortalité et de la morbidité maternelle. Dans: Reproductive Health and Research, WHO, 2001.
- [6] Bohoussou MK., Djanhan Y., Bonnie S., Kone N., Wellfens Etch, Tours CK. (1998) La mortalité maternelle à Abidjan en 1998.
- [7] Bourdillon F., Brücker G., Tabuteau D. (2004) Traité de Santé Publique, Paris, Flammarion, pp394.
- [8] Campbell OM (2001) Qui fait quelle politique de santé maternelle dans les pays en développement ? Une analyse des cinq dernières décennies. Dans: Réduire le risque de la mortalité maternelle, De Brouwere V., Lerberghe W., pp441-447.
- [9] Curtin T. (2003) Améliorer la santé maternelle (objectif 5, OMD). Dans: OMS, OMD, Thèmes et sujets transversaux correspondant à l'action de l'OMS.
- [10] Diallo FB, Diallo AB, Diallo Y., Goma O., Camara Y., Cisse M., Diallo MS. (1998) Mortalité maternelle et facteurs de risque liés au mode de vie, Médecine d'Afrique Noire, 45 (12).
- [11] Dujardin J. (2005) Le secteur de la santé en République démocratique du Congo: objectifs du millénaire pour le développement (2): La santé maternelle.
- [12] Karine L. (2008) Fête des mères: encore trop de mortalité maternelle dans le monde.
- [13] Libote Z., Houleyamatou D. (2003) Impact de la supplémentation de grosses doses de vitamines A sur la santé des enfants d'âge préscolaire en malnutrition modérée.
- [14] Pers Bergsjo (2001) Est les soins prénatals aident à réduire la morbidité et mortalité maternelle. Dans: Réduire les risques de la mortalité maternelle, De Brouwere V. et Van Lerberghe W., Antwerp, Belgium. pp37-58.
- [15] Minisanté RD Congo (2006) Stratégie de renforcement du système en RD Congo.
- [16] Monga B. (2007) Cours de Biostatistique pour les apprenants du 3ème cycle (DEA), Santé Publique, pp29.
- [17] Nsiala A. (2007) Précautions universelles dans la lutte contre le VIH/SIDA: Etude CAP du personnel de santé en milieu hospitalier, cas des C.U.L., HGR KATUBA, HGR SNCC, à Lubumbashi.
- [18] OMS (1999), La méthode des soeurs appliquées à l'estimation de la mortalité maternelle: conseils aux utilisateurs potentiels. Genève, 1999.

- [19] Organisation de la Santé (OMS) (2004) Maternal mortality estimates developed. OMS, UNICEF, UNFPA. CIM-10, Genève.
- [20] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2004) Au-delà des nombres: Examiner les morts maternelles et les complications pour réduire les risques liés à la grossesse. Genève.
- [21] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2005) Statistiques sanitaires: Recueil des indicateurs sanitaires 2005.
- [22] Patrick FT (2001) Mortalité maternelle et avortement dans les pays en développement. Dans: Réduire les risques de la mortalité maternelle, De Brouwere V., Lerberghe W., Antwerp, Belgium (2001) pp159-180.
- [23] Petitti et Coll. (1982) « In Hospital Maternal Mortality in The United States: Times Trends and Relation to Method of Delivery ». In: Obstetrics and Gynecology, 1982, 59 (1): pp 6-12.
- [24] Saizonou J., Ouendo E.M., Dujardin B. (2006) Maternal Deaths Audits in four Benin Referral Hospitals: Quality of Emergency Care Causes and Contributing factors in Maternal Health. In: Original Research Article.
- [25] Système des Nations Unies (2005) Objectifs du millénaire pour le développement, Rapport national 2005, Améliorer la santé maternelle.
- [26] Thaddeus S. and Maine D. (1994) Too far to walk: maternal mortality in context. Sci. Med. Vol. 38, N°8, pp1091-1110.
- [27] UNICEF, OMS, FNUAP (2003) Lignes directrices pour la surveillance de la disponibilité de l'utilisation des services obstétricaux. www.unicef.org.
- [28] Union Africaine (2006) Etat de la population africaine Rapport 2006. Dynamique des populations: Répercussions sur la réalisation des objectifs du millénaire pour le développement.
- [29] UON NETWORK (www.uon.org, 21.05.2005) L'approche des besoins non couverts pour les interventions obstétricales majeures: Troisième partie: analyse des données et présentation des tableaux.
- [30] Vangeenderhuysen Ch., Aitchedji CS., Prual A. (1998) Etude des prescriptions en consultations prénatales en milieu urbain à Niamey.

Itinéraire thérapeutique du patient en milieu urbain africain: Cas de la ville de Goma à l'est de la RD Congo

[Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo]

Jean-Bosco Kahindo Mbeva¹⁻²⁻³⁻⁴, Mitangala Ndeba Prudence¹⁻²⁻⁵, Edgar Tsongo Musubao¹, Mahamba Nzanzu¹, Ntabe Namegabe Edmond⁴, Célestin Kimanuka⁶, Hélène Lambert⁷, and Denis Porignon⁸

¹ULB Coopération, PADISS, Bureau de Goma, RD Congo

²Université Officielle de Ruwenzori (UOR), Butembo, RD Congo

³Université Catholique du Graben (UCG), Butembo, RD Congo

⁴Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, Nord-Kivu, RD Congo

⁵Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

⁶Institut National de Statistiques, Direction du Nord-Kivu, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

⁷Université Catholique de Louvain, Belgium

⁸Université de Liège (ULG), Liège, Belgium

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

ABSTRACT: *Introduction:* As part of a comprehensive study aimed at the reorganization of urban health services, this article describes the therapeutic itinerary of the urban patient in Goma city, Eastern Democratic Republic of Congo; the aim of this study was to identify the kind of health services attended by the urban patients. *Methods:* This descriptive and cross-sectional study was conducted using a random sampling procedure of 1000 household in Goma city in September 2017. The collected data were collected by professionals encoded and analyzed by statisticians using the SPSS version 23 software. *Results:* In an episode of sickness, more than half of patients (51%) sought from pharmaceutical offices without a prescription or self-medication, 25% used a structure with a doctor and only 7% sought treatment at the health facility of its health area. In addition, 7% of patients did not use any care while 3% of patients look first treatment in traditional pharmacopoeia. Higher levels of non-use of health care and mortality were noted in households with a female household head. On the other hand, there were no significant difference in the type of care, quality and perceptions of direct cost of care ($P>0.05$) depending on the head household gender. *Discussion and Conclusion:* The important recourse of the urban patient to self-medication and secondarily to health services with doctors, requires rethinking the organization and regulation of urban health services and pharmaceutical institutions.

KEYWORDS: therapeutic itinerary, urban context, regulation, Democratic Republic of Congo.

RESUME: *Introduction:* Cet article décrit l'itinéraire thérapeutique de la patientèle urbaine de Goma, à l'Est de la République Démocratique du Congo; l'objectif étant d'identifier le type de services de santé fréquentés par les patients et leur niveau de satisfaction. *Méthodologie:* Cette étude transversale descriptive a procédé par une enquête par questionnaire administré auprès d'un échantillon aléatoire simple de 1000 ménages de la ville de Goma, en septembre 2017. Les données collectées par des professionnels ont été encodées et analysées grâce au logiciel SPSS version 23. *Résultats:* Lors d'un épisode maladie, plus de la moitié des patients (51%) recourt en première intention à une officine pharmaceutique sans ordonnance ou à l'automédication, 25% recourent à une structure avec médecin et seulement 7% utilisent le centre de santé de son aire de santé. Enfin 7% de patients ne recourent à aucuns soins tandis que 3% de patients recourent à la pharmacopée traditionnelle. Des niveaux plus élevés de non-

recours aux soins et de mortalité sont notés dans les ménages avec un chef de ménage de sexe féminin ($p < 0,05$). En revanche, aucune différence significative de type de recours aux soins, de perceptions de la qualité et du coût direct des soins n'est observée ($p > 0,05$) selon que le chef de ménage est de sexe masculin ou féminin. *Discussion et Conclusion:* Le recours important de la patientèle urbaine à l'automédication, secondairement aux services sanitaires avec médecins et exceptionnellement au centre de santé, impose de repenser l'organisation et la régulation des services de santé urbains.

MOTS-CLEFS: itinéraire thérapeutique, contexte urbain, régulation, Goma, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

En 2008, l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) publiait le rapport mondial sur le renouveau des soins de santé primaires [1] et en 2010 le rapport sur le financement de la santé [2]. Au travers ces deux rapports, l'OMS tirait les leçons du passé et montrait la voie à suivre pour progresser vers la Couverture santé universelle (CSU), moyennant des réformes et des stratégies adaptables aux contextes de chaque pays.

La République Démocratique du Congo (RDC) a manifesté sa volonté de s'engager sur cette voie au travers les plans de développement sanitaire 2016-2020 et 2019-2022. Cet engagement a pris un relief particulier, avec l'élaboration en 2020 d'un plan stratégique 2020-2030 pour la couverture santé universelle en RDC et l'organisation en février 2020, à Kinshasa d'une conférence internationale sur la couverture santé universelle. La couverture des populations par des services de santé essentiels de qualité est une des composantes essentielles de la CSU, dont le niveau reste encore à ce jour insuffisant à travers le monde [3]. La seule mise en place des services de santé essentiels, n'est pas suffisante; encore faut-il que ces services soient réellement utilisés, ce qui suppose un travail de fond sur la réduction des barrières financières, géographiques, socio-culturelles et organisationnelles dans l'accès aux services de santé.

De nombreux pays font actuellement face à un phénomène d'urbanisation massif et accéléré. D'après les estimations de l'ONU-Habitat pour l'année 2018 [4], la population urbaine était estimée à 42,5% au niveau africain et à 40,5% en RDC. Ce phénomène d'urbanisation s'accompagne des problèmes relatifs à la gouvernance urbaine et à l'organisation des services de santé urbains, surtout dans les pays en développement, alors que ces pays font en même temps face à un phénomène de transition épidémiologique. Cette transition est caractérisée notamment par une prévalence plus accrue des maladies chroniques non transmissibles [5].

Plusieurs études sur l'organisation des services de santé urbains mettent en évidence un foisonnement d'établissements de soins [6], sans que cette importance numérique reflète une réponse adéquate aux besoins de santé des populations urbaines. Cette pléthore de l'offre des soins, cache habituellement des contraintes et des incohérences organisationnelles qu'il importe d'adresser [7]. L'analyse de l'itinéraire thérapeutique des patients, compris comme la succession des recours aux soins au cours d'un épisode maladie, peut permettre de révéler ces incohérences organisationnelles des services de santé en milieu urbain.

Certaines études menées dans quelques pays sur l'itinéraire thérapeutique, montrent une diversité et une complexité de recours aux soins, en milieu urbain particulièrement. Cette diversité de recours aux soins va du renoncement aux soins, en passant par l'automédication, les soins chez un tradipraticien, les chambres de prière, jusqu'aux soins dans des services de santé modernes; les structures étant soit conventionnelles de première ligne, soit privées lucratives ou non lucratives, soit des structures hospitalières. D'après ces études, les motivations et les déterminants du recours aux soins sont également diversifiés [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Une étude menée en Côte d'Ivoire, à Yopougon, un quartier populaire d'Abidjan avait montré six alternatives de recours aux soins: l'automédication, les centres hospitaliers universitaires, la médecine traditionnelle, les dispensaires et infirmeries publiques, les dispensaires et infirmeries parapublics et privés. La même étude a montré que le prix des soins, le revenu du ménage, la relation qu'a le patient avec le praticien, l'âge, la durée et le type de maladie, constituaient des facteurs déterminant le recours aux soins [8].

Par rapport au revenu des patients, une étude prospective réalisée au Bénin avait montré qu'au premier recours, les patients indigents utilisaient moins les centres de santé par rapport aux non indigents (20% versus 26,3%; $P < 0,001$) et que l'automédication moderne et traditionnelle était le recours le plus utilisé tant par les indigents (66,4%) que par les non indigents (63,9%) [9].

Par rapport à l'automédication, une étude menée au Cameroun avait montré que l'automédication constituait le premier recours aux soins (52%); le recours à la médecine moderne ne venant qu'en seconde intention. Toutefois, quand la maladie était perçue comme trop grave, le recours à la médecine moderne venait en première intention [10].

Au Burkina Faso, une étude rétrospective menée auprès des tuberculeux bacillifères dépistés dans deux centres de traitement avait montré qu'avant le dépistage de leur maladie, 24,5% des malades avaient consulté une formation sanitaire publique, 31% une formation sanitaire privée et 6% un tradipraticien. La même étude avait montré que l'automédication contribuait au retard de diagnostic pour 31% des patients tuberculeux [11].

En RDC, deux études réalisées, il y a environ dix ans, avaient montré la complexité des itinéraires thérapeutiques des patients en milieux urbains de Kinshasa et de Lubumbashi. La première étude, menée à Kinshasa [12] avait montré 7 types de recours aux soins: le centre de santé de l'aire de santé (37%), le dispensaire privé (26,5%), l'automédication pharmaceutique (23,9%), le tradipraticien (21%), l'automédication traditionnelle (16,9%), la polyclinique conventionnée (16,7%) et l'hôpital de référence (10,4%). Dans cette étude, le recours à une structure médicale était motivé par la recherche de la qualité, tandis que la recherche des tarifs acceptables des soins motivait le recours au centre de santé. Enfin, le recours au tradipraticien était motivé par la recherche d'une solution inespérée à une maladie particulière. La deuxième étude, réalisée en 2010 dans la ville de Lubumbashi, avait montré des itinéraires thérapeutiques dominés par l'automédication à base de médicaments modernes (54,6 %). L'utilisation de services de santé de première ligne venait en deuxième position avec 23,1 % de recours, suivie des hôpitaux avec 11,9 % de recours [13]. Ces deux études montrent des itinéraires thérapeutiques atypiques, en décalage avec l'organisation classique des services de santé en RDC. Cette organisation prévoit un parcours du patient entre le premier et le deuxième échelon des soins au sein de la zone de santé, sans un recours si important à l'automédication.

Dans le contexte actuel de la RDC qui s'engage sur la voie de la CSU, avec un accroissement de l'urbanisation, la question posée est de savoir si le même profil atypique et complexe d'itinéraire thérapeutique des patients, dominé par l'automédication, subsiste, particulièrement dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC.

En vue d'apporter quelques éléments de réponse à cette question, cet article a pour objectif de décrire l'itinéraire thérapeutique du patient dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC; la finalité étant d'apprécier l'adéquation des services de santé dans la ville de Goma.

2 METHODOLOGIE

Il s'est agi d'une étude transversale descriptive, réalisée sous forme d'enquête par questionnaire administré en septembre 2017 auprès d'un échantillon aléatoire de 1000 ménages de la ville de Goma, à l'Est de la RDC.

2.1 LIEUX D'ÉTUDE

La ville de Goma, lieu d'étude est le chef-lieu de la province du Nord Kivu à l'Est de la RDC. Elle est située entre le Parc de Virunga et le territoire de Nyiragongo au Nord-Ouest, le lac Kivu au Sud et le Rwanda à l'Est. D'après une étude menée en 2014 et publiée en 2018 [14], la ville de Goma, est le siège d'une province confrontée depuis plus de 20 ans aux effets des rébellions de plusieurs groupes armés, ponctués de paix violente. Elle a connu une urbanisation accélérée basée sur quatre phénomènes: le déplacement forcé des populations, les interventions humanitaires, la militarisation et l'action sociale basée sur les églises [14]. Une étude réalisée en 2010 sur l'urbanisation dans la ville de Goma avait montré combien la présence des acteurs humanitaires dans la ville a non seulement renforcé la concurrence sur l'espace socio-économique et politique urbain, mais aussi induit des dynamiques de gentrification dans cette ville [15]. En 2017, la ville de Goma comptait près d'un million d'habitants. Plus de 80% de sa population vivait du secteur informel et son niveau de précarité contribue à l'accroissement des bidonvilles dans certains quartiers périphériques.

Au point de vue sanitaire, au moment de la réalisation de l'enquête, la ville de Goma comptait deux zones de santé urbaines (Goma et Karisimbi) et la partie urbaine de la zone de santé urbano-rurale de Nyiragongo (tableau 1). Les trois zones de santé étaient subdivisées en 29 aires de santé (AS) (tableau 1), correspondant aux centres de santé intégrés aux soins de santé primaires selon le concept d'Alma Ata. La ville comptait également des centaines d'autres formations sanitaires (Fosa), certaines étant intégrées aux soins de santé primaires et plusieurs centaines d'offices pharmaceutiques.

Tableau 1. *Distribution des populations et des aires de santé par zone de santé dans la ville de Goma, Nord Kivu, République Démocratique du Congo, année 2017*

Zones de santé	Nb AS	Nb CS	Nb HGR	Nb autres Fosa « intégrées »	Nb Fosa « non intégrées » privées	Nb Fosa « non intégrées » privées	Populations
Goma	10	10	1	4	77	77	267947
Karisimbi	16	16	1	6	152	152	537647
Nyiragongo	3*	3*	0	0	48	48	144136*
Total	29	29	2	10	277	277	949730

*Partie urbaine de la zone de santé de Nyiragongo

Nb = Nombre; AS = Aire de Santé; CS = Centre de Santé; Hôpital Général de Référence

2.2 ECHANTILLONNAGE

Les ménages avaient été sélectionnés suivant une procédure d'échantillonnage aléatoire simple. La base de sondage était constituée de la liste des ménages élaborée par les équipes de gestion de trois zones de santé de Goma, Karisimbi et Nyiragongo lors du dénombrement sanitaire réalisé en 2016. Chaque Zone de santé avait été considérée comme une strate. Avec l'aide des relais communautaires et des chefs d'avenues, l'enquêteur devrait retrouver les ménages tirés aléatoirement à l'aide d'un générateur des nombres aléatoires dans le quartier ou Village concerné. En cas d'absence, après deux visites, un autre ménage de remplacement était tiré au hasard.

La taille d'échantillon avait été calculée en s'inspirant d'une étude menée en 2015 au niveau de 6 zones de santé soutenues par la Banque Mondiale dans la province du Nord Kivu, étude qui avait montré une proportion de sujets ayant recours aux services de santé de 39,6%. Le seuil de signification considéré était de 0,05. La formule suivante avait été utilisée pour le calcul de la taille de l'échantillon:

$$n = \frac{t^2 \times p \times (1 - p)}{m^2}$$

n = taille d'échantillon requise;

t = niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96);

p = proportion estimative du recours aux soins (39,6%);

m = marge d'erreur à 5% (valeur type de 0,05)

La taille de l'échantillon trouvée avec cette formule était de **368 ménages** et pour prendre en compte « l'effet grappe », la taille retenue était de 1000 ménages. En prenant en compte le poids démographique de chacune de 2 zones de santé de la Ville de Goma et de la partie urbaine de la Zone de santé de Nyiragongo concernée par cette étude, la taille de l'échantillon pour les trois zones de santé avait été répartie de la manière suivante: 213 ménages pour la Zone de santé de Goma, 642 ménages pour la Zone de santé de Karisimbi et 145 ménages pour la Zone de santé de Nyiragongo.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Les données étaient collectées sur la base d'un questionnaire, préalablement testé à Sake, une bourgade voisine, à 30 Km à l'Ouest de la ville de Goma. Le questionnaire portait sur les six thématiques suivantes: (i) la composition du ménage; (ii) le niveau socioéconomique du ménage (y compris le revenu mensuel du ménage, la capacité à faire face au coût des soins); (iii) la mortalité et la morbidité au sein du ménage; (iv) le recours aux soins lors du dernier épisode maladie; (v) les motivations de choix du type de soins; (vi) les satisfactions et insatisfactions tout au long du parcours des soins.

La collecte des données avait été réalisée en septembre 2017, par dix enquêteurs de l'Institut National de la Statistique, Direction Provinciale du Nord-Kivu, dont le profil était celui de statisticiens (N=3)), démographe (N=1), infirmier (N=1) et gestionnaires (N=5), préalablement formés pendant 3 jours. Au cours de cette formation, le questionnaire avait été traduit en Swahili, la langue la plus parlée dans la ville de Goma. Les répondants au questionnaire étaient les chefs de ménages. Cependant, en cas d'indisponibilité de l'époux ou l'épouse ou du compagnon, la personne la plus âgée et présente dans le ménage répondait au questionnaire.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Les données avaient été saisies et analysées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 23. Les comparaisons des proportions avaient été faites avec le test du Chi-carré de Pearson ou le test exact de Fisher. Pour comparer les moyennes, le test d'analyse de variance (Anova) avait été utilisé. Le seuil de signification considéré était de 0,05.

2.5 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

L'étude avait été conduite selon un protocole de recherche préalablement soumis au comité d'éthique de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) de Goma. Son approbation avait été accordée par la lettre du comité d'éthique du 13 aout 2017. Un consentement éclairé était sollicité auprès du chef de ménage ou tout autre répondant et l'anonymat avait été observé tout au long du processus de collecte et d'analyse des données.

3 RESULTATS

L'itinéraire thérapeutique de la patientèle dans la ville de Goma était diversifié, marqué par un recours important à l'automédication et secondairement aux services de santé où prestent des médecins.

3.1 PROFIL SOCIO-ÉCONOMIQUE DES MÉNAGES ENQUÊTÉS

Au total 1000 ménages avaient été enquêtés au cours de l'étude. Ces ménages représentaient un effectif de 6991 personnes. Le tableau 2 résume le taux de masculinité de manière globale dans la ville de Goma et par zone de santé. Ce taux de masculinité ne différait pas significativement entre les Zones de santé. La taille moyenne des ménages était de 7 personnes. La proportion de membres de ménages hors conjoints et enfants biologiques, était de 16% pour les zones de santé de Goma et Karisimbi et 9% pour la zone de santé de Nyiragongo.

Tableau 2. Taux de masculinité des ménages par zone de santé dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Zone de santé	Nb de sexe masculin	Nb de sexe féminin	Ensemble	Taux de masculinité	p
Goma	794	798	1592	50%	0,108
Karisimbi	2137	2270	4407	48%	
Nyiragongo	517	475	992	52%	
Total	3448	3543	6991	49%	

L'étude a également montré que 16,5% de ménages avaient comme chef de ménage une femme. Les chefs de ménage de sexe féminin avaient généralement un âge significativement plus élevé (tableau 3). La taille de ménage était significativement plus élevée pour les ménages dont le chef de ménage était de sexe masculin (tableau 3).

Tableau 3. Age et taille de ménage selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Sexe du chef de ménage	Paramètres	p
	Age du chef de ménage en années médianes (min – max)	
Masculin (n = 835)	42 (19 – 91)	< 0,001
Féminin (n =165)	52 (20 – 92)	
	Taille médiane du ménage (min - max)	
Masculin (n = 835)	7 (1 – 16)	< 0,001
Féminin (n =165)	5 (1 – 13)	

Globalement, un peu plus du tiers des chefs des ménages étaient des salariés du secteur public ou du secteur privé. Alors que les chefs de ménage de sexe masculin exerçaient davantage des emplois de salarié dans le secteur public ou, dans le secteur privé et informel, ceux de sexe féminin exerçaient plutôt des emplois liés au commerce, étaient cultivatrices ou étaient le plus souvent sans emploi.

Tableau 4. Emplois des chefs des ménages selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Catégories d'emploi	Ensemble % (n=1000)	Masculin % (n=835)	Féminin % (n=165)	p
Salarié secteur public	18	21	5	<0,0001
Salarié secteur privé	17	19	7	
Commerçant	16	13	30	
Informel	16	16	15	
Sans emploi	12	11	17	
Artisan	11	13	1	
Cultivateur	4	3	6	
Ménagère	2	3	1	
Police/Militaire	2	0	14	
Autre emploi	2	2	4	

Le revenu mensuel médian des chefs des ménages était significativement différent selon que le chef de ménage est de sexe masculin (revenu plus élevé) ou de sexe féminin (revenu plus bas) (tableau 5).

Tableau 5. Revenus des ménages selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Sexe du chef de ménage	Revenu mensuel médian en dollars US (min – max)	P
Masculin (n = 767)	150 (0 – 2000)	0,009
Féminin (n =148)	80 (4,3 – 6700)	

Les salaires du secteur public ou privé intervenaient dans 37% des cas comme la plus importante source de revenus. Les principales sources différaient fortement selon que le chef de ménage était de sexe masculin ou féminin. Pour les chefs de ménages de sexe féminin, le commerce et les activités non structurées intervenaient dans plus 60% des cas comme principale source de revenu (tableau 6).

Tableau 6. Sources de revenus des ménages selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Source de revenu la plus importante du ménage	Ensemble % (n=1000)	Masculin % (n=835)	Féminin % (n=165)	P
Commerce	24	21	37	<0,0001
Salaire et/ou prime du secteur public	20	22	7	
Salaire et /ou prime du secteur privé	17	19	7	
Débrouillardise (activité Non permanente/Non structurée)	16	14	22	
Métier	14	16	3	
Aide/cadeau	3	2	9	
Activités d'agriculture	3	3	4	
Frais de loyer des locataires de maison ou de terres	3	2	7	
Autres sources	1	0	4	

3.2 NIVEAU DE MORBIDITÉ ET DE MORTALITÉ AU SEIN DES MÉNAGES

Au total, 6704 épisodes maladies avaient été rapportés pour les 12 derniers mois précédant l'enquête. Le nombre moyen d'épisodes maladie par ménage par an était de 6,7 (ET=4,7) par ménage par an. Le nombre moyen d'épisodes maladie par personne par an était de 1 épisode. Au cours de 12 derniers mois précédant l'enquête, 98,8% de ménages avaient enregistré au moins un cas d'épisode maladie.

Le nombre d'épisodes maladies ne différait pas significativement selon que le chef le ménage est de sexe masculin ou féminin (tableau 7).

Tableau 7. Médiane d'épisodes maladies selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Sexe du chef de ménage	Nombre médian d'épisodes maladies au cours de 12 derniers mois (min – max)	p
Masculin (n = 835)	6 (0 – 40)	0,26
Féminin (n =165)	6 (0 – 37)	

La proportion des sujets ayant été au moins une fois malades était plus élevée (près d'un sujet sur trois) dans les tranches d'âges de 0 à 4 ans et au-delà de 50 ans (figure 1).

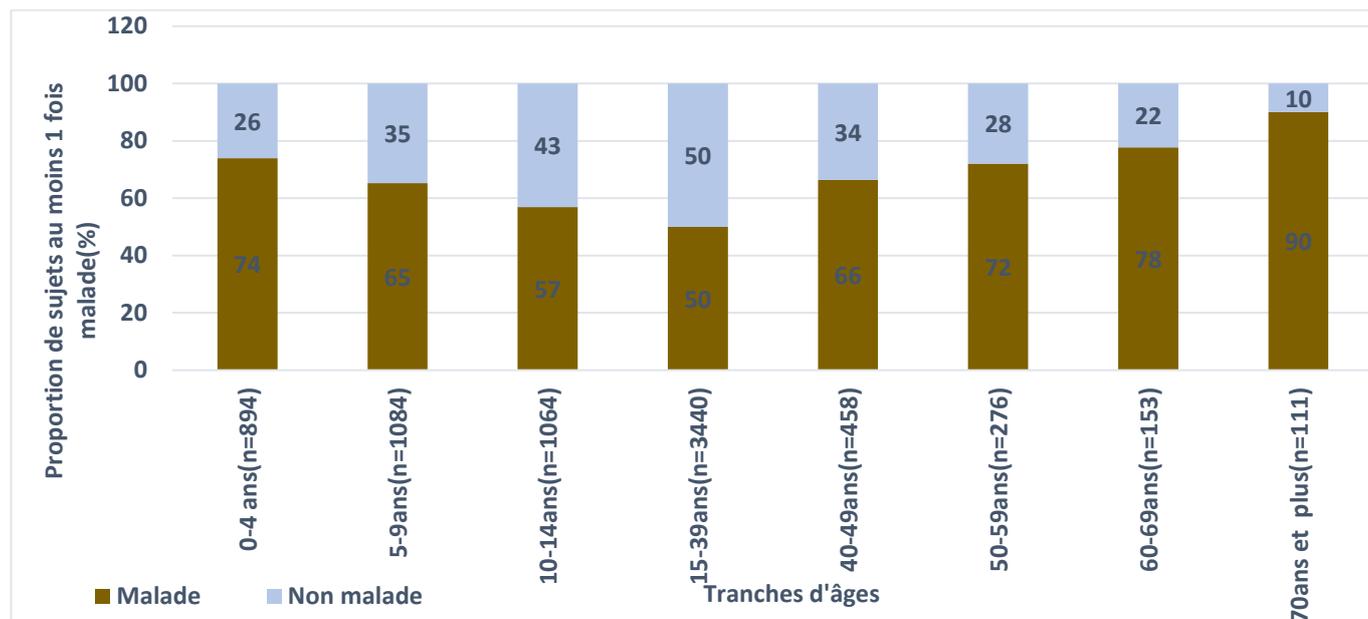


Fig. 1. Niveau de morbidité dans les ménages selon les tranches d'âges en 2017, Ville de Goma, RDC

Au cours de 3 derniers mois précédant l'enquête (n=916), cette morbidité était dominée par le syndrome palustre, suivi des syndromes digestifs et des syndromes respiratoires. Les maladies chroniques non transmissibles, autres que respiratoires et digestifs, étaient également présentes dans plus de 16% des cas (figure 2).

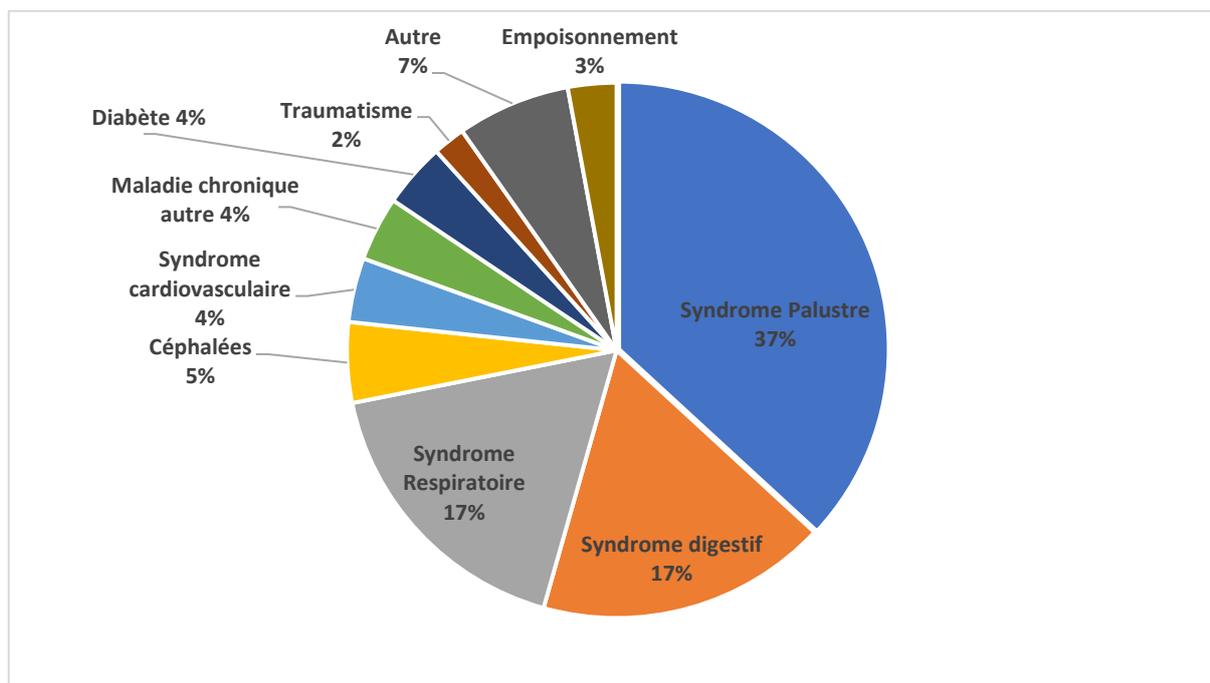


Fig. 2. Distribution des phénomènes de morbidité dans les ménages en 2017, Ville de Goma, RDC

Par rapport à la mortalité, il avait été déclaré 64 décès au cours de 12 derniers mois au sein des ménages; ce qui avait représenté un taux brut de mortalité de 9 décès pour 1000 habitants l'année, en considérant l'effectif total de 6991 personnes retrouvées dans les ménages. Le taux de mortalité semblait plus élevé dans la Zone de santé de Nyiragongo [11,09 ‰ (n = 992)] par rapport aux zones de santé de Karisimbi [9,76 ‰ (n = 4407)] et de Goma [6,28 ‰ (1592)], mais cette différence n'était pas statistiquement significative (p=0,36). En revanche, la mortalité était plus élevée dans les ménages dirigés par les femmes par rapport à celle des ménages dont le chef de ménage était de sexe masculin [21,78 ‰ (n = 964)] versus 7,13‰ (n = 6027); p=0,00001.

Les causes des décès telles que perçues par les ménages (n=64), étaient dominées, dans plus de 70% des cas par quatre phénomènes: « l’empoisonnement », le syndrome palustre, les maladies cardiovasculaires et les traumatismes, y compris les assassinats (figure 3).

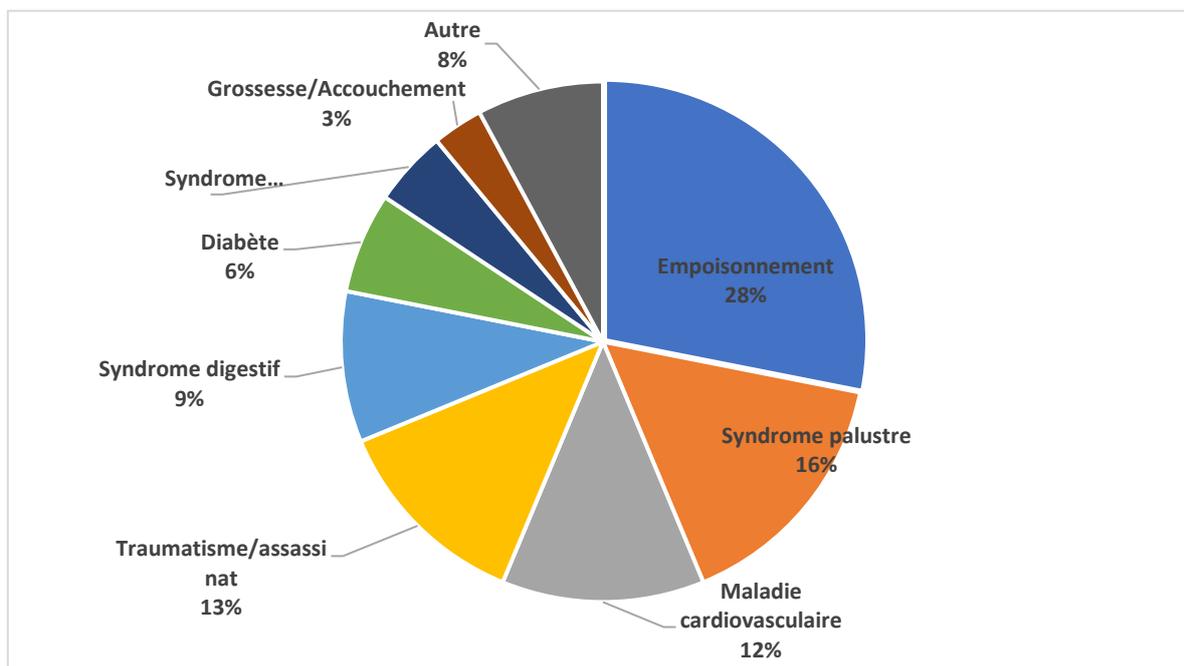


Fig. 3. Distribution des causes de décès telles que perçues dans les ménages en 2017, Ville de Goma, RDC

3.3 RECOURS AUX SOINS

Au cours du tout dernier épisode maladie, le premier recours aux soins était dominé par le recours à une officine pharmaceutique (51% des patients), suivi d’une formation sanitaire avec médecin (25%); le centre de santé de l’aire de santé n’intervenant que pour 7% des patients seulement. Faute de guérison, au terme du premier recours, 34% des patients s’étaient abstenus d’un quelconque recours, tandis que 32% avaient recouru à une formation sanitaire avec médecin (figure 4).

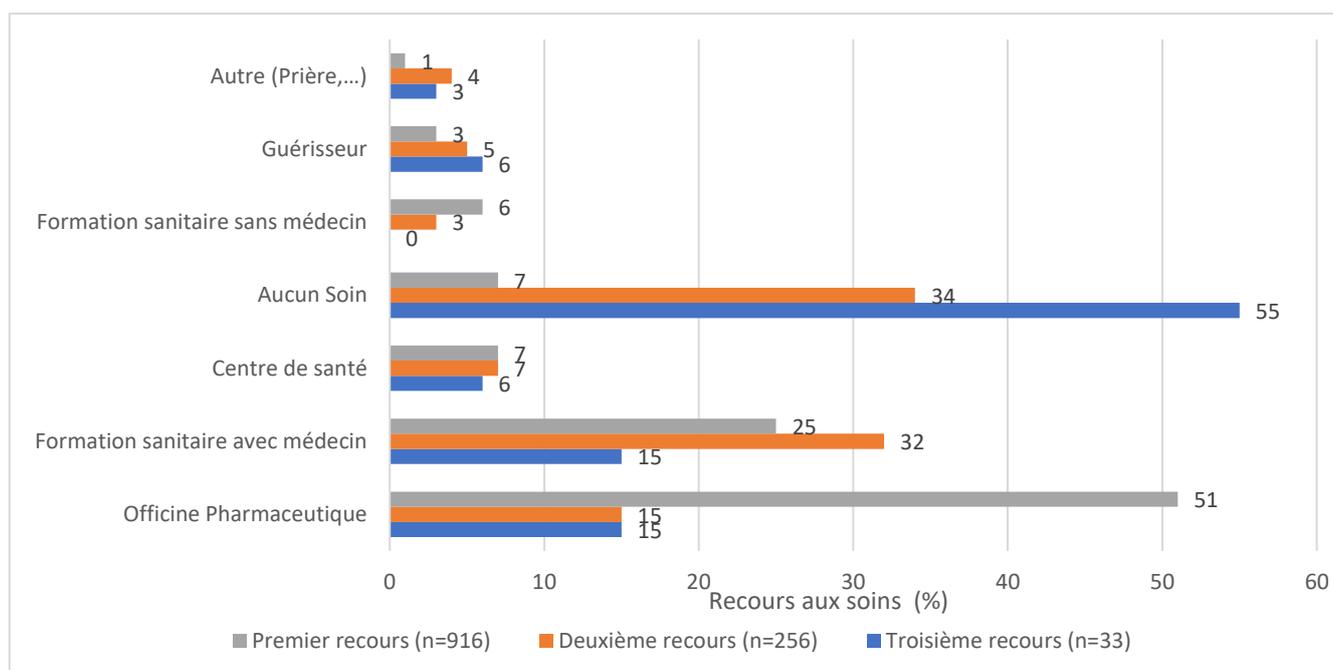


Fig. 4. Recours aux soins lors du dernier épisode maladie en 2017, Ville de Goma, RDC

Globalement, aucune différence significative de modalité de recours aux structures de santé n'avait été notée selon que le chef de ménage était de sexe masculin ou féminin (tableau 8).

Tableau 8. Modalités de recours aux soins pour le dernier épisode maladie selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Modalités de recours aux soins pour le dernier épisode de malade dans le ménage	Sexe du chef de ménage		p
	Masculin (n = 768)	Féminin (n=148)	
Aucun soin	6,0%	10,8%	0,29
Achat des médicaments dans une pharmacie sans prescription médicale	51,8%	44,6%	
Consultation au centre de santé de l'aire de santé	6,9%	6,8%	
Consultation dans une structure médicalisée	16,3%	17,6%	
Consultation dans une structure autre mais non médicalisée	6,8%	6,1%	
Consultation à l'hôpital	9,5%	9,5%	
Autres (guérisseurs, chambre de prière...)	2,7%	4,7%	

Néanmoins, le non-recours aux soins était plus élevé lorsque le chef de ménage était une femme (10,8%), par celui dans les ménages dont le chef de ménage était un homme (6%) ($p=0,033$); la même tendance était observée en ce qui concerne le recours à des soins alternatifs.

Le choix du lieu de recours aux soins ($n=1000$) était décidé par le chef de ménages dans 53% des cas, une décision partagée en couple dans 30% des cas et une décision de la conjointe dans 11% des cas. Dans 7% des cas, le choix était inspiré par une personne tierce (membre de famille, voisin (e) ou autre).

Le recours à l'automédication, pour le premier recours aux soins, était trop important, intervenant pour plus d'un patient sur deux, dans les cas de syndromes palustres, respiratoires et digestifs.

Tableau 9. Recours à l'automédication pour le dernier épisode maladie selon les pathologies dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Pathologie	Autres choix (n=452)	Auto-médication (n=464)	p
Syndrome palustre	48,0	52,0	<0,0001
Infections respiratoires aiguës supérieures	35,3	64,7	
Infection respiratoires inférieures	30,0	70,0	
Diabète sucré et complications	78,9	21,1	
Maladie cardiovasculaires	71,8	28,2	
Diarrhée/ troubles digestifs	37,2	62,8	
Etat de grossesse/accouchement	63,2	36,8	
Maladie rhumatismale	66,7	33,3	
Maladie chronique autre que rhumatismale	90,5	9,5	
Traumatisme/accident	89,5	10,5	
« Karuho »/ « Sorcellerie »	82,6	17,4	
Autre	52,3	47,7	
Total	49,3	50,7	

3.4 COÛT DIRECT DES SOINS ET NIVEAU DE SATISFACTION DES PATIENTS LORS DU RECOURS AUX SOINS

Le coût médian direct des soins pour le premier recours était de 10,6 Usd. Ce coût direct était perçu ($n=854$) peu cher pour 19% des patients, abordable pour 45% des patients et trop cher pour 36% des patients. Aucune différence significative n'était observée au sujet du niveau de perception du caractère abordable des coûts directs des soins selon que le chef de ménage était de sexe masculin ou féminin (tableau 10). Pour les cas de non-recours aux soins ($n=62$), la raison évoquée était le manque d'argent pour faire face au coût des soins dans 53% des cas et la non-gravité de la maladie dans 47% des cas.

Tableau 10. Appréciation du coût direct des soins selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Sexe du chef de ménage	Paramètres	p
Masculin (n = 722) Féminin (n =132)	Coût direct des soins jugé abordable (%)	0,85
	45,8	
	47,0	

Dans l'ensemble, les patients étaient satisfaits des soins reçus (70% au premier recours, avec un accroissement jusque 80% au deuxième recours; $p=0,002$). Les motifs de satisfaction étaient diversifiés; les deux raisons dominantes de satisfaction étant d'avoir recouvré la guérison à la suite des soins jugés de qualité et la disponibilité des médicaments. Aucune différence de satisfaction n'avait été notée, selon que le chef de ménage était de sexe masculin ou féminin (tableau 11).

Tableau 11. Satisfaction par rapport aux soins reçus selon le sexe du chef de ménage dans la ville de Goma, Nord Kivu, RDC, année 2017

Motif de satisfaction au premier recours des soins	Global (n=590)	Sujets satisfaits des soins (%)		
		Sexe Masculin (n=508)	Sexe Féminin (n=90)	
Bonne prise en charge /guérison (%)	54	53	56	*p=0,818
Disponibilité des médicaments (%)	21	22	18	
Prix/tarifcation utilisée abordable (%)	12	12	11	
Disponibilité d'un personnel médical qualifié (%)	5	5	4	
Accueil du personnel (%)	4	4	6	
Bonne qualité des équipements de soins (%)	2	2	3	
Durée réduite d'accès aux soins (%)	2	2	2	
Propreté des infrastructures des soins de santé (%)	1	1	0	

*Test Fischer Exact

4 DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif de décrire l'itinéraire thérapeutique d'un sujet malade dans la ville de Goma. Les résultats de cette étude mettent en évidence un niveau élevé de morbidité avec recours important des patients vers des officines pharmaceutiques et des formations sanitaires avec médecins.

Avant de discuter les principaux résultats de cette étude, il importe d'aborder les quelques limites que comporte cette étude. La première limite potentiellement importante tient au biais de mémoire. En effet, il se pourrait que dans certains cas, les chefs de ménage ne se rappellent pas de manière précise du nombre d'épisodes maladies que l'un ou l'autre membre de famille a connu au cours de 12 derniers mois précédents l'étude. Pour amenuiser ce biais, chaque fois qu'un doute survenait, l'occasion était donnée aux autres membres de famille de contribuer à préciser la donnée. En outre, la description des recours aux soins s'est faite sur le dernier épisode maladie. La deuxième limite concerne le revenu déclaré des ménages. En effet dans un environnement où l'insécurité tuitoie le quotidien des habitants, l'enquêteur pourrait être tenté à minorer le niveau de revenu. Toutefois, la qualité des enquêteurs et de la méthodologie d'entretien pourrait avoir contribué à réduire ce biais. De plus, le niveau de revenu a été confronté au niveau des dépenses du ménage.

En dépit de ces limites, les résultats de cette étude donnent des indications intéressantes qu'il importe de discuter, au sujet des niveaux de morbidité et de mortalité dans la population urbaine de Goma et par rapport aux recours aux soins empruntés par la patientèle urbaine de Goma.

Le profil de morbidité et mortalité retrouvé traduit d'une part l'importance déjà décrite des maladies infectieuses, avec à la tête le paludisme en RDC [16] et au Nord Kivu [17], [18], mais d'autre part l'émergence des maladies chroniques non transmissibles [19], [20], particulièrement en milieu urbain congolais [13], [21].

Le profil d'itinéraire thérapeutique observé dans cette étude est en décalage avec celui attendu classiquement dans un système de santé basé sur les soins de santé primaires et le district de santé.

Dans un système de santé basé sur le district de santé, le premier recours privilégié en cas de maladie est constitué du centre de santé de l'aire de santé; dans le cas présent, la patientèle urbaine de Goma y recourt de manière exceptionnelle, privilégiant des services informels d'automédication au niveau des officines pharmaceutiques (51% pour le premier recours et 15% pour le deuxième recours) et le recours à une structure formelle médicalisée (25% pour le premier recours et 32% pour le deuxième recours). Ces

résultats semblent s'éloigner de ceux trouvés dans la ville de Kinshasa par Manzambi [12], dont le recours à l'automédication était de seulement 27,1%, mais s'en rapprochent pour le recours à une structure médicalisée (27,1%). En revanche, ces résultats rejoignent globalement ceux trouvés par Chenge *et al* [13]. dans la ville de Lubumbashi au Sud-Est de la RDC, avec 54,6% de recours à l'automédication et ceux trouvés par Nkomo [10] au Cameroun, avec 52% de cas recours à l'automédication. Ce phénomène d'automédication semble prendre une ampleur inquiétante, comme le montre une autre étude réalisée en 2011 auprès des patients admis aux cliniques universitaires de Kinshasa, pour lesquels la prévalence de l'automédication entre le début des symptômes et l'hospitalisation avait été évalué à 59,6%, avec un range de produits automédiqués variant entre un à sept [22]. Dans notre série de Goma, ce recours important à l'automédication pourrait être lié au faible niveau de régulation du secteur du médicament, avec des officines pharmaceutiques non tenues par des professionnels du médicament. En effet une étude récente sur le profil des établissements pharmaceutiques dans la ville de Goma a montré que 88% d'officines pharmaceutiques sont tenues le plus souvent par du personnel infirmier et seulement 7% d'entre elles par des assistants en pharmacie et 2% par des pharmaciens [23]. Ce personnel infirmier, dans un contexte d'un contrôle insuffisant par le régulateur, serait tenté à répondre aux sollicitations de la patientèle, qui accéderait ainsi aux médicaments, sans un examen médical préalable assorti d'une ordonnance médicale.

Les résultats de notre étude, qui recourent partiellement ceux de l'étude menée dans la ville de Kinshasa, capitale de la RDC et globalement ceux de l'étude menée dans la ville de Lubumbashi, au Sud-Est de la RDC, posent question par rapport à la cohérence des politiques, des normes et des pratiques d'organisation et de régulation des services de santé et des établissements pharmaceutiques en milieu urbain de la RDC.

Ce recours privilégié de la patientèle vers les services informels, suivi des services médicalisés, traduit indirectement une inadéquation de l'organisation des services de santé formels avec les attentes de la patientèle urbaine. Cette inadéquation avait déjà été documentée par Tonglet et Grodos [7] il y a une vingtaine d'années, au terme d'une analyse des cas d'organisation des services de santé urbains dans six villes africaines (Ouagadougou, Dakar, Cotonou, Brazzaville, Yaoundé, Bamako). Tout en reconnaissant la pertinence du modèle de district de santé en milieu urbain, cette étude a particulièrement insisté sur l'adaptation du modèle de district de santé aux particularités du contexte urbain, tout en préservant la finalité du modèle.

Discutons à présent les résultats de cette étude au regard des particularités du contexte urbain, y compris les attentes de la patientèle urbaine, qui ne sont pas assez prises en compte. En effet, la répartition des zones de santé urbaines, en aires de santé, semble avoir une importance relative, pour la patientèle. Cette relativité est d'autant grande, que l'offre des soins est plurielle, donnant plusieurs alternatives à une patientèle plus instruite et exigeante et qui mesure bien les limites dans les domaines du diagnostic du seul personnel infirmier œuvrant au sein des centres de santé non médicalisés. En effet, les services de santé de première ligne doivent offrir une gamme complète de services intégrés de diagnostic, curatifs, de réadaptation et palliatifs [1]. Cette gamme d'offre de qualité n'est pas réellement disponible, au niveau des centres de santé tenus par le seul personnel infirmier en milieu urbain de Goma.

Face aux particularités du contexte urbain, comme l'ont proposé l'OMS [1] et Criel *et al* [24]., une des approches à privilégier en milieu urbain au premier échelon est celle d'une équipe de coordination des services de santé essentiels pour des soins continus, complets, centrés sur la personne, qui capitalise les expertises de plusieurs acteurs, tant publics que privés présent au sein d'un réseau de santé urbain. En effet, le milieu urbain regorge des expertises de soins dans des domaines divers comme celui du diagnostic, des urgences obstétricales et d'autres, certains traitements spécialisés, le renforcement des capacités (formation) du personnel, l'assistance sociale, etc... Face à toutes ces expertises, l'équipe pourrait coordonner une bonne prise en charge des patients et assurer la médiation, la référence de la patientèle, dans une logique fonctionnelle, pour ainsi rencontrer de manière pertinente les attentes des usagers. En outre, par rapport à la population de responsabilité, l'on pourrait s'émanciper de l'approche géographique stricte, qui semble globalement passive, et s'ouvrir à une approche plus active, moyennant un système d'inscription. Ce dernier offre l'opportunité de construire une relation responsable et durable entre l'équipe de soins et les ménages qui acceptent de s'engager dans cette relation de soins.

Les éléments de discussion abordés ci-haut sur l'itinéraire thérapeutique au regard des particularités urbaines imposent un changement profond de paradigme d'organisation des services de santé urbains. Un tel processus requiert des études structurées, comme celle proposée sur la réorganisation de la première ligne des soins dans la ville de Goma [25] et une plus grande ouverture entre les instances de gouvernance sanitaire urbaine et les institutions académiques et de recherche, telle que argumentée dans une étude réalisée par Kahindo *et al* [26]. sur les défis sanitaires urbains.

Enfin, discutons le lien entre le genre et l'itinéraire thérapeutique dans la ville de Goma. Dans cette étude, les résultats montrent que 16,5% de ménages avaient comme chef de ménage une femme, avec un niveau de revenu significativement plus bas par rapport à son homologue de sexe masculin. La différence de revenu entre les ménages selon les sexes est probablement révélatrice des sources de revenus instables, prépondérantes chez les chefs de ménage de sexe féminin (commerce, secteur informel, emplois dans le service militaire ou de la police), par rapport aux chefs de ménages de sexe masculin, dont les sources de revenus paraissent plus stables (emplois formels dans les secteurs publics et privés et exercice des métiers). Malgré cette situation inégalitaire, cette étude ne montre aucune différence significative au niveau de la perception de la qualité des soins et des coûts des soins, selon que le chef

de ménage est de sexe masculin ou féminin. De même, il n'a pas été observé de différence en ce qui concerne le nombre d'épisodes maladies et le type d'itinéraire thérapeutique entrepris. Toutefois, le niveau de non-recours aux soins et de mortalité restent plus élevés dans cette catégorie de ménages dont le chef est de sexe féminin, ménages qui semblent globalement plus défavorisés.

5 CONCLUSION

L'itinéraire thérapeutique des patients en milieu urbain de Goma à l'Est de la RDC reste complexe, atypique, dominé par un recours important à l'automédication et secondairement aux formations sanitaires médicalisées.

Ce profil d'itinéraire thérapeutique est révélateur d'une inadéquation entre les attentes de la patientèle et le mode d'organisation des services de santé urbains, qui reste dominé par la réplique en milieu urbain d'un modèle d'organisation hérité depuis plus de 40 ans du milieu rural en RDC, mais qui semble mal s'accommoder aux particularités du contexte urbain en expansion.

Ces résultats devraient inciter à questionner la cohérence des services de santé urbains, et ainsi progresser sur la poursuite des actions de recherche devant permettre à terme, d'adapter les politiques, les normes, les processus d'organisation des services et plus largement la gouvernance des services de santé urbains en RDC. En effet, la mise en œuvre des engagements pris par la RDC à progresser sur la voie de la Couverture santé universelle, ne devrait pas faire l'impasse sur le questionnement suggéré ci-haut, au regard du poids démographique croissant de la population urbaine en RDC.

CONFLIT D'INTÉRÊT

« Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de relation financière ni personnelle qui pouvait les avoir influencés de manière inappropriée en rédigeant cet article »

CONTRIBUTION DES AUTEURS

JBK a coordonné et participé à toutes les phases de l'étude (formulation du protocole de recherche, collecte des données, analyse des données, rédaction de l'article), CK a coordonné la collecte des données, PM, ETM, NM, NNE, CK, HL, DP ont participé à l'analyse des données et à la révision de l'article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Union Européenne et le Gouvernement Belge (DGD) pour le financement du PADISS (projet d'appui au développement intégré du système de santé au Nord-Kivu), projet dans le cadre duquel la collecte des données de cette étude a été réalisée.

REFERENCES

- [1] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2008: les soins de santé primaires - maintenant plus que jamais. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2008.
- [2] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2010: Le financement des systèmes de santé. Le chemin vers une couverture universelle. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2010.
- [3] Organisation Mondiale de la santé et la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/La Banque Mondiale, Rapport mondial de suivi 2017: la couverture-santé universelle: Résumé analytique [Tracking universal health coverage: 2017 global monitoring report]. Genève, Organisation mondiale de la Santé et la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/ La Banque mondiale, 2018.
- [4] United Nations, Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Available at <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>.
- [5] D. Mahler, L. Smeeth, and J. Sekajugo, "Health transition in Africa: practical policy proposals for primary care", *Bull world health organ.*, Vol.88, pp.943-948 | .doi: 10.2471/BLT.10.077891.
- [6] M.F. Chenge, J. Van der Vennet, D. Porignon, N. Luboya, I. Kabyla et B. Criel, "La carte sanitaire de la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo: Partie I: problématique de la couverture sanitaire en milieu urbain congolais, " *Global Health Promotion*, Vol.17, no. 3, pp. 63-74, 2010.
- [7] D. Grodos, R. Tonglet, "Maîtriser un espace sanitaire cohérent et performant dans les villes d'Afrique subsaharienne: le district de santé à l'épreuve, " *Trop Med Int Health.*, Vol.7, pp. 977-992, 2002.
- [8] Y. B. Tape, Analyse économétrique de l'itinéraire thérapeutique des ménages en Côte d'Ivoire. Université de Laval, Mémoire de Maîtrise, 2007.

- [9] EM. Ouendo, M. Makoutode, M.N. Paraiso, M. Wilmet-Dramaix et B. Dujardin, "Itinéraire thérapeutique des malades indigents au Bénin (Pauvreté et soins de santé)," *Trop Med Int Health.*, Vol.10, no.2, pp. 179–186, 2005.
- [10] P. P. Nkoma, "Itinéraires thérapeutiques des malades au Cameroun: les déterminants du recours à l'automédication. 7ème Conférence sur la Population Africaine: Dividende démographique en Afrique: Perspectives, Opportunités et Défis". Afrique du Sud, Johannesburg, 2015.
- [11] M. Ouédraogo, S. Kouanda, K. Boncounou, M. Dembélé, Z. A. Zoubga, S. M. Ouédraogo, G. Coulibaly, "Itinéraire thérapeutique des tuberculeux bacillifères dépistés dans deux centres de traitement de la tuberculose au Burkina Faso," *Int J Tuberc Lung Dis*, Vol. 10, no.2, pp.184-187, 2006.
- [12] K.J. Manzambi, "les déterminants du comportement de recours à la polyclinique conventionnée en milieu urbain africain: Résultats d'une enquête de ménage menée à Kinshasa, Congo," *Revue Psychologie et Société Nouvelle*, Vol.7, pp. 280-308, 2009.
- [13] M.F. Chenge, J. Van der Vennet, N.O. Luboya, V. Vanlerberghe, M.A Mapatano, and B. Criel, "Health-seeking behaviour in the city of Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo: results from a cross-sectional household survey," *BMC Health Services Research*, 14: 173 doi: 10.1186/1472-6963-14-173, 2014.
- [14] L. Pech, K. Büscher, and T. Lakes, "Intraurban development in a city under protracted armed conflict : patterns and actors in Goma, DR Congo," *Political Geography*, vol. 66, pp. 98–112, 2018.
- [15] K. Büscher and K. Vlassenroot, "Humanitarian Presence and Urban Development: New Opportunities and Contrasts in Goma, DRC," *Disasters*, Vol. 34 Suppl 2 (s2), pp. 256-273 DOI: 10.1111/j.1467-7717.2010.01157.x.
- [16] Ministère de la santé de la RDC. Plan national de développement sanitaire 2016- 2020. Vers la couverture sanitaire universelle. Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC, 2016, 97.
- [17] Division Provinciale de la Santé du Nord Kivu, "Principaux indicateurs de la province au regard des cibles," *Bulletin du Système d'Information Sanitaire et de Surveillance Epidémiologique BUSISE spécial 2018*, pp.4-30, 2018.
- [18] JB.M Kahindo, H. Karemere, L. Nyavanda et N.P Mitangala, "Morbidités et système de santé en RDC: Synthèse interprétative et critique de la littérature," *Annales de la Faculté de santé et développement communautaires de l'ULPGL de Goma. Revue Scientifique* ISSN 1813-3886, Vol. 2, pp.125-156, 2018.
- [19] WHO. World Health statistics. Monitoring sustainable development goals. Geneva, WHO; 2017.
- [20] P.B. Katchunga, K.J.R M'Buyamba, B.E.Masumbuko, D. Lemogoum, Z.M. Kashongwe, J.P. Degaute, J.M. Kabinda, "Hypertension artérielle chez l'adulte Congolais du Sud Kivu: résultats de l'étude Vitara," *Presse Med*. Vol. 6, no. 4, pp. 315-323, 2011. PubMed | Google Scholar.
- [21] L. Mbenza, E Beya, F. Ekwanzala, N. Vangu, D. Nahimana, F. Mbungu, K. Mbuyamba, I. Biyeleli et M Mupepe, Enquête sur les facteurs des maladies non transmissibles à Kinshasa, capitale de la RD Congo. Kinshasa, OMS, 2006.
- [22] F.M.I Ndol, F.L. Bompeka, M. Dramaix-Wilmet, P. Meert, M. Malengreau, N. N. Mangani, F.M. Tsobo, D. Koné, "L'automédication chez des patients reçus aux urgences médicales des Cliniques Universitaires de Kinshasa," *Santé publique* vol. 25, no. 2, 2013.
- [23] ULB Coopération, Rapport d'étude sur l'offre des soins dans la ville de Goma en RDC. Goma, ULB Coopération – PADISS NK, 2018.
- [24] B. Criel, V. De Brouwere, S. Dugas, *Integration of vertical programmes in multi-function health services*. Antwerp, ITGPress, 1997 (Studies in Health Services Organization and Policy 3).
- [25] M.JB. Kahindo, A. Simbi, M. Vitale, N.P. Mitangala, Y. Coppieters, D. Chinnici and H. Lambert "Urbanization and health services: developing a new model of primary health care in Goma (Democratic Republic of Congo)," *Cities & Health*, 2019. DOI: 10.1080/23748834.2019.1693792.
- [26] M. JB. Kahindo, N.P. Mitangala, A. Echterbille, "Adresser les défis sanitaires urbains des pays en développement: contribution des institutions universitaires," *Annales de la Faculté de santé et développement communautaires de l'ULPGL de Goma. Revue Scientifique* ISSN 1813-3886 Vol.1. no.3, pp.16-30, 2020.

