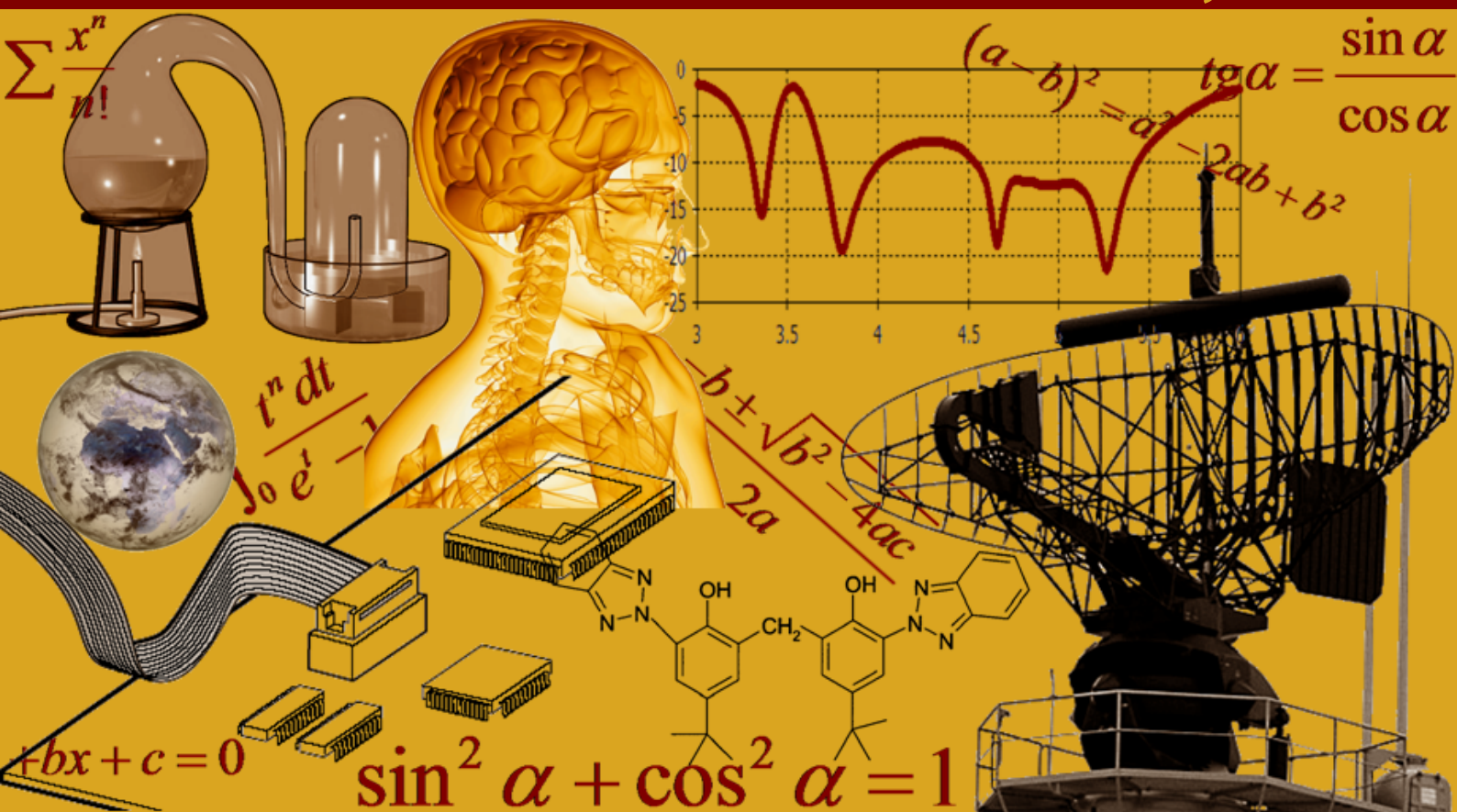


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 37 N. 1 June 2018



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*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Brownfield Development Scenario in India and Prospective Challenges<br><i>Ravindra Patnayaka</i>                                                                                                                                                                                                           | 1-12    |
| DYNAMIQUES URBAINES ET MUTATIONS DES TERRITOIRES D'ABOMEY ET DE BOHICON (REPUBLIQUE DU BENIN)<br><i>N'gnonissè Mèdèhouénou TOSSOU, A.R.A. SALIOU, T. VIGNINO, D.J. GUEDENON, and Noukpo AGOSSOU</i>                                                                                                        | 13-25   |
| Les pratiques résidentielles des étudiants de l'université Alassane Ouattara: Entre insuffisance des résidences universitaires et proximité du lieu d'étude<br><i>OUSSOU Anouman Yao Thibault and KONAN Nzué</i>                                                                                           | 26-37   |
| L'étude des facteurs perturbateurs de réseau de communication<br><i>Germain FOMULAC MISIRAGENDA and Justin BAHATI KAHINDO</i>                                                                                                                                                                              | 38-47   |
| Estimation des coûts de la lutte contre la malnutrition des enfants vulnérables à Kisangani (RD Congo)<br><i>Alphonse Biye</i>                                                                                                                                                                             | 48-57   |
| Effets de la fermentation sur les caractéristiques physico-chimiques et fonctionnelles de farines composites à base d'amande de cajou ( <i>Anacardium occidentale</i> ) et de blé ( <i>Triticum aestivum</i> )<br><i>TOUZOU Bleou Jean Jaurès, Doudjo SORO, SORO Soronikpoho, and KOFFI Kouadio Ernest</i> | 58-69   |
| Caractérisation écotoxicologique des effluents des Cliniques Universitaires de Kinshasa traités en UASB par les bios essais aux «Gambusias affinis»<br><i>Louis O. LUBIENO, Athanase N. KUSONIKA, Olivier N. NDAYWEL, and Emmanuel M. BIEY</i>                                                             | 70-82   |
| Etat Phytosanitaire de l'Oranger ( <i>Citrus Sinensis</i> ) Cultivé dans la Plaine de la Ruzizi: Cas de Sange<br><i>Thomas MUPENDA Kikuni</i>                                                                                                                                                              | 83-89   |
| Phytodiversité et paramètres de structure de la forêt péri-urbaine de la Djoumouna (Brazzaville - Congo)<br><i>Victor Kimpouni, Jean de Dieu Nzila, Charme Maïdet Massamba Makanda, Yallo Mouhamed Salisou, and Jean-Pierre Kampe</i>                                                                      | 90-110  |
| ELABORATION D'UN MODELE OPTIMAL DE PRODUCTION D'UNE ENTREPRISE INDUSTRIELLE ET SON IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE DANS LA VILLE DE BUKAVU : CAS DE LA BRALIMA SIÈGE DE BUKAVU<br><i>MINANI MUSOBWA Jonathan, BAGALWA KALIMBIRO Blaise, and NYAMAZI LUKOO Eustache</i>                                             | 111-118 |

## Brownfield Development Scenario in India and Prospective Challenges

**Ravindra Patnayaka**

GITAM School of Architecture,  
Gandhi Institute of Technology and Management (GITAM), Deemed to be University,  
Gandhi Nagar, Rushikonda, Visakhapatnam-530045, Andhra Pradesh, India

---

Copyright © 2018 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:** Sustainable development approach of the contemporary times is vitalizing the potentiality of Brownfields. Future developmental strategies anticipate Brownfield development to confer the optimization of greenfield development strategies. 'Brownfield Development' is considered to be one of the wisest approaches in the redevelopment applications from the past few decades across the globe. Practicalities demanded a technical approach in identifying and treating brownfields so as to get sustainable results. Successful case examples accorded that scientific treatment of brownfields yielded effective results in US and UK. This paper helps in knowing the characteristics of brownfield sites; understanding the implications of scientific treatment of brownfields with successful case examples across the world. This paper focuses on critically analyzing the scenario of 'brownfield development' in India; contemporary status and expected future challenges. Brownfield development strategy in India is limited to urban planning framework, with a negligible count of technically dealt projects. India, being a developing nation with rich diversity and resource potential, anticipates sustainable results in redevelopment implications. This study predicts certain challenges such as environmental related issues, managerial techniques, technical assistance for remediation, infrastructural development, shortcomings in contemporary methodologies in India etc. And, tried to recommend few strategies by taking due reference from successful examples on real time. Inferring from the predicted circumstantial lattice, this research concludes with identifying the necessity in formulation of an exclusive 'Brownfield Code for India'.

**KEYWORDS:** Technical Assistance, Herr's Island, Mumbai Spinning Mills, Brownfield Code.

### 1 INTRODUCTION

*"Development is inevitable"*

The term "Brownfield" was coined by the Environmental Protection Agency (EPA-US), in 2002. Brownfield sites are defined as "abandoned, idled or underutilized industrial and commercial facilities where expansion or redevelopment is complicated by real or perceived contamination [1]. Brownfield development can be implemented effectively with a proper understanding as well consideration of factors such as economic concerns in real estate, consequential environmental behavior, issues and concerns on public health, land use regulations [2]. Lessons from consequences of conventional climate change also mandated the requirement of environmental protection. Recent studies states that rate of redeveloping brownfield sites are comparatively faster than Greenfield development [3]. Also, brownfield development accords environmental protection and justice with due consideration of concerned issues during redevelopment process [4]. The way the Brownfields are being dealt at global context, especially in US, UK etc., exemplifies the appropriate scientific approaches in the course of redevelopment. Scarcity of available land parcels for new establishments intensifies the importance of brownfields. In India, urban renewal and revitalization processes are being run successfully since many decades, while majority of recent redevelopment strategies are at verge of anticipated application of scientific way treating brownfields.

## 2 UNDERSTANDING BROWNFIELDS

Brownfield sites are underutilized land parcels generally falls within the city core and often in the fringes as well in rural areas. There are cases where a whole settlement is isolated and abandoned due to various reasons. Urban morphology confers the then potential utilitarian aspect of the very site; but, with due course of time the same land parcel becomes barely competent for effective further usage. Such land parcels becomes potential brownfields in the course of urban redevelopment, thus minimizing the requirement of virgin land for the sake of future developments. Identifying and earmarking such potential brownfields requires a proper understanding on the attributes and characteristics of such land parcels.

### 2.1 COMMON CHARACTERISTICS

The following are the certain common characteristics of brownfield sites [5]

- Former manufacturing or industrial land;
- Currently abandoned, inactive or otherwise under-utilized;
- Urban setting;
- Environmental contamination, either real or perceived; and Contamination as the result of prior use.

Additionally, Brownfields can be found at different stages of remediation:

- Wholly unaddressed — no activity past or planned;
- Imminent or planned remediation;
- Partial remediation; or
- Wholly remediated

Land parcels thus identified and earmarked can be conferred for the development by adopting appropriate redevelopment strategies.

## 3 SUCCESS STORIES ON GLOBAL PLATFORM

### 3.1 HERR'S ISLAND , PITTSBURGH, NORTH AMERICA

Herr's Island popularly known as Washington's landing is a 42 acre small island parcel in River Allegheny flowing through dense industrial area onto northern part of Pittsburgh. Initially, owned by William Wilson got a patent on the island in 1792, later purchased by Benjamin Herr in 1797 and named after him used to be a huge vacant land parcel accommodating. The Pennsylvania Railroad bought Island into use as a 'midpoint transit halt' for cargo which had fleet from Chicago to New York. Livestock in the cargo were allowed to take rest as many cattle pens were existed; eventually meat packing and rendering facilities were established.



**Fig. 1. Herr's Island (or) Washington's Landing, Pittsburgh, PA**

The Pennsylvania Railroad bought a portion of the island in 1903 to be used as a stopover for its route from Chicago to New York. Herr's Island served as the midpoint, where the livestock were allowed rest in the many cattle pens located there. Even though isolated from the main city, this island marked its presence for miles around with its emanating stinking smell from the livestock industry, thus called as "Herr's Stink" [6].

### 3.1.1 ENVIRONMENTAL ISSUES

After 1980s Urban Redevelopment Authority (URA) of Pittsburgh conducted a study was made on the environmental impact in Herr's Island, thus produced a report of environmental Contamination Assessment stating that hazardous and nonhazardous wastes producing noxious odors. Samples of volatile Organics, Semi-Volatile Acids, Base/Neutral Extractable, Pesticides, and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) were tested for on the land. Hazardous waste including Poly nuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs), found at levels of 0.4 to 430 ppm, (0.01 to 13 ppm accepted); PCBs, found at levels of 0.01 to 200 ppm (0.01 to 0.1 ppm accepted) were discovered [6].

PCBs are a known cause of adverse reproductive effects, developmental toxicity and tumor development in humans. These contaminants penetrate the body through skin, lungs and gastrointestinal tract and collect in fatty tissues.



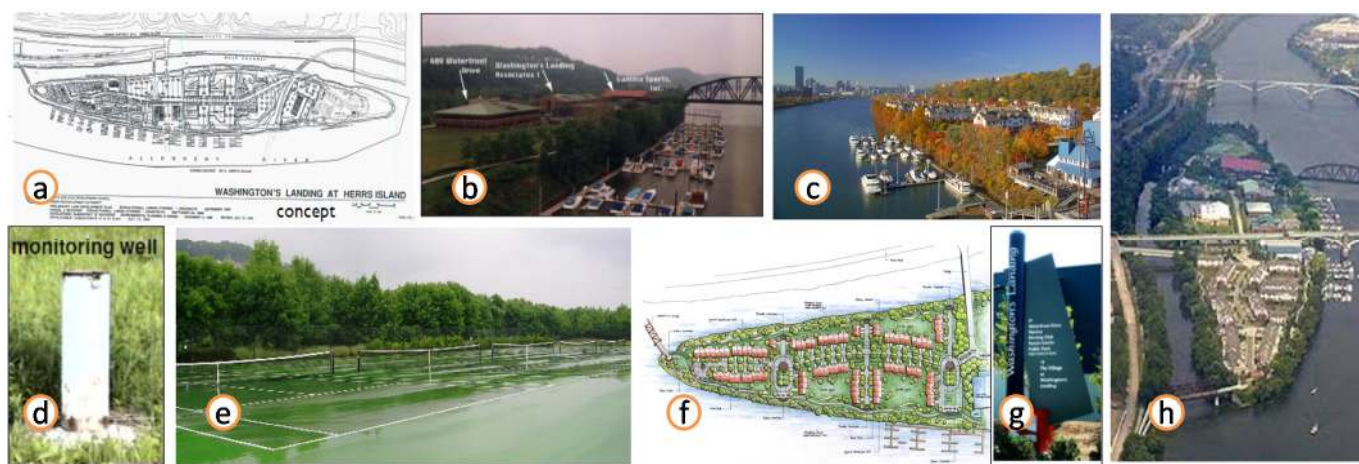
**Fig. 2. Brownfields of Herr's Island**

### 3.1.2 SITE REMEDIATION

Urban Redevelopment Authority (URA) immediately initiated the site remediation for the benefit of environment; being brownfield development project URA implicated a scientific approach for the remediation for the future utilitarian prospects [7]. The process includes excavation and off-site disposal of the contaminated soils; further encapsulation of the soils underneath, using a High Density Polyethylene (HDPE) double lining which turned to tennis courts (Fig 3 e). Also, leach detection and collection systems began on March 12, 1990 by J.H. Water Systems, Inc., for effective monitoring and maintenance of the total redeveloped vicinity.

### 3.1.3 CURRENT STATUS OF THE HERR'S ISLAND

A Strategic and systematic approach in redevelopment of Herr's island resulted in a livable neighborhood, and a major source of recreation for inhabitants. Construction of new bridge, signal automation eased many traffic issues. Maritime related commercial activity centers such as Three Rivers Rowing Association, 400 Waterfront Drive, Washington's Landing Marina Inc., were formed after 1985. Initiative by Urban Redevelopment Authority (URA) for installation of four stainless steel groundwater monitoring wells used to test for leaks of PCBs, thus maintaining environmental cleanliness. URA established a neighborhood accommodating 100 townhouses assuring village atmosphere with sophisticated urban infrastructure in 1997 [8], [6]. Also, an architectural firm was commissioned to prepare a foot print with landscaping layout, thus conferring a healthy and serene environment for inhabitants (Fig 3 c & f [9]) [9].



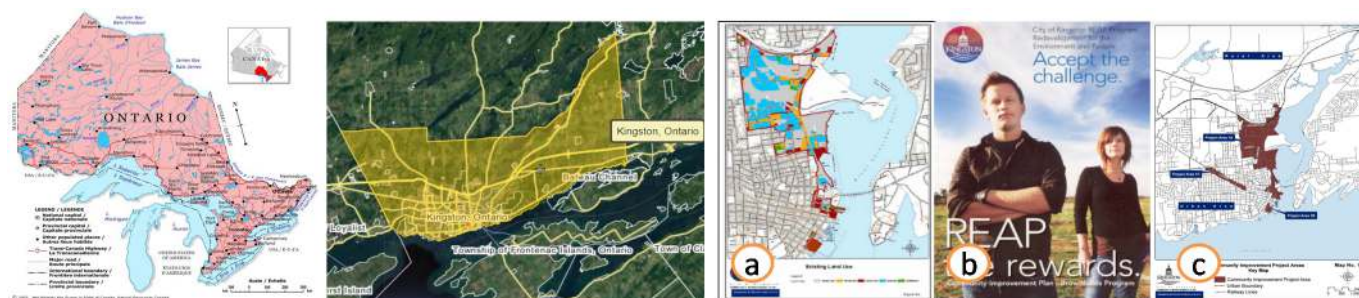
**Fig. 3. Herr's Island Redeveloped**

"Thirty-five years ago, Herr's Island on the Allegheny River was notable for just one thing: the nauseating smells generated by the animal rendering plant housed there. What a difference a few decades--and a vision--can make [10].

### 3.2 CITY OF KINGSTON, REAP PROGRAM, CANADA

#### 3.2.1 OBJECTIVE AND IMPLEMENTATION

Government of Ontario, Canada successfully implemented the Brownfield Development Initiatives in City of Kingston under REAP program; with an objective of 'redevelopment for environment and people' encompassing reducing environmental costs, remove liability, provision for infrastructure optimization, outcome specific focus and encouraging sustainable practices. Ontario Ministry of Environment and Energy explored and studied extensively multiple land use criteria and site specific risk assessment as tools for formulating guidelines such as a) Guidance On Sampling And Analytical Methods For Use At Contaminated Sites In Ontario-1996, b) Guidance on Site Specific Risk Assessment For Use At Contaminated Sites In Ontario-1996 c) Guideline for Use at Contaminated Sites in Ontario-1997.



**Fig. 4. City of Kingston, Ontario, Canada**

City of Kingston, a designated Community Improvement Project by Government of Ontario, revitalized around 529 properties, an old industrial area, infill redevelopment, downtown water front revitalization, inner harbor precinct, and existing commercial core etc., (Fig 5 a-d) for contemporary and future use [11]. City of Kingston with The Province, initiated the brownfield redevelopment program successfully with due consideration of all the formulated guidelines and commissioning technical expertise for execution. Certain managerial strategies in planning and implementation of Kingston REAP program brought effective anticipated results for all the stakeholders, such as Provincial Incentive Program, Brownfields Financial Tax Incentive Program (BFTIP) (Fig 5 e), and Tax Increment-Based Rehabilitation Grant Program (TIRGP) (Fig 5 e) [12].



Fig. 5. Brownfield Development in Kingston - REAP Program

### 3.2.2 BROWNFIELDS FINANCIAL TAX INCENTIVE PROGRAM (BFTIP)

Kingston REAP Program strategy of 'Brownfields Financial Incentive Program (BFTIP)' attracted and benefitted the stakeholders in all the possible ways. Local Authority provides Initial Study Grant (50 % of cost) for the preparation of assessment reports. Exemption given from paying Property Tax for all Municipal as well educational properties, during remediation or construction time; for a maximum period of 3 years.

### 3.2.3 TAX INCREMENT BASED REHABILITATION GRANT PROGRAM (TIRGP)

Post Occupancy, Kingston municipality levies 100% increment to pre-developmental tax. 80% of tax thus paid will be remitted towards remediation costs as well Rehabilitation Grant to the property owner. 20% will be remitted towards Municipal Brownfield Reserve Fund. This provision will be continued for 10 years span. Thereafter property owner needs to pay 100%. Thus, Municipality assured the redevelopment with an appropriate community participation and liability.

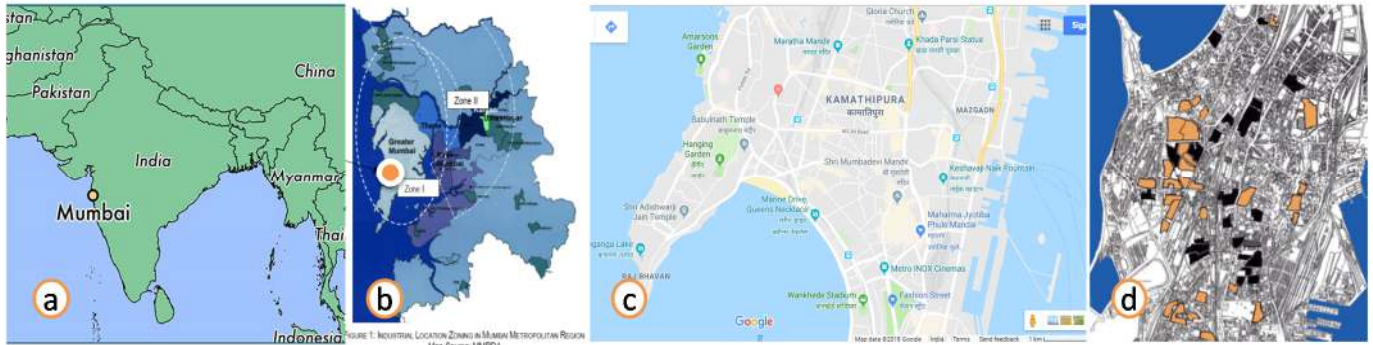
## 4 SCENARIO IN INDIA

India with its rich resource potential, many industries were established during 1850-1900. With the introduction of railways by the British for conveying cargo catalyzed the rate of development of such industrial and colonial settlements. Many Railway Towns were established. With the increment rate of in-migrants into such towns for decades together resulted in high densities, congestions, unhygienic conditions, lack of services etc., thus resulting in urban blight. "Being a developing nation, can India afford to abandon huge parcels of potential brownfields?"- The debate during early decades after independence provocatively triggered the advocacy in redevelopment codes and regulations. Government of India started formulating and implementing urban renewal and urban revitalization strategies for the sophistication and up gradation of social and physical infrastructure by then, which could meet the demands in near future. Delhi, Bombay, Kolkata governments took early initiatives for redevelopment and could able to set standing examples in India. Many other municipalities started renewal programs [13]. In 2005 Remarkable step was taken for urban renewal in India by Jawaharlal Nehru National Urban Renewal Mission (JNNURM) with motto of integrated development; worked on objectives such as provision of basic services to the urban poor, also to assure security of tenure at affordable prices, sophistication of physical infrastructure, sanitation. The Mission also intended to provide proper education, health and social security for the urban poor [14]. However, all the redevelopment strategies implicated to both large scale as well small scale projects in India were formulated and implemented under the framework of prevailing urban planning norms and guidelines; with prime focus on addressing various issues such as land use, up gradation of social and physical infrastructure to meet the future requirement, but with little focus on scientific approach in dealing brownfield sites.

### 4.1 TEXTILE MILL LAND REDEVELOPMENT, MUMBAI

The First Indian cotton mill, "The Bombay Spinning Mill" was established in 1854 to curb the textile importing expenses. The rate of establishing Cotton mills exponentially grew within few decades i.e., by the end of 1895s there were 70 mills and

further 13 mills were launched by 1915. With the strong competition given by Japan mills started declining immediately after independence [15].

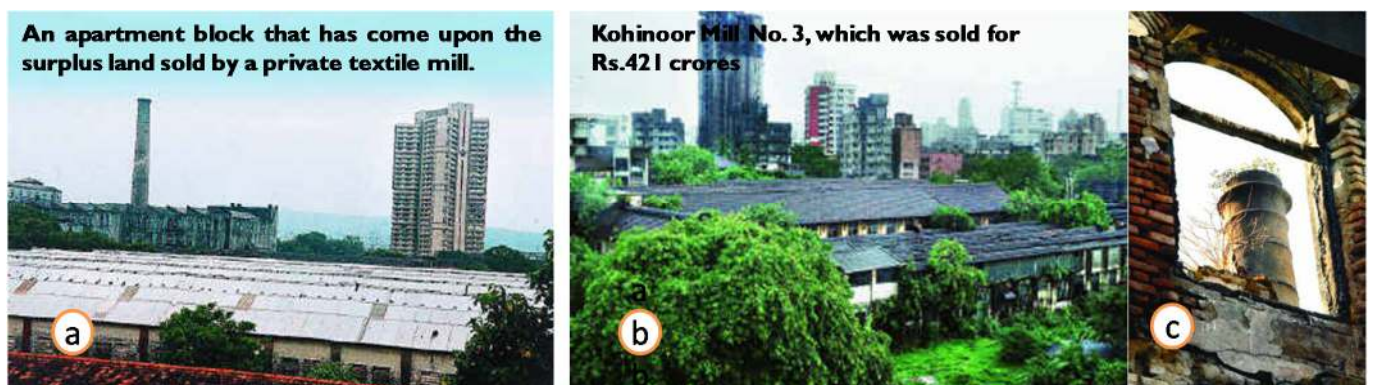


**Fig. 6. Location of Textile Mill Land in Mumbai**

Around 50 Textile mills were located in “Girangaon” meaning “Mill village in central Mumbai by 1950s, spread over dedicated land of 600 acres for the development of textile industry. The vernacular settlement typology of mill workers, community as well societal attributes of Mumbai mill workers predominantly characterized mill precincts for decades [16]. Cotton mills were given to mill owners by erstwhile colonial Bombay government at concessional rates to promote industrial production and were booming till 1970s. Taking over by Power loom sector in Mumbai by 1980s, certain managerial issues, series of strikes for longer durations by mill workers confined the operation and maintenance of cotton mills. Thus, within no time out of 58 cotton mills, 26 were deemed to be ‘sick’, eventually taken over by Govt. of India; other 32 were under private ownership. Gradually deprived private patronage for running of mills has given rise to urban blight in the central Mumbai.

State Government of Maharashtra sought redevelopment of the cotton mills land with an objective of generating open spaces and public housing for the city to create coherent urban form (Fig 7 a-b). As per Development Control Rule 58 imposed in 1991, mill owners were given a provision to sell the mill land by satisfying the following mandatory clauses.

- Bombay Municipal Corporation (BMC) should be handed 1/3<sup>rd</sup> land,
- Maharashtra Housing and Area Development Authority (MHADA) to get 1/3<sup>rd</sup> land. Out of which half land should be given to housing projects for mill workers.
- 1/3<sup>rd</sup> land is to be developed by Mill owner [17].



**Fig. 7. Mumbai Textile Mills Redevelopment**

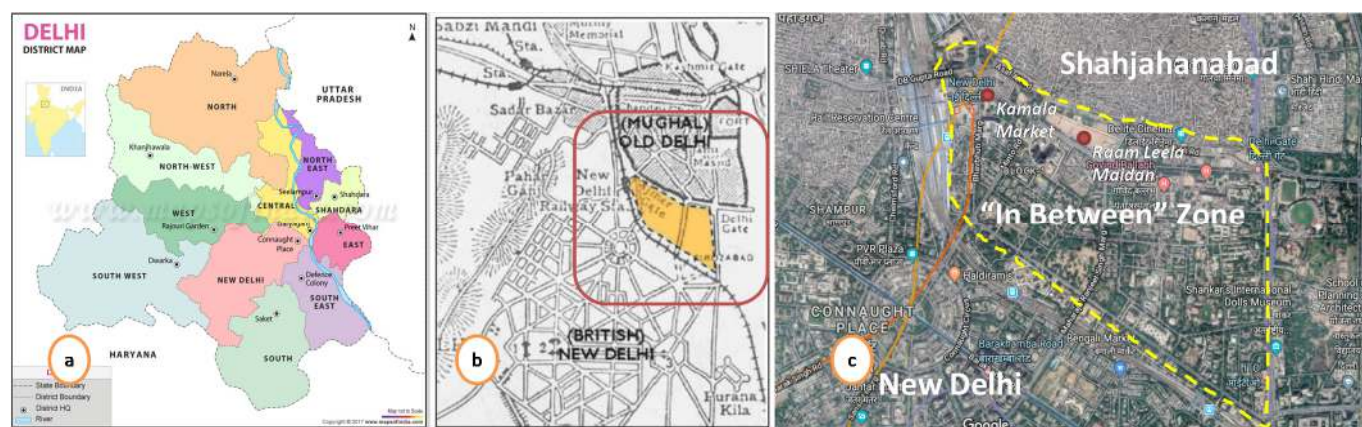
Mumbai Mills Redevelopment set a remarkable example for effective redevelopment strategy that promoted gentrification in Central Mumbai. Many of the abandoned mill lands were revitalized / retrofitted for contemporary utilitarian aspects. However, the total process has been executed with a proper developmental regulation code of conduct. Redevelopment

sought by equitable disbursement of land with respective liabilities among all the stakeholders, conferred the success in the league.

#### 4.2 “IN-BETWEEN” ZONE OF NEW DELHI

*“One of the most challenging developments in cities around the world is renewing and reusing sites that are abandoned, out of use, or have to be renovated to meet current needs at present day standards. This reuse of sites contributes to the compact city concept, because of their location within the existing city boundaries.”*

Delhi’s Master Planning framework is based on a hierarchical system of developmental zones addressing different levels of population needs starting from the neighborhood; the community, the district and further to the zonal and city-level. Delhi, known for its adaptability throughout its transformation from Shahjahanabad to New Delhi, witnessed various redevelopment programs even few centuries ago. Many initiatives have been taken for redevelopment within Delhi; extensive studies executed, recordings, documentation, surveys, feasibility analysis reports were made to accord the sustainable outcome. Recently, revitalization of Shahjahanabad (walled city of Delhi), Chandini Chowk Redevelopment Plan were proposed and executed [18]. The Delhi State Industrial And Infrastructure Development Corporation Ltd. (DSIIDC, 1971) has played a key role in shaping the industrial growth and relocating them into zones specified.



**Fig. 8. “In Between” Resource: Area between Shahjahanabad and New Delhi**

Transformation in urban fabric of Delhi was influenced by vivid administrative liabilities, cross cultural traditions, planning interventions throughout the centuries. In 1912, Sir Edwin Lutyens proposed a planned development towards southern quadrant of Shahjahanabad, intended to be the ‘well-designed capital city of India’. Exclusive capital city with prime focus on designing an administrative quarter was formed by delineating the existing walled city. Shahjahanabad (walled city) has become ‘Old Delhi’, with its blighted settlements. An area along the outer periphery of old city has been conceived as a buffer zone “in-between” the above two predominant areas of Delhi; incorporating Kamala Market, Ram Leela Maidan, few buildings, open packets, parking lots, few city level amenities and squatter settlements

The “in-between” zone falls amidst a historic core of the walled city of Shahjahanabad exemplifying “Medieval Urbanism” and Edwin Lutyens Delhi, a well manifested futuristic vision with western character; thus, having a challenge to balance both the characteristics with its redevelopment implications and imageability. The very precinct had large vacant parcels unoccupied, available for the development at the centre of the city to cater contemporary needs. Development authorities conceived the same area as potential brownfield for mediating old and new, also by bridging the gap at all levels of existence; aiming to promote and enhance functional, physical and sociological coherence [19].

#### 4.3 RAIL LAND DEVELOPMENT AUTHORITY, INDIA

Indian Railways played a prominent role in shaping India’s social and economic development right from the inception. Considered to be the fourth largest railway network in the world with its huge infrastructure is efficiently catering the needs of passengers and cargo conveyance. Indian Railways with a rich history of over and above 100 years constitutes designated land parcels and buildings across the country, serving as amenities. Successful operation and maintenance for many decades resulted in blight of such land parcels, building precincts. To address this issue Rail Land Development Authority (RLDA) was

established, set up by an amendment to Railways Act, 1989; with a prime objective of development of vacant railway parcels for commercial use so as to generate revenue [20].

Age old railway buildings such as staff quarters, office complexes, railway stations and precincts which are on the verge of deterioration and dilapidation are being taken over by RLDA for subjecting them to redevelopment strategies such as retrofitting, revitalizing to meet contemporary and future needs [21].

#### **4.4 RECENT TRENDS IN BROWNFIELD DEVELOPMENT IN INDIA: CASE EXAMPLE - SABARMATI RIVERFRONT DEVELOPMENT**

In early 21st century, with the advancement in awareness on 'scientific approach in brownfield development strategies adopted by developed nations', motivated Indian Government to implicate the similar site specific strategies for attaining an appropriate sustainable solutions. A remarkable example, Sabarmati River Front Development is a successful working project. The Riverfront Project was envisioned in 1960s; but, in 1997 Ahmadabad Municipal Corporation (AMC) launched Sabarmati Riverfront Development Corporation Limited (SRFDCL) to manage the construction and development. Project commenced after the preparation and submission of "Feasibility Report" by Environmental Planning Collaborative.

The Riverfront Project created an opportunity to develop a public riverfront onto the either banks of River Sabarmati for a stretch of 11.25 Km; with total land reclamation of 202.79 hectares by channeling the river to a constant width of 263m, also with reclamation of riverbed land. Sabarmati Riverfront Project prioritized objectives with various concerns such as a) Environmental Improvement: to control soil erosion and thus flood, proper sewage diversion management to assure the cleanliness of the water, retention of water and recharge; b) taking care of resettlement and rehabilitation of riverbed dwellers; c) to promote social interactions by providing socio-cultural amenities, parks; d) Anticipated sustainable development with revitalization of surrounding neighborhoods and assuring a continuous generation of resources [22].

### **5 PROSPECTIVE CHALLENGES IN BROWNFIELD DEVELOPMENT IN INDIA**

Scenario of brownfield development in India infers, the practice of redevelopment strategies in identified underutilized parcels are being perceived to be dealt under regulatory framework of urban planning', predominantly. Exploration of proposed redevelopment approaches are being carried out by due consideration of parameters such as inclusive development, land use characteristics, demand driven proposals, future demand etc. Thus, any renewal and revitalization programs executed in any underutilized parcels can be considered as brownfield development activates. Certain strategies such as pre-identification of probable brownfield sites, site specific technical analysis, scientific remediation procedures, proposing an appropriate and compatible utilitarian aspect after the treatment etc., will be able to give anticipated results with optimization of effects on environment and surroundings thereafter. A systematic and scientific approach in dealing brownfields would definitely accord the sustainable redevelopment. Certain code of conduct in brownfield development, with due consideration of the above discussed issues will be able give an appropriate solution for building better India. Following are certain recommendations proposed in accordance with challenges foreseen, in anticipation of streamlining contemporary strategies, with due consideration of inferences from past history of redevelopment and, for the betterment of sustainable brownfield development practices in India.

#### **5.1 ENVIRONMENTAL CONCERNS**

##### **5.1.1 CONTAMINATED SITES**

Rapid urbanization and industrialization in India is an Indicator for fast growth of the country. Industrial development started in India in mid 1850s resulting in the establishment of many industrial cities, colonial settlements across the country. There was a rapid growth in industrial development in India after World War II; the then industrial land parcels established in the urban fringes, with the expansion of the city, now moved to the center of the city being underutilized parcels due to wear and tear and retarded functionality. Such potential brownfield sites within contemporary CBDs; eventually, demanding the gentrification of the property. Many industries continuously pollute the surroundings (air, water and soil) with effluents, thus becoming catalysts for contaminating the environment within respective influential boundaries. There are so many types of industries, respective effluents which results vivid contamination typologies. So, it is always preferable to know the attributes as well behavior of constituent contaminant for proposing suitable remediation mechanism; further helps in suggesting an appropriate new development which is sustainable. Soil Salinization, top soil contamination, sub strata contamination, ground water contamination are some of the important concerns to look at in site investigation and further remediation.

### 5.1.2 CONVENTIONAL CLIMATE CHANGE

Conventional climate change warned the increment in frequency of occurrence of disasters across the globe, and forecasted the equal chances for eventual occurrence of devastated land parcels. In this regard, preparedness for resilient applications with proper scientific approach can minimize the probable intensity of damage thereafter.

### 5.1.3 ENVIRONMENTAL JUSTICE

Environmental Protection agency (EPA) defines Environmental Justice (EJ) as a fair treatment and meaningful involvement of each and every section of the society irrespective of caste, creed and economic stature. EPA encourages voluntary involvement of people in development, implementation and enforcement of various rules, regulations, policies and laws related to environment, thus making responsible stakeholders in protection of environment.

Being stakeholders, people have an opportunity to participate and express concerns while taking decisions which may affect their environment / health. Such concerns will be considered during decision making process. However, each individual as well every group within the community ought to bear equitable share of any negative environmental consequence, caused by industrial, commercial or governmental policies [23].

## 5.2 SCIENTIFIC TREATMENT OF BROWNFIELDS

Treating a brownfield site scientifically yields an appropriate sustainable solution. Scientific treatment considers all the attributes within past layers of the very site; critically analyses the condition of the site; recommends appropriate site specific remediation mechanisms; execution under technical expertise mitigates anomalies; logically derives the appropriate utilitarian factor that to be imposed on developed site; preparing and promoting the site suitable for anticipated utilitarian values. The process accords a logical approach in identification, assessment, analysis, execution and treatment of brownfield sites in a sustainable manner.

“Is India equipped with appropriate technical expertise for scientific development of Brownfield?”

Unfortunately, the rate of this application in India is negligible. The advantages of technical advisory as well scientific assistance in treating brownfields is not widely known in India yet. Lack of availability of trained professionals / technical expertise / consultants with acquired knowledge; and high commissioning charges for such applications are becoming the retarders to opt such services. Commissioning a technical team might increase in remediation costs, but with a strategic planning one can expect break even in lesser time than intended. The implication of technical approach will be advantageous for environment and stakeholders.

Technical Assistance to Brownfields (TAB) Community Program, an Environmental Protection Agency (EPA) initiative extends technical assistance in redevelopment of brownfield sites. Prime objective of this program to make people understand the risks associated with already contaminated properties as well potentially contaminated sites; also, bringing out awareness in people how to identify, assess and treat the contaminated properties in a sustainable manner for effective reuse. EPA also extending its support by funding certain agencies such as Kansas State University (KSU), Center for Creative Land Recycling (CCLR) and New Jersey Institute of Technology (NJIT) to be the resource centers and extending technical assistance. TAB does have an extensive network of skilled professionals across the country. The best part of TAB is service will be provided at no cost basis, thus promoting a prompt brownfield development for all the communities including underprivileged across the nation [24].

India is developing nation with an incremental rate of urbanization, consisting of vast population, rich geographical diversity and various climate zones; requires a strategic approach in developmental strategies. Research and application of scientific treatment of brownfields optimizes the requirement of virgin land area requirement for development, also rich diversity demands the site specific treatment mechanisms. Research based agencies such as Tata Energy Research Institute (TERI) contributed in preparation of manuals for application of appropriate technologies with region specific conditions for achieving sustainable goals across India [25]. Global Consultants such as SGS group India is offering technical and managerial solutions for redevelopment of abandoned and contaminated sites [26]. However, competency in technically treating brownfields and a proper service chain mechanism needs to be reinforced in India. Thus, increment in quantum of research and technical expertise in scientific treatment of brownfields is anticipated in India within near future.

### **5.3 FORMULATING BROWNFIELD DEVELOPMENT CODE FOR INDIA**

Literature confers the reinforced laws that accord Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA) by United States Environmental Protection Agency (USEPA) taking the initiative in cleaning up abandoned or accidentally formed contaminated sites; by providing Federal "Superfund". EPA cleans up the sites with unidentifiable titles [27]. And the subsequent accompanying Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) passed in 1986, landowners are held strictly responsible for releasing hazardous substances on their property, and liable in assisting Environmental Protection Agency (EPA) for cleaning up activities, before selling of such properties. The law authorizes both short time cleanup activities as well long term remediation processes [28].

Regulatory body shall adopt certain managerial strategies as listed below, which would help in effective execution of the brownfield development activities; also, will be able to promote community participation and partnership in redevelopment activities; likewise, reinforce the social responsibility.

- Formulation of Brownfield Development Code
- Strict implementation of streamlined code
- Making mandate the scientific treatment of brownfields
- Commissioning relevant / site specific technical expertise
- Provision of financial assistance for cleaning up activities
- Incentives such as tax holiday, subsidy / grant for execution of remediation
- Disincentives / penalties for violations and misconduct
- Making landowner held liable for contamination etc.,

### **5.4 INFRASTRUCTURE AND SPATIAL QUALITY IN BROWNFIELDS**

Spatial planning and Infrastructure developments are the key parameters as well driving tools for any kind of development. The task becomes more challenging when it comes to redevelopment. Any kind of redevelopment especially brownfield development demands an appropriate and sustainable solution. Conceiving something on a virgin piece of land during spatial planning requires comprehensive visualization caliber; but, for a brownfield its essential to have a command on overall attributes of the site, sometimes spatial planning may encounter certain constraints from past records. Developing infrastructure for a new development is an interesting task as it encompasses contemporary and future requirements while planning. But, developing infrastructure for a brownfield is more challenging and needs to be dealt with utmost care as it withholds series of layers beneath the proposed redevelopment. Development of brownfields creates an opportunity to opt sustainable planning approach and appropriate infrastructure management; as there is possibility for corrections, appropriations inferred from the past history while going for redevelopment. So, the following all some of the observations made which needs attention while planning a redevelopment or brownfield site.

#### **5.4.1 PHYSICAL INFRASTRUCTURE**

A fair opportunity will be created to design/upgrade/sophisticate all the integral components of physical infrastructure such as electricity, transportation facilities, roads, water supply and sanitation, solid waste management, information and communication technology etc in brownfield site. Among all, water supply and sanitation, especially ground water resource becomes more vulnerable while dealing with contaminated or potentially contaminated sites. Redevelopment demands an appropriate remediation mechanisms with due testing for constituent contaminations in ground water table and soil.

#### **5.4.2 SOCIAL INFRASTRUCTURE**

Presently, the practice of provision of social infrastructure as per demographic requirement is in vogue. Proposing social infrastructure for brownfields requires careful decision making to suit the compatibility with the anticipated development with that of the then existing physical attributes of the vicinity. Suitability and adaptability of particular proposal is a challenging issue.

#### **5.4.3 LANDSCAPING**

Landscaping controls the micro climate, intensifies aesthetics of the surrounding environment. The opportunity thus created for landscaping brownfield vicinity demands a careful and wise approach in selection of species which are compatible

Urban Design is a bridging tool between spatial planning and physical planning. Urban design helps in maintaining harmony, balance, coherence of a given urban setting. Urban design approach intensifies the quality of imageability. So, implication of urban design in developing brownfields gives an appreciable result.

The quantum of research as well application of technical expertise in brownfield development is not being executed in high spirits in India, even though various public and private organizations are pooling efforts for redevelopment of various underutilized parcels. There is a necessity for streamlining the technical methodology for identification, earmarking, application of appropriate mechanisms shall comprehend the sustainability of urban areas in India. Understanding the past layers of selected brownfield, adopting appropriate scientific approach in remediation for the anticipated development certainly accords a meaningful sustainable development. Thus, for the benefit of context, it is advisable to recommend the preparation of 'National Brownfield Code' for India, which helps in identifying, earmarking and treating brownfields scientifically.

- [1] James, R. P., & Edward, N. Z. (2006). *Encyclopedia of Environmental Science and Engineering: A-L*. CRC Press: Taylor & Francis.
- [2] Smith, G. (2008). *WS3\_Smith\_Australia.doc Contributions of Brownfield Development to Urban Internal Expansion and Urban Renewal in Practice*.  
[Online] Available: [http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/1202.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/1202.pdf)
- [3] Campaign to protect Rural England. (n.d.). [Online] Available: <http://www.cpre.org.uk/media-centre/latest-news-releases/item/4257-brownfield-sites-developed-six-months-faster-than-greenfield-sites>  
Sustainable Community Development Group. (n.d.). *brownfields-land-revitalization*. [Online] Available: <http://sustainablecommunitydevelopmentgroup.org/wordpress/issues/brownfields-land-revitalization/>
- [4] What is Brownfield. (2018).  
[Online] Available: [http://brownfieldaction.org/brownfieldaction/brownfield\\_basics](http://brownfieldaction.org/brownfieldaction/brownfield_basics)
- [5] Carnegie Mellon University. (2016). *steinbrenner/brownfields*. [Online] Available: <https://www.cmu.edu/steinbrenner/brownfields/Case%20Studies/pdf/washingtonslanding1herrs%20island.pdf>
- [6] Urban Redevelopment Authority of Pittsburgh. (2018). *brownfield-projects/Washington\_s\_Landing\_final*.  
[Online] Available: <https://www.ura.org/pages/brownfield-projects>
- [7] Urban Redevelopment Authority of Pittsburgh. (n.d.). *Washington\_s\_Landing\_final.pdf*. [Online] Available: [www.ura.org/media/W1siZiZlsljWMTgVMDIvMTQvMzY1aGxsc3RhMV9XYXNoaW5ndG9uX3NfTGFGuZGluZ19maW5hbC5wZGYiXV0/Washington\\_s\\_Landing\\_final.pdf](http://www.ura.org/media/W1siZiZlsljWMTgVMDIvMTQvMzY1aGxsc3RhMV9XYXNoaW5ndG9uX3NfTGFGuZGluZ19maW5hbC5wZGYiXV0/Washington_s_Landing_final.pdf)
- [8] LaQuatra Bonci Associates Landscape Architecture. (2015). *The Village of Washington's Landing, Pittsburgh PA*.  
[Online] Available: <http://www.laquatrabonci.com/project-external-10-washingtonslanding.html>
- [9] Sarah, M. P., & Kathryn, A. W. (1998, 08 24). *Site Information for Washington's Landing Site*.  
[Online] Available: <http://www.ce.cmu.edu/~brownfields/nsf/sites/WASHLAND/info.htm>
- [10] issuu. (2018). *Brownfields*. [Online] Available: <https://issuu.com/esolutionsgroup/docs/635219192962375060>
- [11] Publications and Presentations/brownfields-redevelopment-in-ontario-canada-two-case-studies. (2018).  
[Online] Available: <http://www.malroz.com/publications/brownfields-redevelopment-in-ontario-canada-two-case-studies/>
- [12] Urban Renewal Initiatives in India. In K. S. K, *Urban Renewal in India: Theory, Initiatives and Spatial Planning Strategies*. New Delhi: Sage Publications India Pvt Ltd. (2018).
- [13] Ministry of Urban Development. (2011). *jnnurm.nic.in/wp-content/uploads/2011/01/PMSpeechOverviewE.pdf*.  
[Online] Available: <http://jnnurm.nic.in/wp-content/uploads/2011/01/PMSpeechOverviewE.pdf>
- [14] the mumbai pages. (2005). *bombay/history/cotton.html mumbai pages, the cotton mills*.  
[Online] Available: <http://theory.tifr.res.in/bombay/history/cotton.html>
- [15] Arun, V. S. (2011, September). *Revitalizing Mumbai Textile Mill Lands for the City*. [Online] Available: <https://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.co.in/&httpsredir=1&article=1828&context=theses>

- [16] Me Mumbai. (2016, July 20). *textile-mills/*.  
[Online] Available: <http://memumbai.com/textile-mills/>
- [17] Shahjahanabad Redevelopment Corporation. (2014, August 25). *ongoing+projects/redevelopment+of+chandni+chowk*.  
[Online] Available:  
[http://delhi.gov.in/wps/wcm/connect/DoIT\\_Shahjahanabad/doit\\_shahjahanabad/home/ongoing+projects/redevelopment+of+chandni+chowk](http://delhi.gov.in/wps/wcm/connect/DoIT_Shahjahanabad/doit_shahjahanabad/home/ongoing+projects/redevelopment+of+chandni+chowk)
- [18] Chopra, D. (2008). *Towards Compact Cities "In-between" zones as resource. Case: Delhi, 44th ISOCARP Congress*.  
[Online] Available: [http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/1248.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/1248.pdf)
- [19] RLDA - CMS Team. (2015, July 25). *About Us*.  
[Online] Available: [http://www.rlda.indianrailways.gov.in/view\\_section.jsp?lang=0&id=0,294](http://www.rlda.indianrailways.gov.in/view_section.jsp?lang=0&id=0,294)
- [20] RLDA. (2013, January 31). *regulations-on-development-of-land.pdf*.  
[Online] Available: <http://www.rlda.indianrailways.gov.in/works/uploads/File/regulations-on-development-of-land.pdf>
- [21] Sabarmati River Front Development Corporation Ltd. (2018). *Project Objectives*.  
[Online] Available: <http://sabarmatiriverfront.com/>
- [22] EPA EJ. (2018, April 5). *environmentaljustice/learn-about-environmental-justice*.  
[Online] Available: <https://www.epa.gov/environmentaljustice/learn-about-environmental-justice>
- [23] EPA TAB. (2017, October). *sites/production/files/2015-09/documents/tab-bifold-2-11.pdf*.  
[Online] Available: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/tab-bifold-2-11.pdf>
- [24] Mili, M. (2001). *Energy-efficient buildings in India*. New Delhi: TERI Press.
- [25] SGS SA. (2018). *environment/soil/interpretation-and-modeling/contaminated-land-studies/brownfield-analysis*.  
[Online] Available: <https://www.sgsgroup.in/en-gb/environment/soil/interpretation-and-modeling/contaminated-land-studies/brownfield-analysis>
- [26] US EPA. (2017, August 24). *laws-regulations/summary-comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act*.  
[Online] Available: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act>
- [27] USEPA. (2017, July 24). *superfund/superfund-cercla-overview*.  
[Online] Available: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview>

## DYNAMIQUES URBAINES ET MUTATIONS DES TERRITOIRES D'ABOMEY ET DE BOHICON (REPUBLIQUE DU BENIN)

### [ URBAN DYNAMICS AND MUTATIONS OF THE ABOMEY AND BOHICON TERRITORIES (BENIN REPUBLIC) ]

*N'gnonnissè Mèdèhouénou TOSSOU<sup>1</sup>, A.R.A. SALIOU<sup>2</sup>, T. VIGNINOUS<sup>3</sup>, D.J. GUEDENON<sup>1</sup>, and N. AGOSSOU<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire d'Aménagement Régional & Développement (LARD /UAC), Benin

<sup>2</sup>Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LaRBA/EPAC/UAC), Benin

<sup>3</sup>Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales (LEDUR /UAC), Benin

---

Copyright © 2018 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 population's growth in both territories of Abomey and Bohicon has generated a dynamic of spatial occupation transforming these different spaces. This article has analyzed urban dynamics and the changes that take place there. The adopted methodology combines the documentary research and the diachronic method. The data from the various censuses of the population, the observation and the Landsat TM, ETM +, OLI / Shots images were processed and analyzed. From 1986 to 2017, tree and shrub savannas and swamp formations lost respectively 89% and 35% of their areas in Abomey, while in Bohicon these savannas lost 94% to the detriment of built-up areas, mosaics cultures, fallow lands and marsh forest. The artificialized surfaces of the territories are 50% and 62% of which 17% and 19% of built-up areas respectively in Abomey and Bohicon. In addition to its cultural and administrative functions, Abomey acquires the university function while Bohicon financial, tourism which adds to commercial, administrative and industrial function. The growth of these territories is done by adding new surfaces to the central urban core, so as to merge two districts forming a conurbation. Real urbanization rates have oscillated before settling between 2013 and 2017, to 84% for Abomey and 58% for Bohicon. These transformations would be nourished by peri-urbanization, which certainly could lead to urban sprawl, the factors of which will have to be identified for the sustainable management of these territories.

**KEYWORDS:** urban sprawl, doublet, function, fusion, downtown.

**RESUME:** L'accroissement de la population dans les territoires d'Abomey et de Bohicon a engendré une dynamique de l'occupation spatiale transformant ces différents espaces. Le présent article a analysé la dynamique urbaine et les mutations qui s'y déroulent.

La méthodologie adoptée combine la recherche documentaire et l'approche diachronique. Les données des différents recensements de la population, l'observation puis les images Landsat TM, ETM+, OLI/Tirs ont été traitées et analysées avec les outils statistiques et le logiciel ArcGIS 10.4.

De 1986 à 2017, les savanes arborées et arbustives et les formations marécageuses ont perdu respectivement 89% et 35% de leurs superficies à Abomey tandis qu'à Bohicon ces savanes en ont perdu 94% au détriment des zones bâties, de mosaïques de cultures et jachères, et de forêt marécageuse. Les surfaces artificialisées des territoires sont de 50% et 62% dont 17% et 19% de zones bâties respectivement à Abomey et à Bohicon.

En plus de ses fonctions culturelles et administratives, Abomey acquiert la fonction universitaire tandis que Bohicon celles financières, touristiques qui s'ajoutent aux commerciales, administratives et industrielles.

La croissance de ces territoires se fait par adjonction de nouvelles surfaces au noyau urbain central, de sorte à fusionner deux arrondissements formant une conurbation. Les taux d'urbanisation réels ont oscillé avant de s'établir entre 2013 et 2017, à 84% pour Abomey et 58% pour Bohicon.

Ces transformations seraient nourries par la périurbanisation qui certainement pourrait engendrer l'étalement urbain dont les facteurs sont à identifier en vue d'une gestion durable de ces territoires.

**MOTS-CLEFS:** étalement urbain, doublet, fonction, fusion, centre-ville.

## 1 INTRODUCTION

Plus de la moitié de la population mondiale vit dans les villes et, au cours des cinquante prochaines années, cette proportion atteindra les deux tiers de la population [1]. Ce phénomène d'urbanisation rapide, observé sur tous les continents, concerne à la fois les pays développés et les pays en développement. L'ampleur du mouvement d'urbanisation s'est manifestée dans l'ensemble des centres-villes et dans leurs périphéries qui s'étendent à un rythme effréné [2]. L'urbanisation est le résultat, essentiellement, du développement des périphéries urbaines qui font reculer les frontières entre le milieu rural et urbain, parfois jusqu'à sa disparition [3].

L'Afrique de l'Ouest est le siège, depuis plus d'un demi-siècle, d'un mouvement d'urbanisation intense [4] avec une population africaine qui continue de croître à un rythme de 2,5 % par an [5].

Cette dynamique démographique se manifeste ces dernières décennies d'abord par un accroissement rapide de la population urbaine au Bénin, ensuite par une concentration urbaine qui est à l'origine d'une réduction du nombre de villes de 32 à 27. Seules les communes comme Cotonou, Abomey-Calavi, Bohicon, Abomey et Porto-Novo, Parakou ont un taux d'urbanisation supérieur à 50 % [6].

Avec le croît démographique et l'extension spatiale des villes d'Abomey et de Bohicon, dus à l'urbanisation, il s'est produit de profondes mutations notamment aux plans morphologique, économique et socio-anthropologique du foncier [7].

Deux tissus urbains s'opposent par leur morphologie : Abomey, hétérogène parce que polygénique ; et Bohicon, plus homogène et ordonnée parce que de création récente et exclusivement coloniale [8] pourraient vivre des réalités similaires que Porto-Novo et Cotonou.

La répartition des fonctions entre Abomey et Bohicon fait que ces deux villes se complètent dans la direction de l'espace du centre-sud du Bénin. Cette répartition tisse entre les deux villes de nombreux liens de dépendance réciproque comme l'atteste l'importance relative du trafic routier et téléphonique entre elles [8]. Tous les éléments sont donc réunis pour qu'elles constituent dans un avenir plus ou moins proche une sorte de conurbation ([8]; [9]).

Le présent article étudie le processus d'urbanisation à travers la transformation des territoires d'Abomey et de Bohicon de 1979 à 2017.

Cette recherche vise à déterminer (1) la dynamique démographique ; analyser (2) la mutation spatiale et fonctionnelle et évaluer (3) la dynamique urbaine.

Cet article est articulé autour de la démarche méthodologique comprenant la situation géographique et administrative des deux territoires, les matériels et méthodes utilisés, puis les résultats, et enfin les discussions.

## 2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

### 2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

Les villes d'Abomey et de Bohicon constituent un doublet urbain situé entre 7°6'5,36" et 7°17'26,09" de latitude Nord ; 1°53'15,22" et 2°14'24,08" de longitude Est. Ce doublet est limité au nord et à l'ouest par la commune de Djidja, au sud par les communes de Agbangnizoun et Zogbodomey, à l'est par la commune de Zakpota (Figure 1).

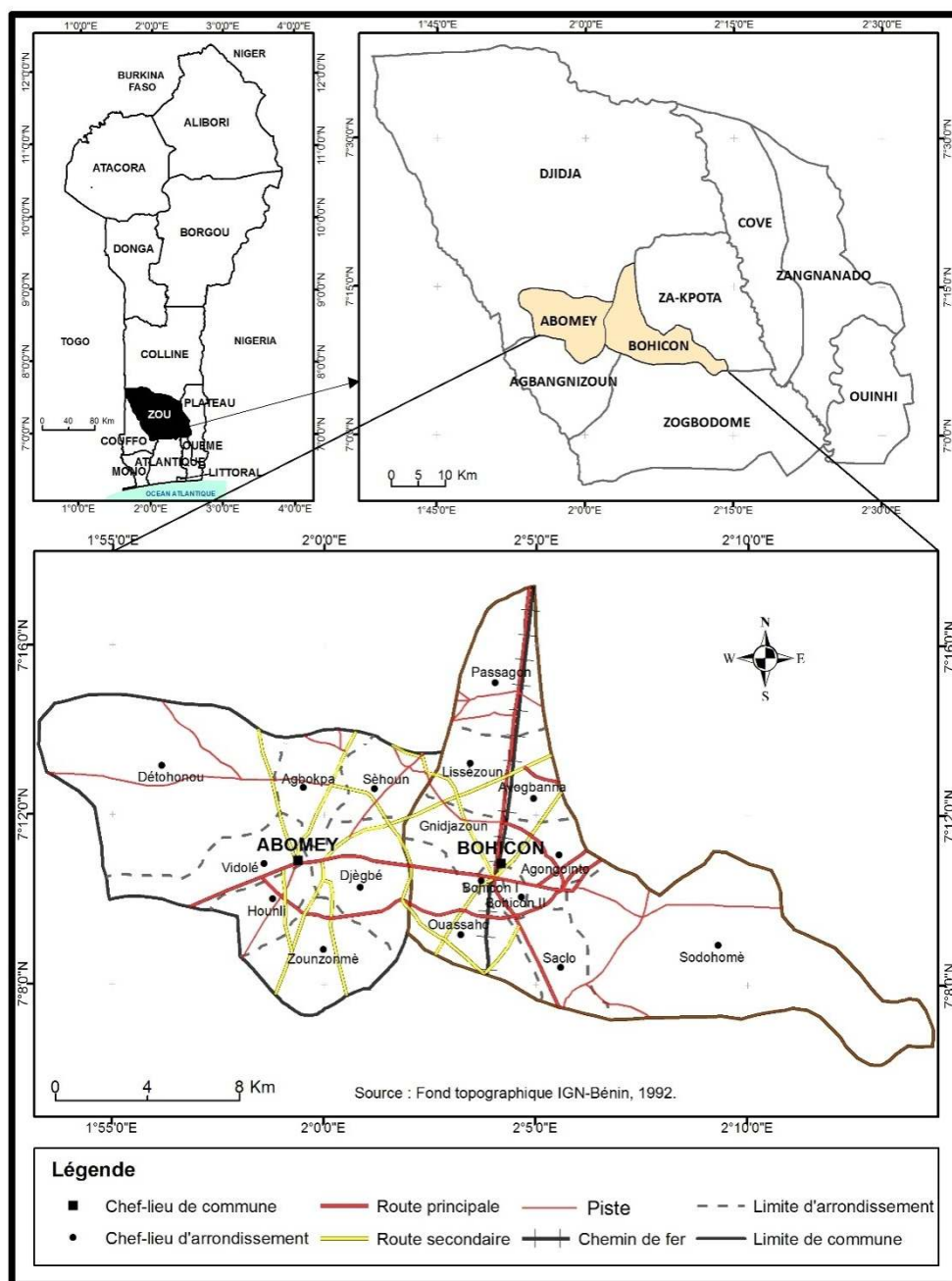


Figure 1. Présentation du milieu d'étude

Le territoire d'Abomey est subdivisé en sept arrondissements (Djègbé, Hounly, Vidolé, Agbokpa, Détohou, Sèhoun, Zounzomè) et composée de 11 quartiers de ville, 18 villages et 210 localités tandis que celui de Bohicon comprend 10 arrondissements (Agongointo, Avogbana, Bohicon I, Bohicon II, Gnidjazoun, Lissèzoun, Ouassaho, Passagon, Saclo et Sodohomè), 17 quartiers de ville, 33 villages et 207 localités (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre d'arrondissements, quartiers de villes et villages d'Abomey et Bohicon

| Ville   | Arrondissement | Quartier de ville/Village | Nombre de localité | Arrondissement | Quartier de ville/Village | Nombre de localité |
|---------|----------------|---------------------------|--------------------|----------------|---------------------------|--------------------|
| Abomey  | Hounli         | Agblomé                   | 2                  | Agbokpa        | Dokon                     | 8                  |
|         |                | Agnangnan                 | 7                  |                | Gnansata                  | 10                 |
|         |                | Hounli                    | 7                  |                | Ouémé                     | 10                 |
|         |                | Zassa                     | 4                  |                | Sonou Akouta              | 3                  |
|         | Vidolé         | Adandokpodji              | 10                 | Détohou        | Sonou-Fiyé                | 3                  |
|         |                | Agbodjanangan             | 11                 |                | Alomakanmè                | 3                  |
|         |                | Ahouaga                   | 9                  |                | Détohou                   | 3                  |
|         |                | Hountondji                | 12                 |                | Guéguézogon               | 12                 |
|         | Djègbé         | Djègbé                    | 14                 | Zounzounmè     | Kodji centre              | 16                 |
|         |                | Djimè                     | 7                  |                | Dilly Cotcho              | 6                  |
|         |                | Gbécon-Houégbo            | 9                  |                | Gbèyizankon               | 5                  |
|         | Sèhoun         | Houao                     | 7                  |                | Lègbaholi                 | 7                  |
|         |                | Houéli                    | 4                  |                | Lokokanmè                 | 5                  |
|         |                | Lèlè                      | 7                  |                | Zounzounmè                | 6                  |
|         |                | Sèhoun                    | 3                  |                |                           |                    |
| Bohicon | Bohicon I      | Agbangon                  | 1                  | Gnidjazoun     | Adamè Adato               | 3                  |
|         |                | Ahouamè                   | 1                  |                | Gnidjazoun                | 5                  |
|         |                | Djognangbo                | 2                  | Sodohomé       | Edjegbemegon              | 8                  |
|         |                | Agbadjagon                | 2                  |                | Lokozoun                  | 3                  |
|         |                | Sehoueho-Houndonho        | 6                  |                | Madjè                     | 3                  |
|         |                | Agbanweme                 | 4                  |                | Sodohomé                  | 3                  |
|         |                | Hèzonho                   | 4                  |                | Todo                      | 3                  |
|         |                | Kpatalokoli               | 3                  |                | Vèhou                     | 2                  |
|         |                | Sémé                      | 3                  |                | Zounkpa                   | 7                  |
|         | Bohicon II     | Adamè Ahito               | 7                  | Saclo          | Atchonmè                  | 8                  |
|         |                | Agonvèzoun                | 5                  |                | Saclo                     | 4                  |
|         |                | Ahouamè-Ahito             | 5                  | Ouassaho       | Ahouali                   | 3                  |
|         |                | Gankon Ponsa              | 4                  |                | Attogouin                 | 3                  |
|         |                | Gbanhicon                 | 2                  |                | Ouassaho                  | 5                  |
|         |                | Honmèho                   | 4                  |                | Volli                     | 4                  |
|         |                | Kpokon                    | 5                  |                | Zounzonsa                 | 5                  |
|         |                | Sogba                     | 5                  | Avogbanna      | Adamè                     | 2                  |
|         | Lissèzoun      | Dakpa                     | 4                  |                | Agbokou                   | 2                  |
|         |                | Houndon                   | 3                  |                | Gbéto                     | 1                  |
|         |                | Lissèzoun Centre          | 3                  |                | Tannou                    | 2                  |
|         | Passagon       | Djohounta                 | 4                  | Agongointo     | Zounzonme                 | 2                  |
|         |                | Hellou                    | 7                  |                | Fléli                     | 2                  |
|         |                | Lotcho                    | 8                  |                | Manaboè                   | 9                  |
|         |                | Sokpadelli                | 6                  |                | Zakanmè                   | 2                  |
|         |                | Tovigomè                  | 14                 |                | Zoungoudo                 | 4                  |

**Source :** [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]; [17] [18], [19] et [20].

## 2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.2.1 MATÉRIELS ET DONNÉES

Le matériel et les données utilisées au cours de cette recherche restent les différents recensements de population, les documents planimétriques et les images satellitaires Landsat 5 TM de 1986, Landsat 7 ETM+ de 2000, OLI/Tirs de 2013 et 2017 en format TIFF de résolution 28,5 mètres. Les données issues des études et rapport de type socio-économique, les recensements de la population réalisés par l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) pour les années 1979, 1992, 2002 et 2013 ont été exploités. Elles ont été complétées par les informations collectées sur les services sociaux de base disponibles sur les deux territoires.

### 2.2.2 MÉTHODES

L'identification des populations rurales et urbaines d'Abomey et de Bohicon en 1979 et 1992 a été effective après la numérisation des documents pour l'extraction des données. Il en a été de même de celle par quartiers et villages.

Les données démographiques issues des recensements généraux de la population et de l'habitat de 1979, 1992, 2002 ont été traitées et mises sous forme de tableau en vue de produire les différents graphes et cartes de densité. Celles des années 1986, 2000, 2025 ont été obtenues par projection à l'aide de la formule (1).

$$P = P_i e^{rt} \quad (1)$$

Avec **P** = population à estimer ; **P<sub>i</sub>** population initiale ; **r** le taux d'accroissement de la population et **t** le temps

Afin d'apprécier le degré de regroupement ou de dispersion des populations, il est fait recours à l'indice de concentration de Gini (*I<sub>c</sub>*). La formule qui permet de calculer cet indice est (2) :

$$I_c = \frac{\text{Population de la ville}}{\text{Population du pays}} - \frac{\text{Superficie de la ville}}{\text{Superficie du Pays}} \quad (2)$$

Trois cas se présentent selon les différentes valeurs que prend cet indice *I<sub>c</sub>* :

- $I_c > 0$  : la population est dite concentrée
- $-1 < I_c < 0$  : la population est dite éparse
- $I_c < -1$  : la population est dite très éparse

Pour la caractérisation de la population urbaine, deux approches ont été utilisées. Il s'agit des calculs respectifs de taux d'urbanisation théorique et celui réel d'urbanisation. Ils s'expriment comme suit (3) et (4) :

$$\text{Taux d'urbanisation théorique} = \frac{\text{Population des arrondissements urbains}}{\text{Population totale de la commune}} * 100 \quad (3)$$

Tandis que :

$$\text{Taux d'urbanisation réel} = \frac{\text{Population des quartiers et villages équipés}}{\text{Population totale de la commune}} * 100 \quad (4)$$

Les cartes de la dynamique de l'occupation du sol ont été réalisées à partir de l'interprétation des images satellitaires disponibles sur le site GLCF. Cela a permis d'analyser la dynamique de l'occupation du sol dans le temps et l'espace et d'évaluer les superficies des différentes unités d'occupation du sol. Il a été procédé à leur étude comparative pour mieux appréhender la dynamique de l'occupation du sol dans le temps (notamment entre 1986 et 2017) et l'espace puis d'évaluer les superficies des différentes unités d'occupation du sol. Toutes ces opérations ont été effectuées avec le logiciel ArcGIS 10.4.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 EVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE D'ABOMEY ET BOHICON

De l'évolution des populations urbaine et rurale, il ressort que l'accroissement de la population urbaine de la ville d'Abomey en 1979 était supérieur à celui de la population rurale (Figure 2).

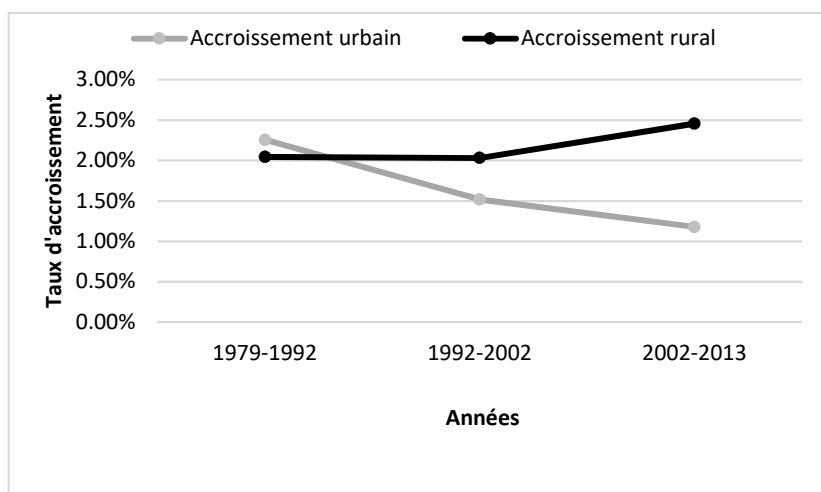


Figure 2. Accroissement des populations urbaines et rurales de Abomey de 1979 à 2013

Source : [10], [11] [12], [13], [14], [15] et [16]

Entre 1992 et 2002 puis à 2013, l'accroissement urbain est inférieur à celui rural. A Bohicon, par contre, entre 1979 et 1992, le taux d'accroissement urbain est supérieur à celui rural (Figure 3). De 1992 à 2002, les taux d'accroissement urbains et ruraux ont baissé mais avec toujours la supériorité de l'urbain sur le rural. Entre 2002 et 2013, pendant que l'accroissement rural baisse celui urbain croît et atteint les 6%.

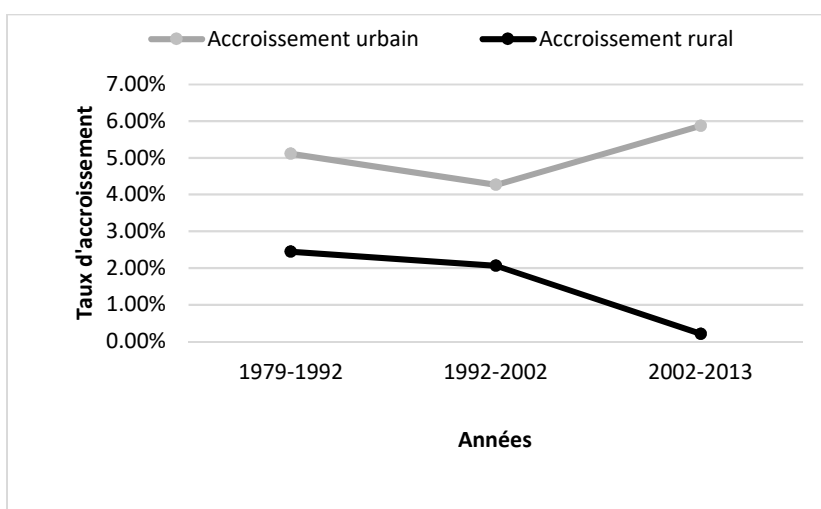


Figure 3. Accroissement des populations urbaines et rurales de Bohicon de 1979 à 2013

Source : [10], [11] [12], [13], [14], [15] et [16]

De la même manière le taux d'accroissement des ménages de 1979 à 2013 est à la hausse. Ainsi de 1979 à 1992, l'accroissement démographique de Bohicon (2,9 %) était plus du triple de celui d'Abomey (0,9%) tandis qu'entre 1992 et 2002, cet accroissement (3,9 %) était le double de celui d'Abomey (1,8%). De 2002 et 2013, Abomey régresse et est à 1,5% alors que Bohicon croît à un taux de 4,6% (Tableau 2).

Tableau 2. Accroissement des populations d'Abomey et de Bohicon de 1975 à 2013

| Paramètres        | Villes                | 1975   | 1979    | 1992    | 2002    | 2013    |
|-------------------|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Population Totale | Abomey                | 41.000 | 50.149  | 66.595  | 78.314  | 92.266  |
|                   | Accroissement Abomey  |        | 5,2%    | 2,2%    | 1,6%    | 1,5%    |
|                   | Bohicon               | 18.000 | 50.819  | 81.890  | 113.091 | 171.781 |
|                   | Accroissement Bohicon |        | 23,8%   | 3,6%    | 3,2%    | 3,7%    |
|                   | Total Abomey-Bohicon  | 59.000 | 100.968 | 148.485 | 191.405 | 264.047 |
| Nombre de ménages | Abomey                |        | 13.008  | 14.545  | 17.445  | 20.463  |
|                   | Accroissement Abomey  |        |         | 0,9%    | 1,8%    | 1,5%    |
|                   | Bohicon               |        | 11.127  | 16.052  | 24.405  | 38.270  |
|                   | Accroissement Bohicon |        |         | 2,9%    | 3,9%    | 4,6%    |
|                   | Total Abomey-Bohicon  |        |         | 30.597  | 41.850  | 58.733  |

Source : [10], [11] [12], [13], [14], [15] et [16]

### 3.2 MUTATION SPATIALE

De 1986 à 2017, sur le territoire d'Abomey, 7 612 ha de forêt claire et savane boisée et 133 ha de formation marécageuse ont disparu au profit de 2 474 ha de zone bâtie, 2 604 ha de mosaïque de cultures et jachères, 2 257 ha de mosaïque de cultures et jachères sous palmier, 41 ha de forêt galerie et 369 ha de savanes arborées et arbustives (Figure 4).

Quant à celui de Bohicon, 12 122 ha de forêt claire et savane boisée ont disparu au profit de 3 155 ha de zone bâtie, 6 506 ha de mosaïque de cultures et jachères, 671 ha mosaïque de cultures et jachères sous palmier, de 670 ha de forêt galerie, 1 040 ha de savanes arborées et arbustives et 80 ha de formation marécageuse (Figure 4).

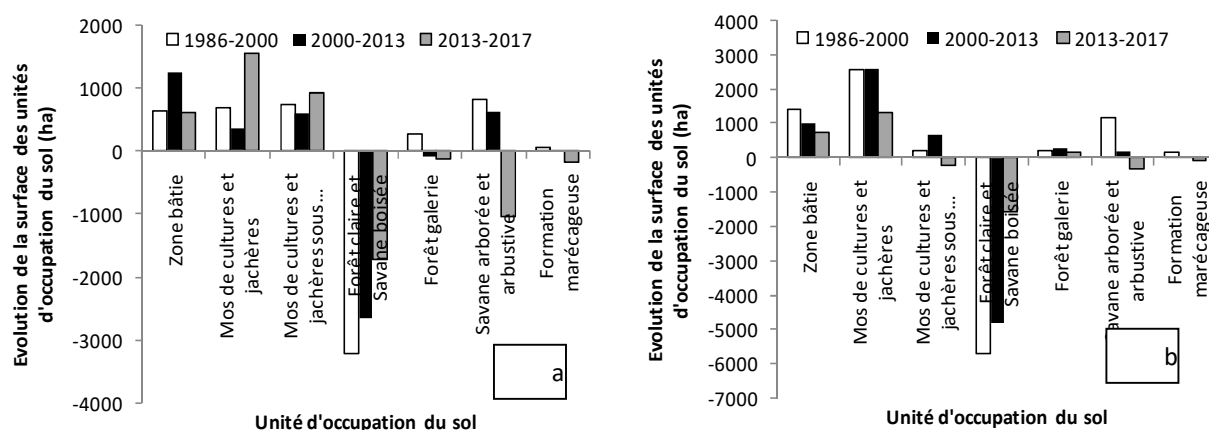


Figure 4. Evolution de la surface des unités d'occupation du sol (ha) à Abomey et à (b) : Bohicon

### 3.3 EVOLUTION FONCTIONNELLE

Abomey est un pôle universitaire abritant l'Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM) suivant le décret N°2006-638 du 13 octobre 2016. Deux universités privées sont disponibles sur le territoire. Ce territoire jouit d'un marché central à Hounli soutenu par huit marchés secondaires répartis dans chaque arrondissement. Deux marchés à bétails accompagnent ces marchés et se situent à Vidolé. Les deux gares routières sont localisées à Hounli et les deux banques (BIBE et BOA) à Djègbé ainsi que la seule société d'assurance (GAB). Sur les deux industries que compte le territoire, une seule est fonctionnelle et produit de jus d'ananas et les dérivés de l'ananas. Celle destinée à produire des biscuits est un éléphant blanc.

Le musée historique de Vidolé étant un patrimoine mondial reconnu par l'UNESCO, a bénéficié d'une réhabilitation de ses infrastructures ainsi que le palais royal qui avait pris feu. Quelques palais existent et tiennent compte des différents rois ayant régné. Ce parc historique attire la curiosité et confirme la fonction culturelle d'Abomey.

Il n'est pas paradoxal de retrouver le rectorat de l'UNSTIM ainsi que deux universités privées à Bohicon. Ces fonctions commerciale et industrielle sont renforcées par la disponibilité de banques (Atlantic Bank, BOA, Diamond Bank, Orabank, EcoBank, UBA BANK, BGFI Bank), et sociétés d'assurance (Africaine des Assurances, FEDAS) lui conférant une fonction financière.

Sept gares routières enrichissent ce territoire avec deux gares ferroviaires. Les travaux de réhabilitation du réseau ferroviaire seront réalisés bientôt et pourraient moderniser ce secteur. Son marché central composé de Sèhi et Ganhi à vocation régionale muni de galeries marchandes situé dans Bohicon II a été réhabilité et est soutenu par huit marchés secondaires disponibles dans les arrondissements ainsi que cinq marchés à bétail. Un site touristique a été identifié à Agongointo et est fonctionnel depuis plus d'une dizaine d'années et est très convoité par les touristes. Deux palais royaux (rois Ganyi Hessou et Dako-Donou) se situent à Ouassaho et constitue également des lieux d'attraction car ils restent des palais de rois d'Abomey qui les ont érigés

Les fonctions initiales des deux territoires ont été renforcées et complétées. Abomey, en plus de ses fonctions culturelles et administratives acquiert la fonction universitaire tandis que Bohicon celles financières, touristiques qui s'ajoutent à celles commerciales, administratives et industrielles. Les deux territoires d'Abomey et Bohicon sont donc complémentaires et l'une dépend de l'autre.

### 3.4 DYNAMIQUE URBAINE À ABOMEY ET À BOHICON

Les populations urbaines d'Abomey et de Bohicon sont respectivement de 74,7% et 54, 6% en tenant compte des centres-villes qui sont urbains. Mais, en se référant à la répartition suivant les populations urbaines considérées par l'INSAE, ce taux doit être relativisé. Abomey a alors une population urbaine de 73,6 % et Bohicon 71,9%.

De 1986 à 2013, les taux d'urbanisation réels varient entre 74% et 90% à Abomey et entre 49% à 68% à Bohicon (Tableau 3). Ces taux diminuent entre 2013 et 2017 au niveau des deux territoires et atteignent 84% à Abomey et 58% à Bohicon. Tout ceci montre la concentration des populations au niveau des arrondissements disposant les services urbains. Abomey jouit plus de services sociaux de base concentrés dans les centres-villes que Bohicon. Les populations occupent de plus en plus les périphéries ce que témoigne les différents taux d'urbanisation.

**Tableau 3. Taux d'urbanisation des territoires d'Abomey et de Bohicon**

|                          |         | 1986   | 2000    | 2013    | 2017    |
|--------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Population urbaine       | Abomey  | 44.649 | 61.305  | 83.153  | 83.153  |
|                          | Bohicon | 31.674 | 71.685  | 117.596 | 130.331 |
| Population totale        | Abomey  | 60.080 | 76.901  | 92.266  | 98.637  |
|                          | Bohicon | 64.655 | 101.675 | 171.781 | 223.520 |
| Taux d'urbanisation réel | Abomey  | 74%    | 80%     | 90%     | 84%     |
|                          | Bohicon | 49%    | 71%     | 68%     | 58%     |

**Source :** INSAE, 1983, 1986, 1988, 1994, 2004, 2016

Pour mieux apprécier la dynamique de l'installation des populations, il est fait recours à quelques transects suivant les axes principaux de communications (Figure 5 et 6).

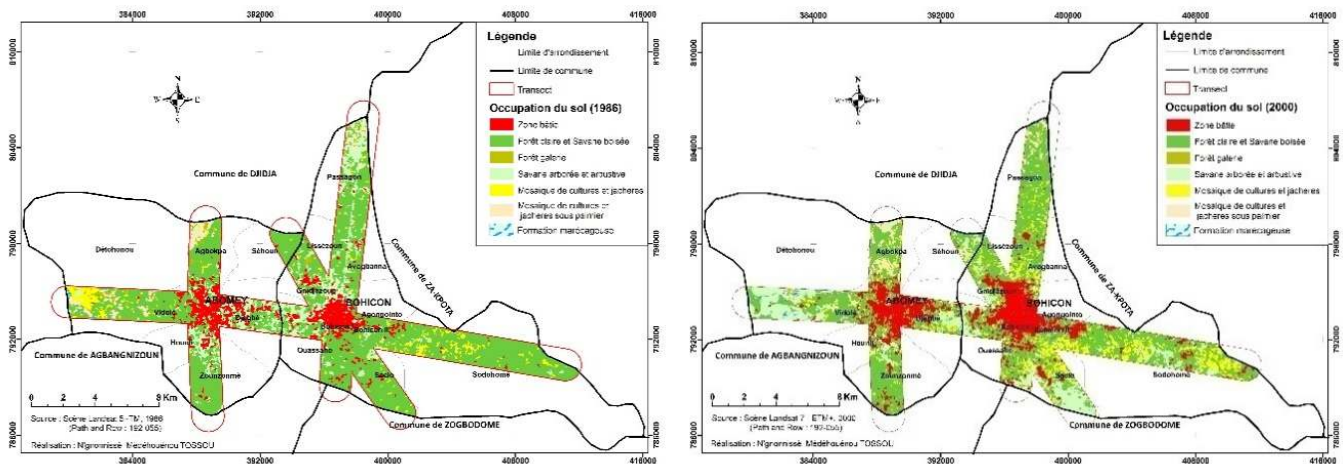


Figure 5. Transects suivant différents axes intégrant Abomey et Bohicon en (a) 1986 et (b) 2000

Source : Interprétation d'images Landsat TM de 1986, Landsat ETM de 2000

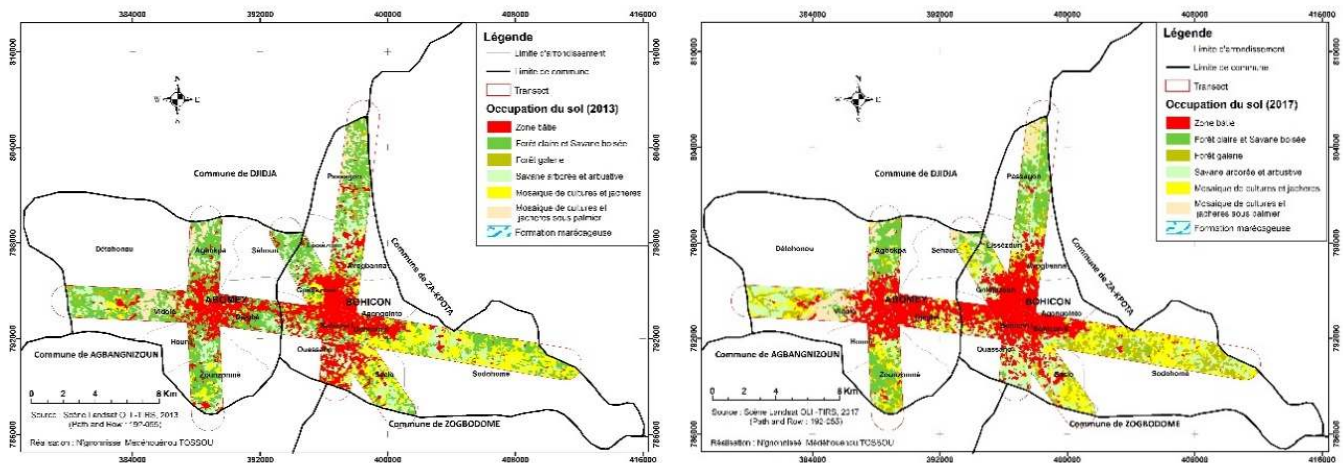


Figure 6. Transects suivant différents axes intégrant Abomey et Bohicon en (a) 2013 et (b) 2017.

Source : Interprétation des images Landsat 8 OLI/TIRS de 2013 et 2017

L'analyse des données révèle que l'occupation des territoires d'Abomey et de Bohicon s'est faite à partir des anciens quartiers des centres-villes, intégrant petit à petit des localités voisines. Cette occupation continue à engendrer la densification progressive de l'espace autour des centres-villes.

Les populations sont très éparées dans les arrondissements de Vidolé, Hounli, Djègbé et Détohou suivant les différents recensements. Agbokpa a une population concentrée en 1979 et 2013 mais cette population est très éparse en 1992 et 2002. Par contre les arrondissements de Sèhoun et Zounzounmè ont des populations concentrées suivant les périodes des recensements.

A Bohicon, les arrondissements de Bohicon I, Bohicon II, Avogbanna, Lissèzoun, Passagon ont des populations concentrées suivant les différents recensements. Pendant ce temps, Ouassaho, Agongointo, Gnidjazoun et Sodohomé ont les leurs très éparées. Saclo quant à lui a une population très éparse en 2013 et concentrée suivant les autres périodes (Tableau 4).

Tableau 4. Indice de concentration des arrondissements d'Abomey et de Bohicon

| Territoire | Arrondissement | Ic      |         |         |         |
|------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|            |                | 1979    | 1992    | 2002    | 2013    |
| Abomey     | Vidolé         | -0,0055 | -0,0425 | -0,0383 | -0,0243 |
|            | Hounli         | -0,0135 | -0,0181 | -0,0097 | -0,0014 |
|            | Djègbé         | -0,1256 | -0,0857 | -0,0895 | -0,0876 |
|            | Agbokpa        | 0,0028  | -0,0003 | -0,0001 | 0,0016  |
|            | Détouhou       | -0,1896 | -0,1688 | -0,1633 | -0,1553 |
|            | Sèhoun         | 0,1077  | 0,1359  | 0,1341  | 0,1269  |
|            | Zounzounmè     | 0,2237  | 0,1795  | 0,1667  | 0,1400  |
| Bohicon    | Bohicon I      | 0,0283  | 0,0204  | 0,0241  | 0,0408  |
|            | Bohicon II     | 0,0653  | 0,0415  | 0,0346  | 0,0493  |
|            | Agongointo     | -0,0356 | -0,0436 | -0,0495 | -0,0482 |
|            | Gnidjazoun     | -0,0148 | -0,0217 | -0,0233 | -0,0123 |
|            | Sodohomé       | -0,3554 | -0,3658 | -0,3694 | -0,3790 |
|            | Saclo          | 0,0395  | 0,0110  | 0,0033  | -0,0014 |
|            | Ouassaho       | -0,0623 | -0,0730 | -0,0790 | -0,0792 |
|            | Avogbanna      | 0,0620  | 0,0751  | 0,0503  | 0,0588  |
|            | Lissèzoun      | 0,1093  | 0,1651  | 0,1893  | 0,1710  |
|            | Passagon       | 0,1636  | 0,1910  | 0,2196  | 0,2002  |

Source : [10], [11] [12], [13], [14], [15] et [16]

## 4 DISCUSSIONS

### 4.1 DYNAMIQUE URBAINE ET DÉMOGRAPHIQUE

L'urbanisation des territoires d'Abomey et de Bohicon s'est faite dans le temps où l'accroissement urbain à Abomey est inférieur à celui rural tandis que l'inverse a été observé à Bohicon. Ce qui indique qu'à Bohicon les centres urbains continuent de se peupler alors que les zones périphériques s'engorgent d'habitants à Abomey. La même tendance de croît urbain à Bohicon est observée en Algérie en Afrique du Nord où la croissance urbaine est passée de 31,4% en 1966 à 70% en 2008, tandis que le taux de la population rurale, estimé en 1966 à 68,6%, baisse en 2008 à 30% [21]. Cette croissance de la population urbaine s'est traduite par la naissance de petites et moyennes villes et par le déclenchement de la périurbanisation.

Tandis que le taux d'urbanisation réel est de 80 % et 71 % respectivement à Abomey et à Bohicon. En 2000 ce taux est passé à 84 % et 58 % en 2017 respectivement dans les deux territoires. Alors que la référence [22] avait déterminé en 2002 un taux d'urbanisation globale du territoire national à 38,85 %. Ce qui indique que Abomey et Bohicon sont largement au-dessus de la moyenne en terme d'urbanisation sur l'échiquier national. A Abomey, pendant que les populations des arrondissements de Vidolé, Hounli, Djègbé et Détouhou sont très éparses, celles de Sèhoun et Zounzounmè sont concentrées suivant les différents recensements. Mais Agbokpa a une population concentrée en 1979 et 2013 puis très éparse en 1992 et 2002. A Bohicon, au moment où les populations des arrondissements de Bohicon I, Bohicon II, Avogbanna, Lissèzoun, Passagon sont concentrées, celles de Ouassaho, Agongointo, Gnidjazoun et Sodohomé sont très éparses suivant les différents recensements. Saclo a par contre une population très éparse en 2013 et concentrée suivant les autres périodes. De façon globale, l'indice de Gini stationnaire à Abomey prouve que la concentration des populations y est moins importante qu'à Bohicon. La tendance de repeuplement des zones rurales a été notée en Bretagne comme partout en France, où depuis 1999, la croissance démographique a été plus forte dans les communes dites rurales que dans les communes situées dans les unités urbaines [23]. Ceci a été expliqué par l'installation des ménages de jeunes adultes où le solde naturel des campagnes redevient positif après plus de quart siècle de stagnation.

La dynamique démographique notée à Bohicon est comparable à celle des grandes villes de l'Union Européenne où il est noté un flux ininterrompu de migrations vers ces métropoles comme Paris, Londres, Madrid, Barcelone, Athènes, Vienne et Berlin. L'excédent de population rurale ayant décliné dans la plupart des États membres, à l'exception de la Pologne et de la Roumanie, la proportion d'immigrés dans les migrations vers les villes a augmenté [24].

## 4.2 MUTATIONS SPATIALES

Pour ce qui concerne la mutation spatiale, Entre 1986 et 2017, Abomey a connu une diminution de 23% des forêts claires et savanes boisées, 2% de forêt galerie, 3% de savane arborée et arbustive et 10% de formation marécageuse au profit de 26% les zones bâties, 20% des mosaïques de cultures et jachères puis 7% de mosaïques de cultures et jachères sous palmiers. Pendant ce temps, Bohicon a bénéficié d'un accroissement de 30% des zones bâties, 32% des mosaïques de cultures et jachères, 10% de mosaïques de cultures et jachères sous palmier, 35% de forêt galerie, 2% de savane arborée et arbustive puis 5% de formation marécageuse au détriment de 25% des forêts claires et savanes boisées.

Globalement, au niveau des deux territoires, les bâties et les surfaces cultivables ont connu une augmentation notoire tandis que les milieux naturels comme les forêts ont drastiquement diminué. Ces résultats sont confirmés dans d'autres contrées du Bénin. A Bembèrèkè par exemple dans le Nord du Bénin, il a été démontré qu'en l'espace de 10 ans, les formations naturelles ont régressé (galerie forestière, forêt dense semi-décidue et décidue, forêt claire et savane boisée, savane arborée et arbustive, savane arborée et arbustive saxicoles) alors que celles anthropiques (savane à emprise agricole, mosaïque de cultures et de jachères, plantation) ont progressé [25]. Cependant, la croissance démographique, l'urbanisation, la vente de terre et la dégradation du potentiel des superficies cultivables entraînent une réduction préoccupante des superficies cultivables par actif agricole [26]. Ce qui est confirmé par d'autres auteurs [27] qui ont déterminé qu'entre 1982 et 2007, tandis que les agglomérations ont accru de 3,07 % à 5,88 % des unités d'occupation du sol, les mosaïques de cultures et de jachères ont diminué de 16,07 % à 10,25 %. Il s'est donc développé un enjeu foncier qui est en défaveur de l'agriculture.

L'occupation des territoires d'Abomey et de Bohicon s'est faite à partir des anciens quartiers des centres-villes surtout le long des axes de circulation intégrant petit à petit des localités périphériques. A Lomé, il a été identifié trois principaux axes qui ne sont autres que les principales voies de communication en direction de l'intérieur du pays, notamment les principales villes le long desquels s'est faite la croissance spatiale [28].

## 4.3 MUTATION FONCTIONNELLE DES TERRITOIRES D'ABOMEY ET DE BOHICON

Pour mieux comprendre l'évolution des territoires, il peut être utile de se demander pourquoi ils existent, c'est-à-dire pourquoi ils ont été bâtis. On trouve sans peine une multitude de réponses à cette question. Chacune illustre l'histoire particulière d'une civilisation et d'un lieu : certains territoires défendent une position politique (les capitales), d'autres accueillent un pouvoir religieux (les métropoles), d'autres encore sont les relais de l'excellence industrielle et économique (les technopoles), [29]. En ce qui concerne Abomey, il joue les fonctions politique et universitaire alors que Bohicon est un territoire commercial, industriel, touristique et financier bien que ces deux territoires soient à la fois culturels et administratifs. Ces différentes fonctions font de ces deux territoires des pôles d'attractions de tout genre qui voient leur population s'agrandir et leur territoire se transformer au fil des temps. Cotonou, la capitale économique du Bénin a les mêmes fonctions industrielle, administrative, commerciale, touristique, culturelle que Bohicon [30]. Ces fonctions font de Cotonou l'une des villes millionnaires de l'Afrique de l'Ouest [30]. Au sud du Bénin, Porto-Novo a des fonctions Politico-administrative, touristique et industrielle légère tandis qu'Abomey-Calavi joue des fonctions commerciale, universitaire d'habitations et autre services [31]. L'évolution démographique de Porto-Novo est fortement corrélée par son évolution économique, au cours du XXe siècle a vu cette ville perdre successivement ses fonctions économiques et commerciales (première moitié du siècle), puis politiques et administratives (surtout seconde moitié) au profit de Cotonou [32].

Les deux territoires d'Abomey et de Bohicon sont donc complémentaires et l'un dépend de l'autre surtout qu'ils partagent les fonctions administrative, culturelle et universitaire. Dans cette même tendance, l'évolution de Porto-Novo est indissociable de celle de Cotonou [33].

## 5 CONCLUSION

De 1979 à 2013, la population d'Abomey a connu un accroissement intercensitaire moyen de 1,81% et Bohicon un accroissement de 3,65%.

L'accroissement de ces territoires a engendré une dynamique de l'occupation de leur sol. Ainsi, de 1986 à 2017, les deux territoires ont vu leurs formations naturelles diminuées au profit des zones bâties et des agricoles.

Abomey se retrouve dans ses fonctions politique, administrative, culturelle et universitaire tandis que Bohicon jouit ses fonctions commerciale, industrielle, touristique, culturelle, financière et administrative.

Les profondes mutations du paysage ont imprimé un nouveau visage aux milieux anciennement ruraux qui ont cédé place à un nouvel espace caractérisé par une accélération de l'étalement urbain et une forte vitesse d'urbanisation. Ces modifications

paysagères sont surtout concentrées le long des principaux axes de circulation. Les matrices de transition prouvent que les unités spatiales comme les jachères et les champs continueront de subir une pression de la demande en parcelles à bâtir. Car si les centres-villes augmentent leur étendue, ils seront contraints d'empiéter sur leur périphérie ce qui est déjà observable.

Les arrondissements de Djègbé et Bohicon I se sont fusionnés et il n'y a plus de démarcation entre Abomey et Bohicon créant une conurbation. Cette transformation des territoires en engendrant la dynamique urbaine occasionne certainement des conséquences telles que la périurbanisation voire l'étalement urbain. Il importe de mener des études sur ces différents aspects afin de faciliter des prises de décisions conséquentes pour une gestion durable de ces territoires.

## REFERENCES

- [1] N. Brender, Etude du dilemme urbain : Urbanisation, pauvreté et violence. Document de synthèse, Centre de recherches pour le développement international, 20 p, 2012.
- [2] R. Aguejdad, Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole. Thèse de doctorat en géographie/ Université Rennes 2 Haute Bretagne, 372 p, 2009.
- [3] J. Medina do Nascimento, La croissance et le système de gestion et de planification de la ville de Praia (Rép. du Cap-Vert). Thèse de doctorat en géographie, Université de Rouen, 358 p, 2009.
- [4] L. Hitimana, P. Heinrigs, M. Trémolières, Dynamiques d'urbanisation ouest-africaines. *Perspectives Ouest-Africaines* / N°01 Juin, Secrétariat du Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest, (CSAO/OCDE), 8 p, 2011.
- [5] L. Daziano, L'urbanisation du monde. Une chance pour la France, Note dans le cadre de ses travaux sur la croissance économique, La Fondation pour l'innovation politique, 47 p, 2014
- [6] O. Thomas, et M. Djaouga, La question de l'urbanisation et de l'offre de service au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Bengéo, Revue semestrielle de Géographie du Bénin*. Université d'Abomey-Calavi, N° spécial, septembre, pp. 25-46, 2008.
- [7] S.H.F. Kakai, Logiques représentationnelles et stratégiques du foncier dans le doublet urbain Abomey-Bohicon au Bénin. *RGLL*, no. 08, pp. 131-144, 2010.
- [8] J. R. Ahoyo, Les villes d'Abomey et de Bohicon : une capitale historique et un centre commercial moderne dans le centre sud du Dahomey (Bénin). Thèse de 3ème cycle de géographie, Université de Paris VII, Paris, 589 p, 1976.
- [9] R.L. Mongbo, Les conflits de frontière intra et intercommunaux au Bénin : replis identitaires et communauté contestée, Colloque international. *Les frontières de la question foncière – At the frontier of land issues*, Montpellier, 16 p, 2006.
- [10] INSAE, Rapport méthodologique, Résultats définitifs (deuxième partie), volume 2, 372 p, 1983.
- [11] INSAE, Rapport méthodologique, Résultats définitifs (première partie), Volume 1, 317 p, 1983.
- [12] INSAE, Recensement général de la population et de l'habitation, volume national, Tome 1, tableaux statistiques, 448 p, 1986.
- [13] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH1). La population du Zou. Cotonou, Bénin, 40 p, 1988.
- [14] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH2). La population du Zou. Cotonou, Bénin, 45 p, 1994.
- [15] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH3). Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 203 p, 2004.
- [16] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4). La population du Zou. Cotonou, Bénin, 37 p, 2016.
- [17] Tecslut International Limitée., Schéma Directeur d'Aménagement Communal (SDAC), Commune de Bohicon, Projet d'appui à la gestion des forêts communales (PAGEFCOM), 86 p, 2010.
- [18] Tecslut International Limitée., Schéma Directeur d'Aménagement Communal (SDAC), Commune de Abomey, Projet d'appui à la gestion des forêts communales (PAGEFCOM), 82 p, 2010.
- [19] Pôl.ARED, Programmation Communale des Ouvrages d'Approvisionnement en Eau Potable, Rapport diagnostic, version finale, Commune d'Abomey, 185 p, 2012.
- [20] Institut Phenix, Programmation communale des ouvrages d'approvisionnement en eau potable, Rapport de programmation, Version finale actualisée, Commune de Bohicon, 92 p, 2014.
- [21] A. Benazzouz-Belhaï, H. Cheballah-Hezil, N.Djelal, Les effets de la périurbanisation sur le réaménagement de l'aire métropolitaine d'Alger. In *La ville Algérienne 50 ans après : Bilan et visions d'avenir*. Edition: Al-Djazair, pp. 135-146, 2014.
- [22] T. Vigninou, L'urbanisation au Bénin de 1960 à nos jours : Etat des lieux et perspectives, *BenGéo*, vol. 8, pp 133-151, 2010.
- [23] J.Y. Le Drian, Pour une gestion durable du foncier au service du développement de la Bretagne, Conseil régional, Direction de l'aménagement et de la solidarité, 15 p, 2012.

- [24] Union européenne, *Les villes de demain - Défis, visions et perspectives*. Commission européenne, Direction générale de la politique régionale. Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne 101 p, 2011.
- [25] B. Fangnon, C.L Babadjidè, A.Y. Tohozin, Impact des activités agricoles sur l'environnement dans la commune de Bembéréké, Les cahiers des maîtrises professionnelles, Vol. 2, pp 24-35, 2010.
- [26] A. Floquet, R. Mongbo, Des paysans en mal d'alternatives: Dégradation des terres, restructuration de l'espace agraire et urbanisation au bas Bénin, SFB 308 Programme spécial de recherche Domaine G, Université de Hohenheim, Allemagne, 191 p, 1998.
- [27] C.A.B. Tohozin, F.B.Agbo, A.Y.Tohozin, T.Guimma, Restructuration de trois anciens quartiers de la ville de Garoua (Cameroun) à l'aide du SIG. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, no 01, pp. 103-117, 2012.
- [28] K.A. Biakouyé, Lomé au-delà de Lomé : étalement urbain et territoires dans une métropole d'Afrique sud-saharienne. Thèse de doctorat en géographie, Universités de Lomé (Togo) et de Paris Ouest Nanterre La Défense (France), 414 p, 2014.
- [29] J. P. Antoni, L'étalement urbain. In : Wackermann G., (Dir.), La France en villes, Ellipses, pp. 164-176, 2010.
- [30] T. Vigninou, A.D. Aichéou, M.D. Baloubi, Etalement urbain et développement des activités commerciales à l'ouest de Cotonou : le cas de l'arrondissement périurbain de Pahou, Notes Scientifiques Hommes et Société, vol .1, pp. 197-214, 2017.
- [31] INTA., Panel et conférence internationale sur l'aménagement du territoire et le développement urbain, Sèmè-Podji, Bénin, 23-29 septembre, 76 p, 2012.
- [32] N.Agossou, Paradoxes de l'étalement urbain à Porto-Novo : Dynamique démographique et économique vs dynamique foncière, Les Cahiers d'Outre-Mer. *Revue de géographie de Bordeaux* 256, Varia, pp. 467-484, 2011.
- [33] B. Allagbé, et O. Edéa, Problématique des micro-entreprises de transport collectif interurbain dans le doublet Cotonou-Porto-Novo au Bénin en Afrique de l'Ouest, EDUCL, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, no 1, pp. 98-110, 2016.

## Les pratiques résidentielles des étudiants de l'université Alassane Ouattara: Entre insuffisance des résidences universitaires et proximité du lieu d'étude

### [ The residential practices of students at Alassane Ouattara University: Between inadequacy of university residences and proximity to the place of study ]

*OUSSOU Anouman Yao Thibault and KONAN Nzué*

Département de Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2018 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:** Stricken by a deterioration in its infrastructure and equipment, the Ivorian university has experienced a renewal of its space by the rehabilitation of all its university infrastructure since 2012. This study aims to analyze the causes and consequences of different residential practices of students enrolled at Alassane Ouattara University. This investigation is possible thanks to a gray literature on the issue of student housing, cartographic backgrounds on the space studied, as well as field work including interviews, a questionnaire and direct observation. The results of our case study reveal that UAO students can not all find accommodation in university residences because of their inadequacy. Thus, the latter then adopt several modes of housing with their many consequences for their accommodation namely, university residences, students hosted and students renting excluding residences academics. Moreover, despite this multiple mode of residence, students prefer the proximity of university sites for their accommodation to the extent that they all prefer to approach these sites to benefit from the services offered.

**KEYWORDS:** Bouaké, University, Student, Residence, Residential location.

**RESUME:** Frappées par une dégradation de ses infrastructures et équipements, l'université ivoirienne a connu un renouvellement de son espace par la réhabilitation de toutes ses infrastructures universitaires depuis 2012. Cette étude vise à analyser Les causes et les conséquences des différentes pratiques résidentielles des étudiants inscrits à l'université Alassane Ouattara. Cette investigation est possible grâce à une littérature grise sur la question du logement étudiant, des fonds cartographiques sur l'espace étudié, ainsi que des travaux de terrains entre autre les entretiens, un questionnaire et une observation directe. Les résultats de notre étude de cas révèlent que les étudiants de l'UAO n'arrivent pas à tous se loger dans les résidences universitaires du fait de leur insuffisance. Ainsi, ces derniers adoptent alors plusieurs modes de logements avec leurs nombreuses conséquences pour leur hébergement à savoir, les résidences universitaires, les étudiants hébergés et les étudiants en location hors résidences universitaires. Par ailleurs, malgré ce multiple mode de résidence, les étudiants affectionnent la proximité des sites universitaires pour leur logement dans la mesure où ils préfèrent tous se rapprocher de ces sites pour bénéficier des services offerts.

**MOTS-CLEFS:** Bouaké, Université, Etudiant, Mode de résidence, Localisation résidentielle.

## 1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire est reconnue comme un pays important dans la sous-région et même dans le monde. De cela, sa population étudiante doit l'aider dans sa conquête d'importance. En effet, la population universitaire d'un pays représente les cadres du

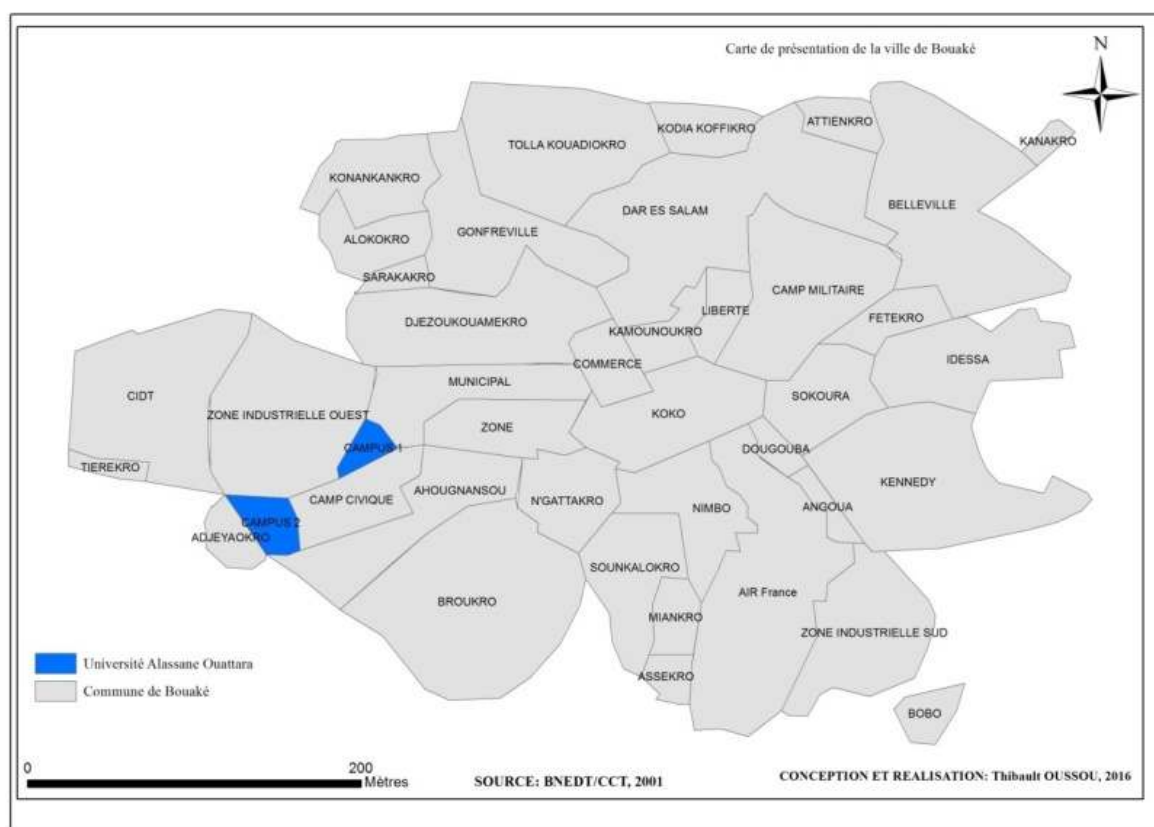
lendemain. Ainsi, dès la fermeture des universités après le période post-crise qu'a connu la Côte d'Ivoire, de nombreux efforts ont été consentis pour l'amélioration des conditions de vie et de travail des étudiants car « les universités publiques ivoiriennes, avant la période de réhabilitation (2012) présentaient un cadre de vie et de travail qui rendaient difficiles les conditions de travail des futurs cadres du pays » [1]. Grâce à ces efforts, les universités publiques ivoiriennes ont été toutes rénovées et se dénotent avec un renouveau, un visage de clarté, attractif. Ce renouveau de l'université est perceptible par la beauté des sites, réhabilitation des résidences universitaires, équipements des universités, adoption de nouvelles réformes pour l'intégration universitaire ivoirienne dans le système international des universités. Bouaké, seconde ville universitaire du pays n'échappe pas à cette réhabilitation. En effet, le logement étant un préalable pour une meilleure intégration des étudiants redistribués dans les villes, cette ville qui renferme l'UAO a renouvelé ses infrastructures de logements pour rendre la vie et le travail étudiant de qualité. Avec l'accroissement incontrôlable de la population dans les universités ivoiriennes, de nombreux sites dans le cadre de l'apport à la multiplication du parc logement étudiant sont trouvés dans les villes... Par ailleurs, Malgré des résultats remarquables quant à la rénovation des infrastructures de logements à l'UAO et des efforts importants déployés dans la résidence étudiante, celle-ci connaît des difficultés souvent dues à l'offre et à la demande très élevée. Les universités, à elles seules ne suffisent pas à contenir tous les étudiants de l'université dans leur logement. Les cités universitaires sont insuffisantes. Ainsi, l'incapacité des logements universitaires à loger tous les étudiants conduit à son tour à une occupation d'un logement intégré à la vie urbaine de la ville.

Ainsi, les étudiants trouvent des stratagèmes pour se loger dans la ville universitaire. Ces stratégies sont fonctions de plusieurs critères pour la localisation. Dès lors, quelles sont les pratiques résidentielles auxquelles sont confrontés les étudiants de l'UAO ? Quels sont les facteurs qui expliquent le choix d'un logement à Bouaké ? Quels sont les impacts de Ces logements sur la vie étudiante ? Ce sont là de nombreuses questions qui nous aideront à avoir un guide pour notre analyse. L'intérêt de cette étude réside dans le fait que le logement demeure le premier fait d'une importance indéniable pour l'intégration des étudiants dans une ville dans l'optique de la continuité des études universitaires. Cette étude vise donc à analyser les pratiques résidentielles des étudiants et les raisons sous-jacentes lors de leur arrivée dans la ville de Bouaké pour la poursuite des études.

## **2 MATERIELS ET METHODES**

### **2.1 MATERIELS**

La présente étude porte sur les différents modes de logements des étudiants de l'UAO après leur arrivée dans la ville pour étude et leurs conséquences dans la vie universitaire. Les logements retenus sont les logements se situant hors des résidences universitaires. Le cadre voulu par cette étude est la ville de Bouaké (figure 1) située au centre de la Côte d'Ivoire et est la 2eme grande ville du pays en terme démographique et économique. Cet article a choisi alors dans ce cas comme population cible, les étudiants inscrits à l'UAO. Cette université a été choisie dans la mesure où elle demeure la seconde grande université en termes de population, d'année d'existence, après celle de l'Université Félix Houphouët Boigny (UFHB). Pour la réussite de cette étude, les statistiques relatives aux étudiants ont été recueillies grâce au service de statistique de l'UAO. Le traitement de nos informations a été rendu possible grâce au logiciel cartographique ArcGis 10.2.1 pour la réalisation et la conception cartographique. Ces traitements ont permis de classer nos résultats sous la forme de tableau, de carte. Pour l'acquisition des données ou informations en ligne, l'usage de moteur de recherche (Google) s'est avéré très utile. Par ailleurs, un appareil photo numérique a été indispensable pour des prises de vues pour ce qui est de l'observation.



**Fig. 1. Localisation de l'UAO dans la ville de Bouaké**

## 2.2 METHODES DE RECHERCHE

Pour atteindre nos objectifs, de nombreuses méthodes ont été utilisées. Dans un premier temps, pour la recension des informations ou la documentation, plusieurs sites de recherches ont été parcourus. Grâce au moteur Google pour le téléchargement de documents (articles, rapports scientifiques, thèses...) sur la question du logement étudiant. Par ailleurs, la lecture de ces ouvrages nous a été d'un apport très indéniable par leur source et leur pertinence dans l'aide à notre réflexion. Pour atteindre notre population cible, la méthode d'échantillonnage choisie est la méthode de quotas prise de manière aléatoire et accidentelle sur les différents campus dans la mesure où nous ne disposons pas d'une base de sondage à jour. Ainsi, une population de 200 étudiants a été prélevée pour les analyses du présent travail. Comme toutes études géographiques, nous avons recouru à certains procédés empiriques. Des entretiens ont été réalisés avec des acteurs intégrés à la question du logement. Pareillement, cette étude est fondée sur une observation directe sur le terrain et sur les acquis d'une recherche antérieure menée en 2014.

### 3 RESULTATS

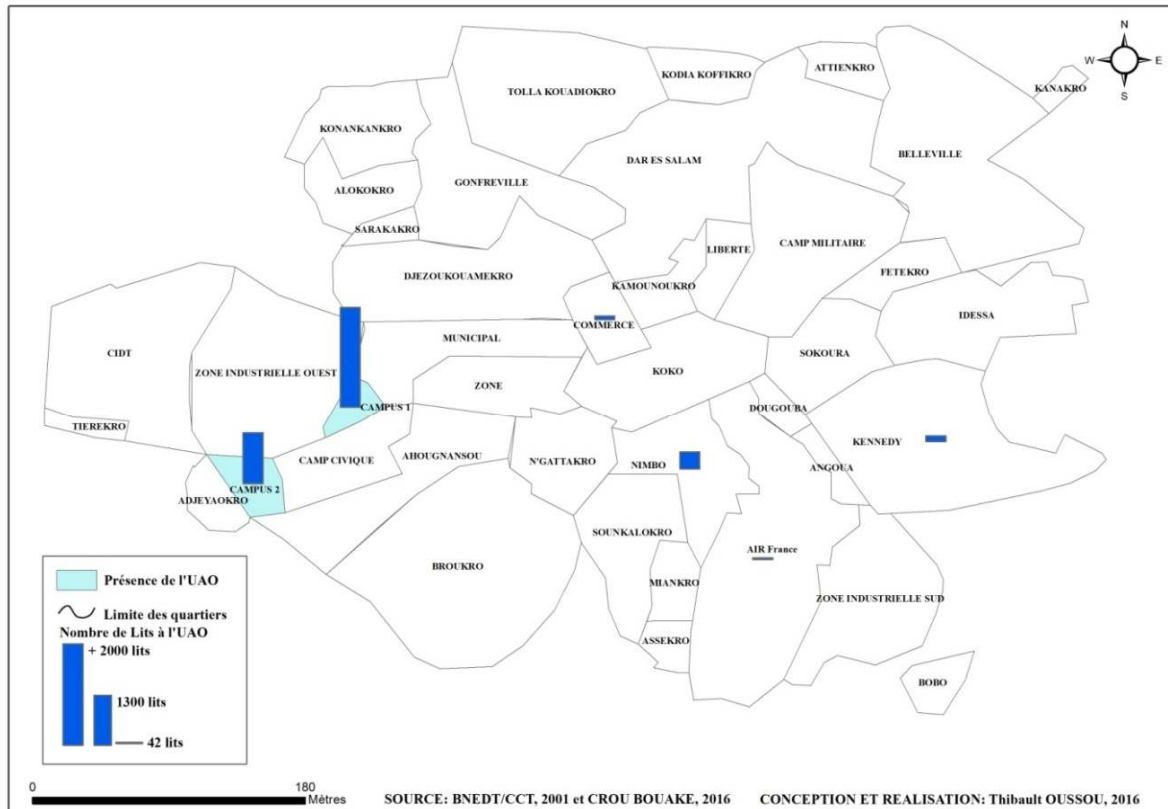
L'entrée dans les études universitaires surtout pour les primo-étudiants constitue bien souvent le premier pas vers la vie adulte et le début de l'autonomie. Si cette autonomie passe encore beaucoup par beaucoup d'aspect entre autre, l'éloignement du foyer parental, l'accès à un logement bien localisé et donnant accès aux services universitaires qu'offre la ville, constitue, à plus ou moins long terme, un passage obligé du parcours universitaire.

### 3.1 LES RESIDENCES UNIVERSITAIRES ET LEUR POIDS DANS LE LOGEMENT ETUDIANT A UAO

La ville de Bouaké abrite la seconde plus grande université du pays dénommée UAO. Dès lors, elle dispose de nombreuses infrastructures pour le logement dans l'appui à l'amélioration des conditions de vie et de travail en milieu universitaire. Cette section analyse les résidences universitaires et les différentes contraintes dans son fonctionnement.

### 3.1.1 UNE MULTIPLICITE DE RESIDENCE DANS L'AIDE AU LOGEMENT ETUDIANT

Le logement étudiant joue un rôle très capital dans la vie étudiante. Une multiplicité de logement est disponibles garce à l'UAO pour les étudiants dans la participation à leur logement.



**Fig. 2. Localisation des logements universitaires de l'UAO et de leur capacité dans la ville de Bouaké**

Les résidences se dispersent dans tout le territoire de l'espace de Bouaké, là où des espaces ont pu être trouvés par les instances universitaires pour accroître leur domaine de compétence. Soucieux de l'importance des logements universitaires dans la vie des étudiants, l'Etat à travers le CROU met à la disposition des étudiants une structure de logement pour leur faciliter leur intégration dans la ville. Cette université par la gestion du Centre Régional des Œuvres Universitaires (CROU) dispose de sept (7) résidences pour le logement étudiant. En ce qui concerne ces logements, les étudiants se logent dans des résidences universitaires publiques et des résidences universitaires privées. Les résidences universitaires publiques au nombre de trois à savoir celle du campus 1, celle du campus 2 et la cité forestière sont celles qui accueillent le plus d'étudiants. Par contre, les résidences universitaires privées au nombre de quatre à savoir la cité de la paix située à Air France, la cité Sainte Marie sise au commerce, la cité des médecins à Kennedy et la cité hôtel située à Air France 3 accueillent moins d'étudiants. La capacité d'accueil des résidences publiques est plus élevée que celle des résidences privées avec près de 1332 lits sur le campus 2 et 2500 lits au campus 1 et sans oublier les 440 lits de la cité Forestière. Dès lors, la capacité des résidences publiques est de 4272 lits pour 1560 chambres tandis que les résidences privées toutes confondues ont une capacité d'environ 500 places. Il revient alors de signifier que les résidences universitaires publiques restent les plus importantes dans l'accueil pour le parc logement à Bouaké avec 90% du parc logement contre 10% pour les résidences universitaires privées dans cette ville. En effet, c'est l'insuffisance des résidences universitaires publiques qui a conduit à la mise en place des résidences privées. Elles sont louées à des particuliers dans la ville qui les mettent à la disposition du CROU, donc des étudiants. Certaines résidences ont une offre plus élevée que les autres. Ce sont les résidences publiques. Au regard de la figure 2, les résidences situées sur les campus ainsi que celle de la cité Forestière ont une capacité plus grande. Cela s'explique par leur typologie au détriment des autres qui sont des résidences privées. Par ailleurs, malgré cette multiplicité de résidences pour les étudiants de l'UAO, celles-ci demeurent insuffisantes.

### 3.1.2 UNE INSUFFISANCE DES RESIDENCES MALGRE LES EFFORTS CONSENTIS PAR LES AUTORITES COMPETENTES

L'UAO offre une multitude de logements pour le logement des étudiants. Par ailleurs, au regard de la croissance des effectifs, la desserte reste complexe et insuffisante. Le tableau suivant clarifie le nombre de chambre ainsi que la population étudiante.

**Tableau 1. Disponibilité des chambres universitaires à l'UAO et desserte étudiante en 2016**

| Universités | Effectifs | Nombre de lits | Nombre de chambres | Ratio étudiant/chambres | Pourcentage des logés |
|-------------|-----------|----------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| UAO         | 18692     | 4651           | 2148               | 09                      | 25                    |

Au regard du tableau, il existe une forte disponibilité de chambre universitaire pour les étudiants à Bouaké. Cependant, la population universitaire qui ne cesse de croître plus que les infrastructures de logements impacte cette disponibilité. Ainsi, théoriquement, c'est un ratio 9 étudiant par chambre si tous devaient être logés. En outre, les étudiants qui devraient ou sont logés représentent une infime part de la population universitaire. A Bouaké, c'est 25% de la population universitaire que l'on retrouve en résidence universitaire, d'où la faiblesse des logés. En effet, avec des effectifs croissants dans les universités au fur et à mesure des années, l'on s'aperçoit de l'inadéquation avec les infrastructures de logements universitaires. Malgré le nombre important de résidences universitaires, celles-ci ne peuvent à elles seules contenir le poids de l'accroissement de la population. Il existe une inadéquation entre le nombre d'étudiants et les infrastructures d'accueil dans les résidences universitaires.

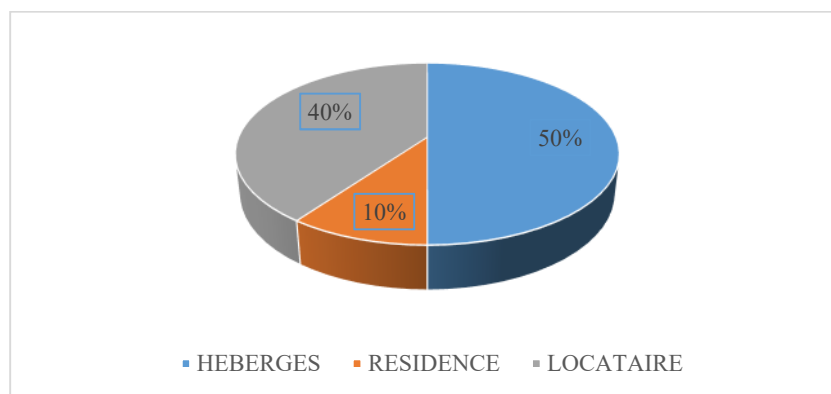
L'insuffisance des résidences universitaires à Bouaké a conduit les étudiants de cette université à user de différentes pratiques pour se loger dans l'espace urbain de la ville et ce en dehors des résidences universitaires. Quelles sont les différentes pratiques résidentielles adoptées induites par l'insuffisance des résidences universitaires dans le logement des étudiants à Bouaké ?

### 3.2 LES PRATIQUES RESIDENTIELLES DES ETUDIANTS DANS LA VILLE DE BOUAKE

Les étudiants de l'UAO, au regard de l'insuffisance des logements universitaires et des caractéristiques socio démographiques de chaque étudiant usent de certaines pratiques en ce qui concerne leur logement. Ainsi, trois types de logements ont été identifiés pour leur permettre une intégration est possible pour la population étudiante de l'UAO.

#### 3.2.1 LES DIFFERENTS TYPES DE LOGEMENTS DES ETUDIANTS DANS LA VILLE

A Bouaké, les étudiants se répartissent dans différents types de logements. Ce sont entre autre, les résidences universitaires, les étudiants qui louent des logements indépendants et les étudiants qui vivent en famille ou chez des tuteurs (les hébergés).



**Fig. 3. Répartition des étudiants sondés selon le mode le logement**

La figure 3 montre que dans la ville de Bouaké, seulement 10% des étudiants sondés résident en résidence universitaire (10%), contre 40% pour ceux qui sont en situation de location et les étudiants qui sont hébergés en famille ou chez des tuteurs représentent 50%. Étudier dans une grande ville implique la prise d'un logement. Le choix des études supérieures n'est pas indépendant du choix de logement, voire pourrait être contraint par lui. En effet, les étudiants en résidence universitaire sont ceux qui sont logés par les infrastructures de logement universitaires et restent les moins nombreux au regard de l'accroissement de la populaire qui évolue plus vite que les infrastructures de logements. En ce qui concerne les étudiants hébergés, ce sont les étudiants qui résident soit chez un parent ou un tuteur. Pour ces derniers, ils jouissent de la présence parentale qui leur permet d'avoir un toit pour le logement. Par ailleurs, pour les étudiants en location, vivre dans un logement indépendant est leur choix car ils n'ont pas de place en cité universitaire mais aussi ceux qui ne disposent pas de la présence du parent dans la ville, d'où leur obligation dans la recherche d'un logement.

### 3.2.2 UNE TYPOLOGIE DE LOGEMENTS INDUITE PAR DE NOMBREUX FACTEURS

D'une pratique résidentielle à une autre, les facteurs sont multiples dans le mode de résidence. Ainsi, en ce qui concerne, les étudiants qui résident dans leur logement personnel, cela s'explique par l'absence de leur parent dans la ville. Ils représentent 40% des sondés du logement indépendant. Ensuite, arrive, les étudiants qui veulent se rapprocher du site universitaire (36%). Une autre raison citée est l'insuffisance des places en résidences universitaires (17%) et enfin ces derniers prétendent vouloir jouir de leur autonomie (9%). En effet, pour l'autonomie certains étudiants soulignent qu'étant devenu grand et étant dans une logique de « se débrouiller » dans la vie, il préfère se louer une entrée coucher ou un studio ou un appartement qui leur permettra un mieux-être que d'être chez un tuteur avec ses nombreux interdits qui empêchent de vaquer aux occupations quotidiennes et disposent de toute leur liberté universitaire.

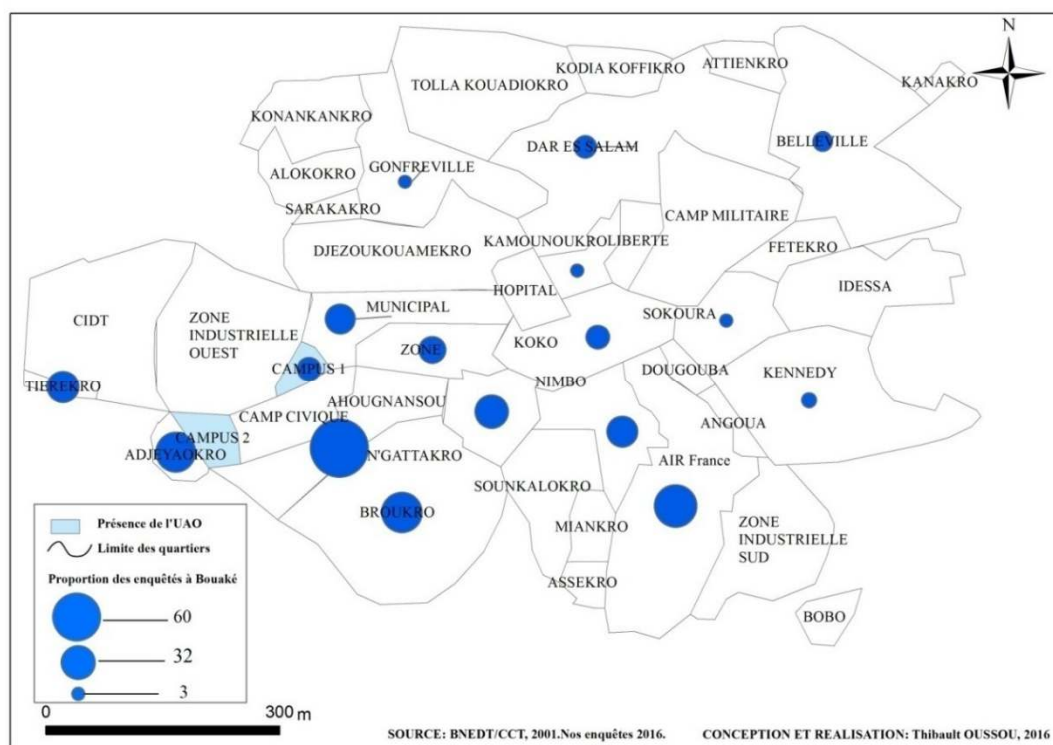
Par ailleurs, les étudiants qui sont hébergés citent l'obligation de résider près des leurs (les parents), chez les parents ou tuteurs (49% des étudiants hébergés), un problème de logement à Bouaké (33%) et enfin une meilleure vie près des siens (18%). Pour ces derniers, la vie étudiante est une vie parsemée d'embûches liée aux conditions économiques précaires. Dès lors, la vie près des parents leur permet de s'éloigner de certaines dépenses inhérentes à la vie telle que le logement, la dépense en alimentation... C'est ainsi qu'un étudiant de Master1 signifie : *« j'ai opté pour l'université de Bouaké car mes parents étant de la commune je pouvais être plus à l'aise dans mes études mais chose imprévue la crise qui m'a envoyé à Abidjan. Mais maintenant que l'université dans tout son entendement revient alors je reviens auprès d'eux pour terminer mon cursus »*. En outre, les étudiants par leur présence dans la ville malgré la typologie des résidences affectionnent une spatialité bien précise.

### 3.3 LA LOCALISATION DE L'UNIVERSITÉ, UNE IMPORTANCE DANS LE CHOIX DU LOGEMENT

L'université est d'un atout majeur dans la localisation de la résidence étudiante. La situation géographique dans l'habitation qu'un étudiant souhaiterait avoir indiqué clairement et précisément le motif de leur présence

#### 3.3.1 UNE PREDOMINANCE DANS LA PROXIMITÉ DU SITE UNIVERSITAIRE

L'insuffisance des résidences universitaires dans leur capacité d'accueil au vu de la croissance des effectifs étudiants poussent ces derniers à adopter une installation conditionnée. Dans cette optique, les différents quartiers constituant la ville sont pris d'assaut par ces derniers pour leur intégration par le logement. Dès lors, comment se présente l'analyse spatiale du logement des étudiants dans la ville de Bouaké.

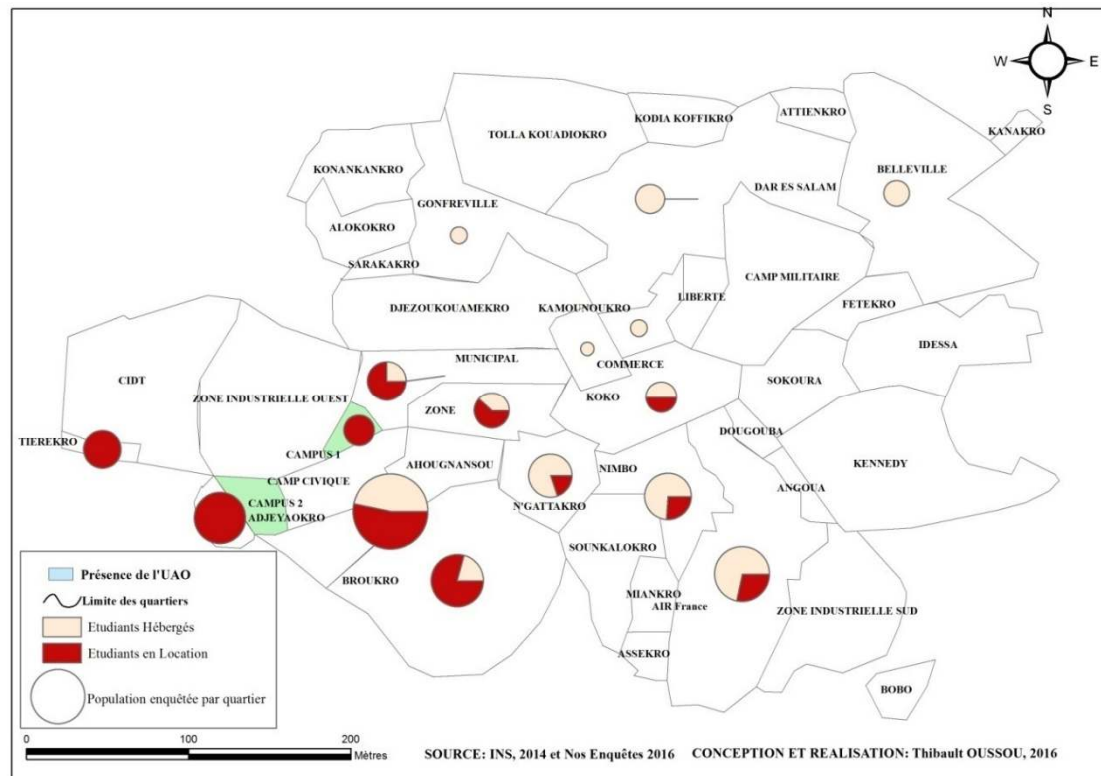


**Fig. 4. Analyse spatiale du logement des étudiants de l'UAO en 2016**

A l'analyse de la Figure 4, les étudiants de l'UAO en ce qui concerne leur localisation résidentielle utilise la majorité des quartiers pour leur logement. La figure montre clairement que les étudiants sont des occupants de tous les quartiers de la ville même si certains quartiers restent en marge de notre enquête. Par ailleurs, dans certains quartiers, on remarque une présence plus accrue des étudiants que dans les autres. Ces remarques sont perçues dans les quartiers de Broukro, Adjéyaokro, Tiérékro, Ahougnansou, Municipal, Zone... Les quartiers de Sokoura, Kennedy, Dar es Salam, Kamounoukro, Gonfreville, Belleville... Ces quartiers qui permettent le fonctionnement de la ville ne présentent pas tous le même intérêt lorsqu'il s'agit de loger les étudiants de l'UAO. L'empreinte spatiale des étudiants dans pratiquement tous les quartiers de la ville a plusieurs explications. En effet, les quartiers avec la massification de la population des sondés, dans leur localisation géographique se situent dans les quartiers proches du site universitaire. D'où le choix de ces quartiers dans les logements étudiants. Le nombre relativement faible des étudiants dans des quartiers comme Kennedy Dares, Gonfreville... s'explique par leur éloignement du campus universitaire de l'UAO. A côté de cela, la typologie du quartier est un autre facteur comme c'est le cas de Kennedy. En plus d'être éloigné, ce quartier est un quartier de haut standing qui ne permet pas un accès facile aux étudiants dans les logements indépendants. Pour les autres quartiers occupés par les étudiants, ajouté à la proximité de l'établissement universitaire, ces quartiers sont populaires d'où la faiblesse dans la location de logement. Un autre fait est aussi à prendre en ligne de compte dans la présence des étudiants dans ces quartiers situés aux alentours du site universitaire. Il existe ici est la possibilité d'utiliser la marche pour se rendre à l'université. De plus, « ce choix de logement permet en outre de disposer de certaines pistes piétonnes avec les nombreux raccourcis pour atteindre rapidement le campus sans arriver à dépenser ». (Oussou, 2017) surtout que dans cette université selon le même auteur, les étudiants à majorité utilisent la marche pour joindre les sites universitaires même si des différences existent lorsqu'il s'agit de la localisation du logement. Par ailleurs, comment se présentent les habitudes résidentielles en fonction du mode de résidence ?

### 3.3.2 LA LOCALISATION INDUITE PAR LE MODE DE RESIDENCE

Les étudiants se localisent à majorité près du site universitaire. Cependant, la localisation résidentielle, n'est-elle pas induite par le mode de résidence ?

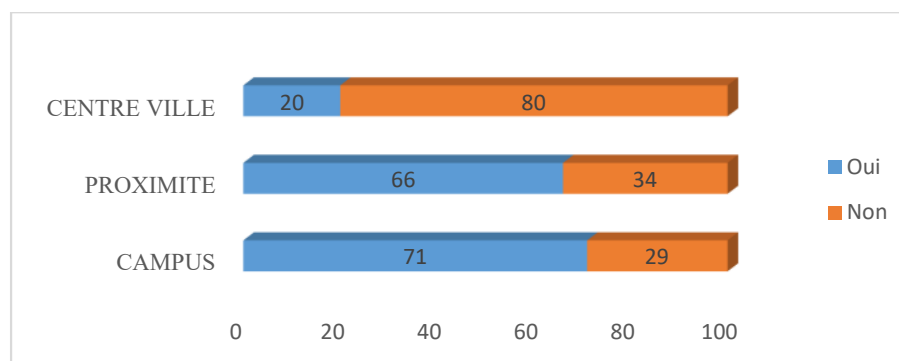


**Fig. 5. Répartition des étudiants de l'UAO selon la localisation du mode résidence en 2016**

Les modes de résidences des étudiants mettent en avant deux types de modes hors. Ce sont les étudiants hébergés et ceux en location. En fonction de ce mode de résidence les étudiants se localisent dans la ville d'étude. La différenciation est nette selon laquelle dans certains quartiers on note une surreprésentation des étudiants hébergés en famille ou chez des tuteurs tandis que dans d'autres la population en location surclasse celle hébergée. L'analyse de la figure 5 montre la répartition de la localisation résidentielle induite par le mode résidence. Ainsi, les quartiers comme Belleville, Dares-salam, Gonfreville, Kamounoukro et commerce présentent une population étudiante hébergée. En effet, ces étudiants sont soit chez leur parent ou leur tuteur, ce qui implique cette habitation en quelque sorte forcée car n'ayant pas le choix sans oublier l'éloignement de ces foyers du campus universitaire. En ce qui concerne les autres quartiers impliqués dans l'habiter de l'étudiant, comme dans les quartiers proches, les étudiants sont en situation de location. Sur les campus, dans la mesure où les étudiants logent en résidences universitaires et à Tiérékro et Adjéyaokro qui sont des villages proches de l'enceinte universitaire, les étudiants les utilisent énormément pour être plus proche de leur campus. Nous faisons la remarque pareillement que dans les quartiers de Broukro, Ahougnansou, Municipal et Zone, les étudiants en location sont plus nombreux que les étudiants locataire. Dans la stratégie d'intégration des villes, les étudiants au vue de l'indisponibilité de place dans les résidences universitaires occupent les espaces environnants pour leurs différents logements. Par contre, nous pouvons voir que le phénomène est contraire dans les quartiers de N'Gattakro, Nimbo, Air France et à la limite Koko qui ont une population plus hébergée que locataire à cause de leur éloignement des campus.

### 3.3.3 LE LIEU IDEAL DE LOGEMENT DES ETUDIANTS DE L'UAO

En posant la question du lieu idéal de logement selon les étudiants, ou ils souhaiteraient habiter, nous voulons comprendre la raison de leur présence dans la ville universitaire, a raison de leur préférence d'un espace au profit d'un autre ?



**Fig. 6. Partition des étudiants de l'UAO selon le lieu idéal de logement dans la ville en 2016 en %**

Les résultats sont moins étonnants. La présence des étudiants dans une ville universitaire est d'abord conditionnée par la faisabilité d'étude. Ainsi, les étudiants arrivent dans cette ville pour s'y consacrer. L'absence d'université dans toutes les régions ivoiriennes contraint les néo bacheliers à se retrouver dans des villes où ils sont obligés de vivre sans la présence de leur parent. Dès lors, dans leur pratique résidentielle, ils affectionnent certains sites. En posant la question aux étudiants, il ressort de la figure 6 que 71% souhaiteraient résider dans les logements universitaires. L'incapacité de ces logements dans le logement de tous les demandeurs conduit les étudiants vers la proximité c'est-à-dire les quartiers proches de l'université que les étudiants souhaiteraient habiter afin de bénéficier des différents services qu'offre la vie universitaire, mais aussi de se priver de certaines dépenses comme celles liées au transport pour joindre les sites d'étude par la marche. La proximité est citée par 66% des répondants d'où son importance dans le choix de la localisation résidentielle. Pour terminer, le centre-ville est le moins utilisé par les étudiants pour leur logement (21%). Les multiples pratiques résidentielles ainsi que la proximité dans le choix du logement n'impactent-elles pas les conditions de vie et de travail des étudiants ?

#### **4 IMPACT DES MODES DE RESIDENCES SUR LA VIE UNIVERSITAIRE**

Les pratiques résidentielles des étudiants dans la ville conduisent à de nombreuses conséquences sur la vie étudiante dans toute sa composante.

##### **4.1 LA PRECARITE DU LOGEMENT ET DE LA CONDITION DE VIE**

La précarité se résume dans notre étude aux étudiants qui vivent dans de conditions inadéquates pour la réalisation de bonnes études. Elle s'explique par le manque de matériels mais encore par des assainissements insalubres. Ainsi, les étudiants qui présentent une telle situation dans des conditions de vie précaires sont les étudiants locataires des logements indépendants. En effet, en fonction de leur mode de résidence regroupé dans la proximité du campus universitaire, avec des étudiants animés par cette localisation afin de se rapprocher des services universitaires. Ainsi, nombreux sont-ils qui logent dans les quartiers aux alentours de l'université. Néanmoins, ces quartiers sont ceux qui rencontrent le plus de problème pour les étudiants dans leur vie universitaire. Ce sont entre autre la dégradation du paysage après la crise de 2002 laissant des interstices comme le quartier Ahougnansou et N'Dakro. Mieux encore, c'est dans des quartiers comme Adjéyaokro, Tiérékro qui manquent d'eau potable et souvent d'électricité instable qui impacte sur la révision donc les études de ces derniers. Quand ce ne sont pas ces situations, c'est plutôt un cadre insalubre impactant du coût leur santé. C'est ainsi que les étudiants se situant dans ces quartiers à 19% ont déjà eu des problèmes de santé dus à leur environnement propres (latrines publiques, eau stagnantes...). Enfin, la volonté de loger dans ses sites de proximité universitaire conduit certains étudiants dans la réhabilitation partielle des logements dégradés par la crise surtout avec un manque crucial de logement dans la ville de Bouaké pour la poche étudiante. Cependant, les étudiants malgré ces fléaux préfèrent ces quartiers. Ils se retrouvent alors dans une vie précaire quand il s'agit du logement. Dans cette optique, se louer un logement hors des résidences universitaires est souvent source de nombreuses contraintes dans la vie étudiante. Ils se privent d'être à l'aise pour juste se contenter du peu pour pouvoir être là dans la ville universitaire pour assurer leurs études. Les difficultés pour avoir un logement dans les villes d'études conduisent les étudiants à adopter un mode de vie qui impacte sa vie universitaire.

#### 4.2 LES CONSEQUENCES DE LA PRECARITE SUR LA REUSSITE

Cette précarité des conditions de vie conduit les étudiants à la pratique d'activités parallèles afin de compléter leurs ressources économiques et quitter cette précarité. Ainsi, les motifs cités par les étudiants dans l'exercice d'une activité rémunérée tournent autour de la précarité financière. La vie étudiante qui rime avec de nombreuses dépenses pousse les étudiants à utiliser de nombreux motifs pour se mettre à disposition une activité parallèle. Ainsi, ils sont 76% dans cet exercice pour améliorer leurs conditions de vie (alimentation, logement, transport, fournitures...). Les étudiants se retrouvent irréguliers sur les campus parce qu'ils recherchent des ressources additionnelles qui leur permettent de supporter le coût de la vie étudiante. Parmi, les étudiants qui déclarent ne pas assister à tous les enseignements programmés, 55% citent le motif de l'activité parallèle comme raison de ce choix pour les exigences de cette dernière. Dès lors, parmi les étudiants sondés, 26% ont eu de véritables problèmes pour aller en année supérieure et le motif cité reste celui des conditions de vie inadéquates.

### 5 DISCUSSION

Le logement demeure un atout capital pour l'amélioration de la vie et le travail étudiant car il reste le premier pas pour une installation dans une ville pour la continuité des études universitaires, surtout que toutes les villes ivoiriennes n'abritent pas d'université d'où la migration des nouveaux étudiants vers ces villes. De retour à Bouaké, les étudiants de l'UAO sont confrontés à une insuffisance des résidences universitaires malgré tous les efforts pour accroître ces infrastructures (7 résidences publiques et privées), ce qui les contraints à différentes pratiques résidentielles (en mode de location pour certains et en mode d'hébergement en famille ou chez des tuteurs pour les autres) pour une meilleure intégration urbaine. Les résultats de notre étude montrent que les étudiants de l'Université Alassane Ouattara sont redistribués dans l'espace urbain de la ville de Bouaké, au regard de l'insuffisance des résidences universitaires. Cette distribution spatiale obéit à la logique pour le logement dans la proximité du campus universitaire. Ainsi, les étudiants se logent en majorité dans les quartiers aux alentours de l'université. Cependant, en fonction de leur mode de résidences, ils sont contraints à une précarité dans leur vie. Même s'ils réussissent à leur examen, ils sont irréguliers sur les campus impactant du coût leur vie universitaire.

C'est dans ce sens que Le choix particulier d'une filière d'enseignement peut conduire un étudiant à s'installer loin de son domicile familial ; il lui faut dans ce cas trouver impérativement un logement car prendre un logement est souvent une obligation pour un grand nombre d'étudiants, mais cette situation est loin d'être vécue comme une contrainte [2]. Toujours, selon [2], « Le logement est probablement le premier grand pas d'émancipation dans la vie étudiante. Le changement est très important car l'éloignement de la famille et le sentiment de « devoir se débrouiller seul », accompagne le passage du lycée aux études supérieures ». Pour lui, la localisation de la famille influe forcément sur la condition de vie étudiante. "S'ils prennent un logement, c'est que leur domicile familial est loin. Quant à [3], ils notent que la majorité des étudiants aquitains a quitté le domicile parental pour arriver à entreprendre une certaine autonomie mais encore dans la mesure où l'université rime avec l'émigration des néobacheliers vers les foyers universitaires.

En ce qui concerne la disponibilité des résidences universitaires, [2], note que « Le CROUS met à disposition des étudiants des logements à loyer modéré (tout au moins accessibles pour des conditions de vie étudiante) et la multiplication des lieux d'étude ne facilite donc pas la tâche de cet organisme qui souhaite offrir ses modes d'hébergement à proximité des lieux d'étude. Ces chambres universitaires sont situées sur le campus, à proximité du lieu d'étude ». Grace à ces logements, les étudiants sont plus proches de leur lieu d'étude avec une tarification sociable. Pour [4], il signifie dans son étude que les trois cités universitaires publiques à l'instar de celles de l'UAO à elles seules regroupent 76% des chambres offertes par les cités pendant que les résidences privées qui renferment (hôtels, couvents, résidences locatives...) et sont louées par l'Etat pour loger les étudiants si bien que leur nombre fluctuent en fonction des années.

Les pratiques résidentielles sont multiples. Il est évident que les résidences universitaires sont bien évidemment les premiers lieux d'hébergement d'étudiants, cependant leur insuffisance conduit au recours à la location dans le réseau immobilier surtout que seulement 30% habitent chez leurs parents [2]. Quant à l'Observatoire métropolitain, L'attractivité pour la formation rennaise est significativement plus élevée chez les étudiants décohabitants comparée à ceux vivant chez leurs parents. [5] Il clarifie que Plus de quatre étudiants sur cinq habitent durant l'année universitaire hors du domicile parental. Ces décohabitants proviennent de certaines régions privées de la formation qu'ils veulent engager [6]. Parmi les principaux types de logements occupés par les étudiants, près de 49 % occupent un logement indépendant privé, 19 % vivent en résidence collective (résidence universitaire du CROUS (14 %) ou foyer (5 %). 5 % habitent dans un logement leur appartenant ou dont leurs parents sont propriétaires sans oublier la part des étudiants logeant en famille qui représente 18%. Par contre, pour [7], la part des étudiants qui vivent en logement indépendant augmente avec l'âge, contrairement à la part de ceux qui vivent en résidence collective ou dans un logement parental (chez les parents ou d'autres membres de la famille). L'allongement des études se traduit ainsi par l'instabilité de trois éléments de la vie étudiante : le logement, le lien familial et l'activité. Pour

d'autres encore, les étudiants résident dans des logements individuels classiques, des logements familiaux, dans des résidences universitaires et quelques rares d'entre eux sont étudiants expliquant ainsi la multiplicité des types de logements d'un site à un autre [8].

En outre, malgré ces nombreuses pratiques résidentielles, la proximité des lieux universitaires est la priorité des étudiants quand ils ne peuvent pas se loger dans les campus. « En croisant les informations de la population étudiante et celles du logement étudiant, des secteurs urbains semblent se dessiner comme étant des lieux privilégiés du cadre de vie étudiante : le campus de la Borie et tous les îlots qui lui sont limitrophes, le campus de Vanteaux qui attire les étudiants dans sa proximité immédiate mais aussi entre ce campus et l'hyper centre. 38% souhaiteraient habiter dans la proximité du campus » [2]. Les étudiants se définissant notamment par la nature de leurs études ou dans la mesure qu'ils se présentent dans une ville pour les études en comme premier facteur de présence, l'offre universitaire mérite donc d'être prise en compte [7]. Toutes ces réalités sont conformes aux travaux réalisés par Guichemère. En effet, selon l'étude menée par [8], en ce qui concerne le lieu de résidence des étudiants, les étudiants enquêtés, malgré le choix de différentes écoles habitent dans la majorité à proximité de leur centre d'établissement. De plus, « le RGP99 mettait en effet en évidence des phénomènes de concentration résidentielle des étudiants autour des sites universitaires implantés en périphérie (Villes Nouvelles de Cergy, Evry, ou Versailles, Orsay...) » [9]. [3] affirment que les raisons financières sont à l'origine de ce choix ainsi que la proximité du lieu d'études car la vie étudiante nécessitant de lourdes dépenses, il faut autant que possible les alléger.

Habiter en résidence universitaire, en foyer ou en internat augmente les chances de réussite et diminue également les risques d'échec [10]. De plus, Selon [11], par précarité, il faut entendre l'accroissement des risques d'échec ou d'abandon qui résulte de la concurrence entre l'exercice d'une activité rémunérée et les exigences des études. En plus pour [12], chez les étudiants donc, l'autonomie financière est au centre de leur motivation quant au fait d'occuper un emploi pendant les études. L'activité rémunérée, parce qu'elle peut empiéter sur le temps des études, présente le risque de venir perturber la réussite des études [13]. Notre étude va dans le même sens que celle de [14] qui affirment que Par voie de conséquence, l'assiduité aux cours des étudiants qui n'exercent pas d'activité salariée est plus forte. De même, c'est pour la raison professionnelle que les étudiants ne parviennent pas à assister à tous les enseignements. Or, les études et statistiques montrent que le manque d'assiduité est un facteur aggravant des inégalités de réussite entre étudiants [14].

En définitif, il existe dans la ville de Bouaké une importante offre en matière de logement universitaire. Ces logements participent à 25% au logement. La croissance spectaculaire des effectifs conduit à différentes pratiques dans la ville entre des étudiants qui sont loger et certains en résidence parentale. L'amélioration des conditions de vie et e travail des étudiants passe par le logement qui demeure un préalable pour une étude de qualité. Pour y parvenir, il conviendrait de joindre tous les acteurs à la question surtout les collectivités locales qui restent concernées par la présence des étudiants sur son territoire. L'intégration d'un système d'offre de logement hors des résidences universitaires par les différents acteurs pourrait aider les étudiants de l'UAO à améliorer leur vie étudiante dans des universités attrayantes.

## **6 CONCLUSION**

Il ressort de cette étude que les étudiants bénéficient d'un système de résidence collective multiple. Par contre, l'accroissement incontrôlable des effectifs et l'incapacité des logements universitaires à loger tous les étudiants contraints les étudiants de l'UAO à adopter différentes pratiques résidentielles. Ce sont des étudiants qui se répartissent dans des résidences collectives, des étudiants hébergés et des étudiants dans des logements indépendants. Par ailleurs, malgré cette multiplicité de pratiques habitantes, l'analyse spatiale montre que les étudiants affectionnent les sites aux alentours des sites universitaires en ce qui concerne la prise d'un logement. Cet article a pareillement montré que les étudiants qui résident dans les quartiers éloignés sont ceux qui sont hébergés par leurs parents d'où l'obligation de la vie à proximité des parents tandis que les étudiants qui résident dans les quartiers à proximité du campus sont ceux en situation de logement, d'où l'importance de la localisation universitaire dans la localisation résidentielles des étudiants de l'UAO. Ainsi, ces étudiants avec pour choix idéal la proximité de l'établissement universitaire, ne vivraient t'ils pas des conditions inadéquates ? Quelles sont les conditions de vie dans ces logements étudiants ? Autant de questions qui susciteraient une étude pour analyser l'impact de proximité de vie dans la réussite de l'étudiant.

## REFERENCES

- [1] Oussou T., (2017), Mobilité des étudiants de l'université Alassane Ouattara : du lieu de résidence à l'université, *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, Numéro 1 Janvier 2017, ISSN 2521-2125 pp 87-96 [en ligne], [www.riges-uao.net](http://www.riges-uao.net) document consulté le 31 Octobre 2017.
- [2] Boumédiéné F., (2003), Les étudiants et leurs territoires dans la ville de Limoges. Université de Limoges, novembre 2003, 50p.
- [3] Lapeyronnie M., Bourgeois N., et Aigle M., 2015, *Analyse des conditions de vie des étudiants en Aquitaine*. ComUE Aquitaine. ORPEA. Bordeaux, 94p.
- [4] Grégoire, C., 2010, *Effets de la crise universitaire au Burkina Faso : analyse des conditions de vie et d'études des étudiants de l'université de Ouagadougou*, Mémoire de Master 1 en Géographie, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- [5] Cahier de L'Observatoire de la Vie Étudiante, (1996), Les conditions de vie des étudiants, La Documentation Française, Paris.
- [6] Agence d'Urbanisme et de développement intercommunal de l'Agglomération rennais, (2016), Les conditions de vie et de santé des étudiants de Rennes en 2014, Observatoire métropolitain, AUDIAR Rennes Avril 2016, 20p.
- [7] Némot S. et Bousquet L., (2007), En quête du Logement étudiant, Logement & condition étudiante en France et dans l'Union Européenne, *sociétés urbaine et habitats*, PUCA, mars 2007, 38p.
- [8] Guichemère C., (2011), Enquête vie de campus, synthèse opération vie de campus 2011. Université de Bordeaux, 22p.
- [9] Davy C., 2005, Le logement étudiant en Ile-de-France, Paris, n° 2.04.29 laurif octobre 2005, 143p.
- [10] Grignon C., Gruel L., (1999) La vie étudiante, Paris : PUF, 1999, 194 p.
- [11] Grignon C., Gruel L., (2003) ? Le logement étudiant : Rapport au ministre de la Jeunesse, de l'Education nationale et de la Recherche, Paris : OVE, 2003, 16 p.
- [12] Roy J., 2013, *La réussite scolaire dans les cégeps La contribution des facteurs exogènes à l'éducation*, Thèse de Doctorat en Sociologie, Université de Laval, 389p.
- [13] Belghith F., Ferry O., Oton A., (2014), Le logement étudiant, Enquête nationale Conditions de vie des étudiants 2013, Observatoire national de la vie étudiante, 11p.

## L'étude des facteurs perturbateurs de réseau de communication

### [ The study of factor perturbator of communication network ]

*Germain FOMULAC MISIRAGENDA<sup>1</sup> and Justin BAHATI KAHINDO<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Assistant de 2<sup>e</sup> Mandat, Département des Sciences Commerciales et Administratives,  
Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant, ISTD KALEHE, RD Congo

---

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** In this reflection, we want to discover the origin of the problems which the users of telephones meet during the transmission and/or the reception of an electronic message. We discovered 9 frequent problems which the users of the telephone face. This is the way after analysis of data, we found diverse originate of these problems among which: the mismanagement of the band passes by the suppliers who record more subscribers than their information superhighway and it is added the system of activations which influence the users to emit at the same moment while the band passes available is low, the geographical situation, the use of an ineffective equipment it leads to the multiplicity of antennas everywhere in the city nevertheless a single effective antenna with a powerful transmitter would be enough, etc. We found that with the implication of the State and of the providers (network suppliers), we can limit the risk and put the users shielded from these problems for an effective communication. The telephony being a technology that got established in all the life of the man and it in all the domains, we were interested in these challenges to try to propose a track of solution both to the users, and to the suppliers through the State which is the regulating archetypal organ.

**KEYWORDS:** Perturbators, Telephonic communication.

**RESUME:** Dans cette réflexion, nous voulons découvrir l'origine des problèmes que les utilisateurs des téléphones rencontrent au cours de la transmission et/ou la réception d'un message électronique. Nous avons découverts 9 problèmes fréquents auxquels les utilisateurs du téléphone font face. C'est ainsi qu'après analyse de données, nous avons trouvé divers origines de ces problèmes dont : la mauvaise gestion de la bande passe par les fournisseurs qui enregistrent plus d'abonnés que leurs autoroute de l'information et cela s'ajoute le système d'activations qui influencent les utilisateurs à émettre au même moment pendant que la bande passe disponible est faible, la situation géographique, l'utilisation d'un équipement inefficace cela conduit à la multiplicité des antennes partout dans la ville pourtant une seule antenne efficace avec un émetteur puissant suffirait, etc. Nous avons trouvé qu'avec l'implication de l'Etat et des providers (fournisseurs réseau), nous pouvons atténuer le risque et mettre les utilisateurs à l'abri de ces problèmes pour une communication efficace. La téléphonie étant une technologie qui s'est imposé dans toute la vie de l'homme et cela dans tous les domaines, nous nous sommes intéressés à ces défis pour tenter de proposer une piste de solution tant aux utilisateurs, qu'aux fournisseurs par l'intermédiaire de l'Etat qui est l'organe régulateur par excellence.

**MOTS-CLEFS:** Facteurs perturbateurs, Communication téléphonique.

## 1 INTRODUCTION

Le monde est devenu un petit village, où les personnes ont la possibilité de se communiquer en temps réel à travers les réseaux. L'Internet étant un **réseau informatique** qui relie des ordinateurs du monde entier entre eux et leur permet d'échanger des informations à travers divers réseaux (téléphoniques, fibres optiques, etc.). Les données sont transmises par l'intermédiaire de lignes téléphoniques, de câbles ou de satellites.

Pour communiquer entre eux, les ordinateurs connectés sur Internet utilisent un **langage commun** appelé **protocole** et sont équipés de **logiciels** (ou **programmes**) permettant l'échange de données (le protocole informatique, Collection encarta 2009).

Cependant, les courriers électroniques se heurtent parfois à des risques de transmission et de réception, dont il sied d'en connaître l'origine à partir d'un sondage d'opinions par un questionnaire d'enquête adressé aux fournisseurs et aux utilisateurs de certains réseaux ciblés par nos recherches afin d'y proposer des solutions pratiques pour que le processus de transmission et de réception réponde plus ou moins aux attentes des utilisateurs. C'est ainsi que, notre réflexion porte sur **l'étude d'origine des facteurs perturbateurs de la communication téléphonique dans la ville de Bukavu et pistes de solution**. Il est à noter que les informations en temps réel peuvent apparaître sous forme de textes, d'images, de son ou de vidéo (GENETEC (2010).

Considérant les flux des messages électroniques que reçoivent de la cabine, les utilisateurs des réseaux téléphoniques en République Démocratique du Congo en général et dans la ville de Bukavu en particulier, étant l'un d'utilisateurs de ces réseaux, nous nous sommes posés des questions suivantes:

- Qu'est-ce qui est à l'origine de certains messages busards provenant de la cabine tels que « l'appareil de votre correspondant est soit éteint soit hors du périmètre cellulaire », pourtant en ligne ?, « vous n'êtes pas autorisé à appeler ce numéro » sans accord du propriétaire de ce numéro suspendu ?; Message non transmis pourtant vous avez des unités ?; etc.
- Le système de la télécommunication à Bukavu est-il satisfaisant ou pas ?
- Quelles sont les attentes des fournisseurs et celles des utilisateurs ?

Au regard du nombre d'utilisateurs qui s'abonnent dans les réseaux précités, sans que les fournisseurs n'améliorent l'autoroute de l'information (bande passante), nous partons de l'hypothèse selon laquelle **le système de la télécommunication à Bukavu n'est pas satisfaisant**.

L'objectif poursuivi dans cette recherche est de déterminer le niveau de satisfaction des utilisateurs et des fournisseurs du système de la télécommunication à Bukavu afin de porter un jugement critique permettant de proposer des solutions pour que ce système soit satisfaisant.

## 2 CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Afin de mener à bon port notre réflexion, nous avons fait recours à diverses méthodes et techniques pour acquérir les données fiables. C'est ainsi que tout au long de nos recherches, dans le processus de récolte de données, nous avons utilisé :

- **La méthode analytique** : qui nous a aidés à comprendre le fonctionnement de certaines maisons de télécommunication œuvrant à Bukavu, les problèmes des abonnés, ainsi que les stratégies pour barrer la route aux défis que constatent les utilisateurs pendant leurs communications.
- **Méthode descriptive** : nous a permis de décrire le fonctionnement d'un téléphone, le montage physique de certaines interfaces permettant la communication entre le relais (cabine) et l'abonné
- **La technique d'interview** : auprès des utilisateurs des téléphones dans divers réseaux de la place. Cette technique nous a permis de comprendre les différents problèmes surtout les plus courants que rencontrent les utilisateurs.
- **La technique documentaire** : nous avons fait recours à l'Internet et aux manuels qui cadrent avec le domaine de télécommunication et réseautique.
- **Le questionnaire d'enquête** : adressé aux utilisateurs de téléphone rencontrés sur terrain et choisi au hasard sans tenir compte du sexe ou du niveau d'étude. Nous avons enquêté 60 personnes par commune en plus des deux techniciens par réseau. Au total nous avons enquêté 186 personnes.

### 3 CADRE GENERAL

#### 3.1 LE TÉLÉPHONE MOBILE

Un téléphone mobile se compose d'un combiné (élément d'un appareil téléphonique constitué du microphone et de l'écouteur) muni d'une antenne. C'est un appareil où les fils de raccordement au central téléphonique ont été remplacés par une liaison radio. Des stations relais radioélectriques, raccordées au réseau classique, sont déployées sur l'ensemble du territoire pour relayer les ondes radio jusqu'à leur destination. Chaque station relais couvre une petite zone géographique appelée cellule. (Paramètre cellulaire).

Le téléphone est une invention qui permet de **transmettre le son de la voix à distance**. C'est un **moyen de communication** omniprésent dans presque tous les pays du monde et un secteur toujours en expansion. Cependant, le transport de l'information continue à causer quelques problèmes jusqu'à nos jours (Wikipédia)

##### Comment transporter une information codée sous forme de courant électrique ?

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, les travaux des physiciens **André-Marie Ampère** et **Michael Faraday** dans le domaine de l'**électromagnétisme** montrent les trois éléments suivants :

- Un courant électrique peut créer un champ magnétique ;
- Un champ magnétique peut créer un courant électrique ;
- Modifier un champ magnétique modifie aussi le champ électrique qui lui est associé.

Or, il est relativement facile de modifier un champ magnétique : il suffit de déplacer l'aimant qui le crée. En théorie donc, les propriétés de l'électromagnétisme montrent qu'il est possible de **transporter un signal sous la forme d'un courant électrique le long d'un fil conducteur**. Pour coder le signal, il suffit de modifier le champ magnétique d'une certaine manière. À l'autre bout du fil, le champ magnétique sera modifié exactement de la même manière pour obtenir le signal d'origine (Tanenbaum, Andrew S. (2003).).

#### 3.2 LES « PÈRES » DU TÉLÉPHONE

On attribue généralement l'invention du téléphone à l'Américain **Alexander Bell** en **1876**, mais la réalité est un peu plus complexe. Il est certain que c'est Bell qui a déposé le premier véritable brevet concernant le téléphone, et il est le premier à avoir su commercialiser avec succès son invention (le téléphone portable, Wikipedia).

Parmi les concurrents plus malheureux à la course au brevet, mais dont les idées ont influencé Bell et qui ont donc contribué à l'invention du téléphone, on peut citer :

- le Français **Charles Bourseul**, employé du télégraphe, qui publie un article décrivant le principe du téléphone en 1854 ;
- l'ingénieur **Antonio Meucci**, immigrant italien aux États-Unis, qui installe un appareil capable de transmettre les voix entre les différentes pièces de sa maison en 1855 ; faute de moyens financiers, il ne parvient pas à commercialiser son invention, ni à déposer de brevet ;
- l'Allemand **Johann Reiss**, qui construit un appareil capable de transmettre de la musique sur une longue distance en 1861 ;
- l'Italien **Innocenzo Manzetti**, qui rend public en 1865 un appareil similaire à celui de Johann Reiss, sorte de télégraphe musical transmettant très mal la voix humaine ;
- l'Américain **Elisha Gray**, qui parvient à peu près au même point que Bell, mais dépose son brevet quelques heures après lui... ;
- enfin, l'Américain **Alexander Bell** qui, en 1876, dépose le brevet du téléphone, puis fonde la première entreprise dédiée à sa commercialisation, la **Bell Téléphone Company** (qui deviendra la puissante entreprise de télécommunications AT&T).

### 3.3 LE PRINCIPE ET LES COMPOSANTS DU TÉLÉPHONE

Les téléphones actuels reposent sur le même principe que celui de Bell : **ils transforment l'onde sonore de la voix en un courant électrique** dont les caractéristiques sont similaires à celles de l'onde sonore, **puis retransforment à l'autre extrémité du circuit le courant électrique en vibrations sonores**<sup>1</sup>.

Le microphone et le haut-parleur, pour parler et entendre

Lorsqu'on parle dans le **microphone** imaginé par Bell, une membrane vibre : cela entraîne l'oscillation d'un aimant et donc la modification de son champ magnétique. L'aimant produit un courant électrique dans la bobine de fil conducteur située tout près ; les caractéristiques de ce courant électrique sont similaires à celles du son produit. À l'autre bout de la ligne, un dispositif similaire (mais inverse), le **haut-parleur**, reproduit l'onde sonore.

Le microphone de Bell est très peu sensible. Il faut attendre les travaux de **Thomas Edison** (l'inventeur du phonographe), d'**Emil Berliner** (l'inventeur du disque), et surtout l'adoption du **microphone à charbon** (mis au point 1877 par l'Américain **David Edward Hughes**) pour que la voix devienne réellement audible à l'autre bout de la ligne.

Les microphones actuels sont assez différents des premiers microphones. Ils sont notamment plus fiables, plus puissants et moins encombrants. Ils reposent pourtant sur le même principe électromagnétique.

### 3.4 COMMENT L'ON TRANSPORTE L'INFORMATION ?

Entre le microphone de l'émetteur et le récepteur se déroule le **fil** ou **câble téléphonique**. Les **premiers câbles utilisés sont ceux du télégraphe** : la plupart des grandes villes d'Amérique du Nord et d'Europe de l'Ouest, déjà reliées au réseau télégraphique, adoptent le téléphone avant la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, et les abonnements se multiplient. Cependant, le réseau télégraphique s'avère inadapte au déploiement du téléphone, puisque les liaisons établies sont fixes, reliant deux postes à la manière d'un interphone : il est finalement abandonné tandis qu'un **réseau dédié** est mis en place. Les premiers câbles sont en fer ou en bronze, puis en cuivre. Les premières communications avaient une portée assez faible, la voix s'affaiblissait rapidement à mesure que le signal voyage le long du fil, de même par la technologie sans fils, la voix s'affaiblit à mesure que la bande passante est saturée, d'où le son entrecoupé pendant la communication. Des **relais**, coûteux et moyennement efficaces, nécessitent être installés pour palier à cette situation. A part les relais, les **amplificateurs** présentent aussi une importance capitale car elle augmente ou amplifie la voie ; l'extension du réseau ne semble plus avoir de limites. Rapidement, le téléphone est victime de son succès et d'une infrastructure de départ un peu étroite. La multiplication des lignes impose d'installer des « **standards** », où des **opérateurs** (principalement des opératrices) travaillent à mettre en relation les fils pour connecter les abonnés entre eux. Les progrès dans ce domaine permettent la mise au point rapide de **commutateurs automatiques** ; les opératrices auront pourtant encore de beaux jours devant elles : en France par exemple, l'automatisation du réseau n'est achevée que dans les années 1970.

Mais le plus grand défi concerne le câble lui-même : comment transporter un nombre toujours croissant de communications téléphoniques ? Comment équiper les grandes villes où vivent plusieurs millions de personnes ? Les premiers téléphones tiennent plus en effet de la cabine téléphonique que du téléphone personnel.

D'autant plus qu'il faut souvent attendre que la ligne se libère, soit jusqu'au standard, soit après celui-ci... Les ingénieurs se contentent d'abord de torsader plusieurs milliers de fils, avant d'inventer un système en 1918 (la **modulation de courants porteurs**) qui permet de transporter plusieurs conversations en même temps sur la même ligne ; ce système est encore amélioré dans les années 1930 par la mise au point d'une structure spéciale (**structure concentrique ou coaxiale**) qui permet de transmettre plusieurs milliers de conversations simultanément.

Aujourd'hui, le **réseau téléphonique** continue de s'étendre. Là où le réseau câblé est insuffisant (entre continents ou dans les lieux les plus isolés), le téléphone peut aussi utiliser les **satellites de télécommunications**, voire **certaines ondes radio**.

Depuis une vingtaine d'années, le réseau téléphonique sert également pour se connecter au réseau mondial **Internet**.

Le cadran ou clavier permet de composer le numéro. Les premiers téléphones n'avaient pas de cadran ou de clavier : décrocher son téléphone permettait de joindre un opérateur, qui mettait en relation manuellement les deux interlocuteurs.

<sup>1</sup> film : ce n'est pas sorcier le téléphone

Puis l'automatisation des connexions a donné naissance au **numéro de téléphone**, qui identifie chaque abonné de manière unique.

La **téléphonie sans fil** voit le jour dans les années 1950, lorsqu'on commence à acheminer des conversations entre différents points du réseau par la voie des ondes, en utilisant le **réseau hertzien terrestre** ou les **satellites de télécommunications**.

Cette technologie (et surtout la miniaturisation des émetteurs-récepteurs d'ondes électromagnétiques) donne naissance au **téléphone mobile**, qui permet de téléphoner et d'être joint partout dans le monde. Le téléphone mobile ne disposant que d'un émetteur relativement faible, il a besoin pour fonctionner d'être assez proche d'un **relais**. Pour couvrir un territoire donné, il faut donc installer un grand nombre de relais (antennes). D'où pour améliorer la communication, il fallait des émetteurs plus puissants pour diminuer le plus possible le relais et étendre les périmètres cellulaires.

L'évolution des technologies de la télécommunication semble ainsi se diriger vers une certaine convergence : les téléphones « de la maison » se sont déjà affranchi du fil (ils sont « sans fil » autour de leur base ; ils devraient rapidement rejoindre les téléphones « de la rue », les mobiles). Ainsi, à l'intérieur comme à l'extérieur, on téléphonerait avec un seul petit appareil, de plus en plus personnel, libre de tout fil ou de toute base.

Parallèlement, les téléphones actuels savent faire bien plus que transporter la voix ; de plus en plus, ils intègrent déjà de nouveaux services : e-mail, système de navigation GPS, envoi et réception d'images, de photos, de données, d'émissions de radio ou de télévision, etc.

En France, actuellement, le premier chiffre (après le « 0 ») désigne la région où habite l'abonné ; il est suivi de 8 chiffres. Quand on appelle la France depuis l'étranger, il faut faire précéder l'**indicatif régional** de l'**indicatif international** de la France, qui est le 33. Quand on appelle depuis la France vers l'étranger, il faut composer d'abord le « 00 », puis l'indicatif international du pays appelé, puis l'indicatif régional si nécessaire, et enfin le numéro de son correspondant. En RDC le code pays est « 243 ».

Les téléphones les plus anciens sont équipés d'un **cadran circulaire mobile**. Les téléphones actuels sont plutôt dotés d'un **clavier** qui produit soit des **impulsions** (le nombre d'impulsions représente le chiffre composé), soit des **tons** (chaque chiffre correspond à une note).

### 3.5 LE SON NUMÉRIQUE

Il ne s'agit plus de reproduire le son (cas du système analogique), mais de le décrire aussi précisément que possible. Pour y arriver, quelques techniques sont applicables :

- il faut d'abord **analyser le son** à enregistrer (cette analyse a lieu 44 000 fois par seconde lors de l'enregistrement) ;
- il faut ensuite comparer le résultat de cette analyse à une base de 65 536 valeurs, et **choisir celle qui décrit le mieux le son à enregistrer** ;
- enfin, il suffit de **graver cette valeur sur le disque compact, en binaire** : en pratique, on obtient une séquence de seize « 0 » ou « 1 ».

Pour lire un son enregistré en numérique, il suffit de décoder les valeurs écrites sur le disque, les unes après les autres, pour recréer le son. C'est un **rayon laser** qui se charge de cette opération ([www.latéléphoniedanslemonde.org](http://www.latéléphoniedanslemonde.org)).

Pour expliquer les deux réalités binaires entre 0 et 1, il sied d'expérimenter la technologie de la sonnette électrique utilisée même actuellement avant d'entrer dans des appartements (maisons) modernes.

La **sonnette électrique** est l'une des applications pratiques de cette découverte. Quand on appuie sur le bouton de la sonnette, on ferme un **circuit électrique** composé entre autres d'une bobine de fil enroulé : on crée ainsi un champ magnétique, qui attire un petit marteau vers une cloche, produisant un son. En même temps, le déplacement du marteau ouvre le circuit : le champ magnétique s'arrête, et le marteau revient en place. Si le bouton de la sonnette est toujours enfoncé, tout recommence, et le son continue.

L'Américain **Samuel Morse** imagine d'allonger le circuit électrique et d'utiliser les impulsions données à la sonnette comme un code : en 1837 naît ainsi le **télégraphe**, ainsi que l'alphabet qui permet de transmettre des messages codés, l'**alphabet morse**.

L'invention est rapidement adoptée et se déploie dans le monde entier, souvent sur les traces du réseau de **chemin de fer** ; le télégraphe traverse même l'Atlantique en 1866. Il ne reste plus qu'à améliorer le dispositif afin de le rendre capable de transporter la voix humaine.

### 3.6 TRANSMISSION DE LA VOIX RADIO

A partir des travaux de l'Américain **Reginald Fessenden** qui a conçu l'idée de **moduler l'amplitude** (c'est-à-dire la **fréquence**) d'une onde porteuse et découvre ainsi comment émettre le son en continu. Il est enfin possible d'utiliser les ondes électromagnétiques pour transmettre la voix ou la musique : **la radio est née**.

En quelques années, la radio séduit et envahit la planète. Les **premières émissions régulières naissent dans les années 1920**, combinant les ingrédients qui font encore la popularité de ce média aujourd'hui : **informations, météo, musique, jeux**.

Contrairement à la télévision qui demande des installations coûteuses, et à la presse qui nécessite de savoir lire, la radio apparaît comme le plus immédiat, le plus accessible, le plus universellement répandu et le plus abordable des médias.

### 3.7 LE PRINCIPE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITE

Un satellite de télécommunications transmet des informations à grande distance en relayant les signaux par ondes radio. Recevant ces signaux d'une station terrestre, le satellite les amplifie, puis les émet vers une autre station.

Parmi nos cinq sens, il en est deux qui résultent de la perception d'ondes : **la vue pour les ondes lumineuses** (la lumière) et **l'ouïe pour les ondes sonores** (le son). Il existe de nombreuses sources sonores plus ou moins agréables. Certaines sont naturelles (le bruit des vagues, le chant des oiseaux, etc.) et d'autres artificielles (un riff de guitare, le bruit des marteaux piqueurs, etc.). Mais quelle que soit leur origine, les sons sont tous produits de la même manière...

## 4 COMMENT UN SON SE FORME-T-IL ?

Pour qu'un son soit produit, il faut qu'un objet vibre (une corde de guitare, la membrane d'un haut-parleur, etc.). Les vibrations de l'objet font vibrer les molécules d'air environnantes, lesquelles font à leur tour vibrer les molécules voisines, etc. Les molécules d'air subissent ainsi des variations de pression : elles sont tour à tour comprimées puis dilatées. Ainsi, **le son résulte d'une variation dans l'espace de la pression de l'air**, qui se transmet de molécule en molécule.

### 4.1 QUELLE EST LA VITESSE DU SON ?

Comme la vitesse de la lumière, la vitesse du son dépend du milieu dans lequel il se propage : **dans l'air, la vitesse du son est d'environ 330 m/s (soit environ 1 000 km/h)**. Mais celle-ci peut varier, notamment avec la température : elle sera par exemple de 331,6 m/s à 0 °C et de 334 m/s à 20 °C.

Le son peut également se propager dans d'autres milieux, comme l'eau ou les matériaux. **Sa vitesse augmente avec la densité du milieu** : le son se propage moins vite dans l'air que dans l'eau (dont la densité est plus grande), et encore plus vite dans les solides (dont la densité est encore plus grande).

Toutefois, contrairement à la lumière, **le son ne peut pas se propager dans le vide**. Ainsi, dans l'espace règne un silence absolu. C'est aussi la raison pour laquelle on utilise le double-vitrage, qui est en fait constitué d'une couche de vide entourée de deux plaques de verre, pour atténuer fortement les bruits de la rue.

### 4.2 QUELLE RELATION EXISTE-T-IL ENTRE LA FRÉQUENCE ET LA HAUTEUR D'UN SON ?

Comme toutes les ondes, les ondes sonores se caractérisent par leur **fréquence** (ou leur longueur d'onde). La fréquence d'un son, exprimée en hertz (Hz), détermine la hauteur du son : **plus la fréquence est élevée et plus le son est aigu**. Inversement, **plus la fréquence est basse et plus le son est grave**. L'oreille humaine ne peut percevoir que les sons dont la fréquence est comprise entre 15 Hz et 20 000 Hz (soit 20 kHz).

Au-dessus de 20 kHz, le son produit est un **ultrason**, que l'oreille humaine ne peut entendre, contrairement à celle de certains animaux, comme les chiens.

A ce niveau, certains messages sonores non entendus par l'homme sont entendus par les chiens, c'est pourquoi si nous partons de cette théorie, nous pouvons penser que le chien utiliserait le téléphone surtout au temps de perturbation de connexion que l'homme. A partir des amplifications nous pouvons essayer d'améliorer ce message sonore.

En dessous de 5 Hz, le son produit est un **infrason**. Inaudible pour l'homme, il peut notamment être entendu par les éléphants ([www.latéléphoniedanslemonde.org](http://www.latéléphoniedanslemonde.org))

#### 4.3 COMMENT LE SON EST-IL ÉMIS ET CAPTÉ ?

Pour parler, nous faisons vibrer nos cordes vocales selon différentes fréquences. De même pour un violon, dont les cordes vibrent. Un son est émis, modulé (sa fréquence varie) et **un mot, une note de musique se propagent dans l'air sans déformation**.

L'oreille d'un animal (ou le microphone d'un magnétophone) capte ce son et le restitue sous forme de signaux nerveux jusqu'au cerveau (ou de signaux électriques qui peuvent être amplifiés, puis à nouveau restitués sous forme d'ondes sonores grâce à un haut-parleur : c'est le principe du téléphone).

### 5 PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

#### 5.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS D'ENQUÊTE

Premièrement, nous présentons le tableau contenant les données récoltées en rapport avec les desideratas des consommateurs et ceux des fournisseurs de réseau en étude.

En plus nous allons calculer le taux moyen de satisfaction de la qualité de réseau fournis par entreprise l'entreprise Orange. Notre échantillon est de 60 personnes par commune ce qui donne un total de 180 personnes enquêtées.

En plus nous avons aussi considéré deux techniciens du réseau Orange. Au total, nous avons enquêté 182 personnes qui utilisent et/ou contrôlent le réseau dans notre espace de recherche.

Notre questionnaire était constitué de 9 problèmes introduits par une question fermée libellée comme suit:

Depuis que vous utilisez ce réseau, avez-vous déjà rencontré ce problème ? (Oui ou Non) :

1. Echec d'envoi message pourtant j'ai d'unités
2. Votre appel est en train d'être transféré
3. Votre correspondant est en communication pourtant non
4. Vous n'êtes pas autorisé à appeler ce numéro sans cause
5. Réception d'une moitié d'un message et une partie du texte est manquante
6. Votre correspondant ne peut pas être joint pour le moment pourtant il est disponible
7. Le numéro que vous appelez n'est pas encore attribué pourtant utilisé
8. Pendant l'appel, d'un coup, votre correspondant est en communication
9. En plein appel, perte de réception ou d'envoi audio

Tableau 1. Données brutes récoltées auprès des consommateurs

| Problèmes identifiés                                                                                           | Ibanda |     | Kadutu |     | Bagira |     | Total |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|-------|-----|
|                                                                                                                | OUI    | NON | OUI    | NON | OUI    | NON | OUI   | NON |
| Echec d'envoi message pourtant j'ai d'unités                                                                   | 58     | 2   | 60     | 0   | 49     | 11  | 167   | 13  |
| Votre appel est en train d'être transféré                                                                      | 60     | 0   | 57     | 3   | 60     | 0   | 177   | 3   |
| Votre correspondant est en communication pourtant non                                                          | 60     | 0   | 60     | 0   | 60     | 0   | 180   | 0   |
| Vous n'êtes pas autorisé à appeler ce numéro pourtant le téléphone est alimenté                                | 53     | 7   | 56     | 4   | 59     | 1   | 168   | 12  |
| Réception d'une moitié d'un message et une partie du texte est manquante                                       | 38     | 22  | 54     | 6   | 49     | 11  | 141   | 39  |
| Votre correspondant ne peut pas être joint pour le moment pourtant il est disponible                           | 60     | 0   | 60     | 0   | 60     | 0   | 180   | 0   |
| Le numéro que vous appelez n'est pas encore attribué pourtant utilisé                                          | 60     | 0   | 53     | 7   | 57     | 3   | 170   | 10  |
| Pendant l'appel, d'un coup, votre correspondant est en communication sans consentement d'Emetteur ni Récepteur | 60     | 0   | 60     | 0   | 60     | 0   | 180   | 0   |
| En plein appel, perte de réception ou d'envoi audio                                                            | 60     | 0   | 60     | 0   | 60     | 0   | 180   | 0   |

Source : nos enquêtes sur terrain

## 5.2 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'analyse va consister au calcul des taux d'insatisfaction des abonnés par problème observé.

### 5.2.1 CALCUL DU TAUX MOYEN D'INSATISFACTION POUR CHAQUE PROBLÈME OBSERVÉ :

#### 1. Pour le premier problème: « échec d'envoi message pourtant j'ai d'unités »

$TMI = \frac{167 \times 100}{180} = 92,77\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 92,77% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème tandis que 7,22 d'utilisateurs abonnés n'ont jamais eu ce problème.

#### 2. Pour le deuxième problème: « votre appel est entrain d'être transféré »

$TMI = \frac{177 \times 100}{180} = 98,33\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 98,33% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème tandis que 1,66% d'utilisateurs abonnés n'ont jamais eu ce problème.

#### 3. Pour le troisième problème : « Votre correspondant est en communication pourtant non »

$TMI = \frac{180 \times 100}{180} = 100\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 100% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème.

#### 4. Pour le quatrième problème : « Vous n'êtes pas autorisé à appeler ce numéro sans cause ».

$TMI = \frac{168 \times 100}{180} = 93,33\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 93,33% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème tandis que 6,66% d'utilisateurs abonnés n'ont jamais eu ce problème.

#### 5. Pour le cinquième problème : « Réception d'une moitié d'un message et une partie du texte est manquante »

$TMI = \frac{141 \times 100}{180} = 78,33\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 78,33% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème tandis que 21,66% d'utilisateurs abonnés n'ont jamais eu ce problème.

#### 6. Pour le sixième problème : « Votre correspondant ne peut pas être joint pour le moment pourtant il est disponible »

$TMI = \frac{180 \times 100}{180} = 100\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 100% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème.

**7. Pour le septième problème : « Le numéro que vous appelez n'est pas encore attribué pourtant utilisé »**

$TMI = \frac{170 \times 100}{180} = 94,44\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 94,44% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème tandis que 5,55% d'utilisateurs abonnés n'ont jamais eu ce problème.

**8. Pour le huitième problème : « Pendant l'appel, d'un coup, votre correspondant est en communication »**

$TMI = \frac{180 \times 100}{180} = 100\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 100% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème.

**9. Pour le neuvième problème : « En plein appel, perte de réception ou d'envoi audio »**

$TMI = \frac{180 \times 100}{180} = 100\%$  dont TMI c'est le Taux Moyen d'Insatisfaction. càd 100% d'abonnés se sont déjà heurtés à ce genre de problème.

Au regard du TMI pour tous les utilisateurs enquêtés dans toutes les communes, il y a lieu de confirmer que le système de télécommunication, n'est pas efficace dans la ville de Bukavu. Cependant, il ne suffit pas de dire que ce système de télécommunication en temps réel n'est pas efficace à partir de quelques problèmes observés, mais il faudrait analyser tous le système pour relever les facteurs à la base de cette inefficacité. C'est ainsi que nous avons procédé par un questionnaire adressé aux techniciens de ces réseaux locaux qui se présente de la manière suivante :

**Tableau 2. Question adressée aux techniciens : Quelle est la cause principale qui produit le problème ci-après :**

| Problèmes identifiés                                                                                                | Causes | Pistes de solutions |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|
| Echec d'envoi message pourtant j'ai d'unités                                                                        |        |                     |
| Votre appel est entrain d'être transféré                                                                            |        |                     |
| Votre correspondant est en communication pourtant non                                                               |        |                     |
| Vous n'êtes pas autorisé à appeler ce numéro sans cause                                                             |        |                     |
| Réception d'une moitié d'un message et une partie du texte est manquante                                            |        |                     |
| Votre correspondant ne peut pas être joint pour le moment pourtant il est disponible                                |        |                     |
| Le numéro que vous appelez n'est pas encore attribué pourtant opérationnel                                          |        |                     |
| Pendant l'appel, d'un coup, votre correspondant est en communication sans avis ni consentement d'Émetteur-Récepteur |        |                     |
| En plein appel, perte de réception ou d'envoi audio                                                                 |        |                     |

Après les explications des techniciens, nous avons constaté que plusieurs facteurs sont à la base de cette perturbation notamment :

- Le système d'activation et de bonification
- L'inefficacité des antennes qui entraine leurs multiplicités dans la ville de Bukavu,
- L'augmentation de nombre d'abonnés sans augmenter l'autorité de l'information ou la bande passante
- Le climat et la situation géographique de l'entité
- Le système d'exploitation utilisé dans les appareils électroniques
- Le langage machine configuré
- L'espace satellitaire occupée par le réseau

**5.2.2 CONSÉQUENCES DE CETTE PERTURBATION**

- Manque de certitude dans la communication
- Manque à gagner en appelant sur un réseau flou
- Multiplicité d'antenne partout qui nuisent à la santé, etc.

### 5.2.3 PARTAGE DES RESPONSABILITÉS

#### 1) De la part des fournisseurs réseau provider

- Bien gérer les équipements
- Chercher des matériels efficaces
- Ne pas chercher plus d'abonnés que leurs capacité de la bande passante, etc.

#### 2) Utilisateurs

- Dénoncer tout problème de perturbation et se renseigner au réseau concerné de la cause de tout comportement busard, etc.

#### 3) L'Etat

- Contrôler et réguler bien le prix de la communication en ne lésant personne (ni le distributeur, ni les consommateurs)
- Imposer une bonne politique d'audit des experts dans des maisons de télécommunication, etc.

## 6 CONCLUSION

Notre réflexion a porté sur **l'étude d'origine des facteurs perturbateurs de la communication téléphonique dans la ville de Bukavu et pistes de solution**. La problématique a tournée autour de la question principale : Qu'est-ce qui est à l'origine de certains messages busards provenant de la cabine tels que « l'appareil de votre correspondant est soit éteint soit hors du périmètre cellulaire », pourtant en ligne ?, « vous n'êtes pas autorisé à appeler ce numéro » sans accord du propriétaire de ce numéro suspendu ?, Message non transmis pourtant vous avez des unités ?; etc. De cette question, nous avons formulé l'hypothèse selon laquelle ces messages sont d'origine diverses qui se résument en perturbation de réseau. Quant à l'efficacité du système de la télécommunication à Bukavu ; nous avons constaté que ce système n'est pas efficace ce qui confirme notre hypothèse selon laquelle le système de télécommunication à Bukavu serait inefficace.

L'objectif poursuivi dans cette recherche est de déterminer le niveau de satisfaction des utilisateurs et des fournisseurs des réseaux de télécommunication à Bukavu afin de porter un jugement critique permettant de proposer des solutions pour que ce système soit satisfaisant.

Un questionnaire d'enquête adressé d'une part aux consommateurs et d'autre part aux fournisseurs de réseau nous a aidés à récolter les données sur le terrain. La technique documentaire nous a enrichis par l'historique et l'évolution de la téléphonie à travers le monde.

## REFERENCES

- [1] HIRSCH, E ; WENDLING, S, structure des ordinateurs, concept de base, machines conventionnelles, architectures parallèles, Armand Colin, 1992
- [2] GRIBAUMONT, A. GATOUCHE, G., RUGGEMAN, Y., Algorithmes, Programme et Langage Pascal, De Boeck, Bruxelles, 1984
- [3] TANENBAUM, A., Système d'exploitation 2<sup>ème</sup> édition, Nouveaux Horizons, Paris, 2001
- [4] WOLVERTON (van), le livre de MS DOS, Dunod, Paris ; 1991
- [5] TISCHEN, M , JENRICH, B., PC Programmation système, Paris, Micro Application, 6<sup>ème</sup> éd. PARIS, 1997
- [6] Collection encarta 2009,
- [7] <http://www.google.com>
- [8] <http://www.latéléphoniedanslemonde.org>
- [9] <http://fr.wrs.yahoo.com/images/>
- [10] <http://www.commentcamarche.net>
- [11] <http://www.wims.unice.fr>
- [12] <http://www.wikipedia.org>
- [13] <http://www.chez.com>

## Estimation des coûts de la lutte contre la malnutrition des enfants vulnérables à Kisangani (RD Congo)

*Alphonse Biye*

Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 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:** A survey on the evaluation of costs of fight against the malnutrition of vulnerable children has been conducted in Kisangani. This investigation aimed to value the loads that cause the restoration of a child badly fed living in Kisangani in a family.

The results of this survey showed that:

- The CNT Mwana Mupenda reached a maximum number of healed children at the 8<sup>th</sup> month of observation, with a rate of 438.09%;
- The CNT Bambou achieved a maximum number of healed children at the 24<sup>th</sup> month, with a rate of 1752.17%;
- The CNT CELPA got a maximum number of healed children at the 51<sup>st</sup> month, with a rate of 209.3% ;
- The CNT EUB reached a maximum of cured children at the 19<sup>th</sup> month, with a rate of 320.37 %.

These results can be justified by the effort provided by the operators charged of health in the setting of sensitization of population and availabilities of supplies and inputs in the CNT as well as those of the parents.

**KEYWORDS:** children, malnutrition, cure, Kisangani.

**RESUME:** Une étude sur l'estimation des coûts de la lutte contre la malnutrition des enfants vulnérables était menée à Kisangani. Le but de cette étude est d'évaluer les charges qui occasionnent le rétablissement d'un enfant mal nourris vivant à Kisangani dans une famille. Il ressort de l'examen des résultats de l'étude ce qui suit :

- Le Centre Nutritionnel Thérapeutique (CNT) Mwana Mupenda avait atteint un effectif maximum d'enfants guéris au 8<sup>ème</sup> mois d'observation, avec un taux indiciel de 438,09 % ;
- Le CNT Bambou a réalisé le maximum d'enfants guéris au 24<sup>ème</sup> mois soit un taux indiciel de 1752,17 % ;
- Le CNT CELPA a obtenu le maximum d'enfants guéris au 51<sup>ème</sup> mois soit 209,3 % de valeur indiciel ;
- Le CNT EUB a réalisé le maximum de guérison d'enfants mal nourris au 19<sup>ème</sup> mois soit 320,37 % de valeur indiciel.

Ces résultats peuvent être justifiés par l'effort fournis par les opérateurs de la santé dans le cadre de la sensibilisation de la population de la population et les disponibilités des vivres et intrants dans les CNT ainsi que celles des parents.

**MOTS-CLEFS:** enfants, malnutrition, guérison, Kisangani.

### 1 INTRODUCTION

Pour de bons développements physiques, mentaux et intellectuels, les notions de nutrition et de santé familiale doivent être bien maîtrisées [9].

S'agissant de Kisangani, notre préoccupation tourne au tour de la question principale suivante : Pourquoi la malnutrition sévit à Kisangani, une région agricole où abonde de produits agricoles, d'élevage, piscicole de pêche, de chasse et de ramassage tels que chenilles comestibles, escargot, champignon et légumes divers, ainsi que de fruits sauvages comestibles.

Chaque année, dans les pays en développement, près de 12 millions d'enfants moins de cinq ans meurent principalement des causes évitables, plus de six millions de décès soit 55% peuvent être directement attribués à la malnutrition [1].

En République Démocratique du Congo, le centre de planification nutritionnel (CEPLANUT) évalue la prévalence de la malnutrition à une moyenne de 25 % pour l'ensemble [4].

Les enquêtes nutritionnelles à Kisangani et ses environs, organisées en Juillet 1998 par l'Organisation Mondiale de la Santé, puis celles de Novembre 1999 par les Médecins Sans Frontières Hollande antenne de Kisangani ont donné un taux de prévalence de 20 %.

Étant donné que deux guerres qu'a connu successivement la ville de Kisangani, y compris la situation politique de l'heure, l'exode rural qui s'en est suivi et les coûts occasionnels pour une prise en charge de ses enfants, nous pensons qu'il est utile de mener une telle étude auprès de la population du milieu de l'investigation.

Cette étude visait à évaluer les charges qu'occasionne le rétablissement d'un enfant mal nourris vivant à Kisangani dans une famille.

Les objectifs spécifiques de cette investigation étaient :

- Ressortir l'ampleur de la maladie protéino-énergétique chez les enfants de 5-59 mois dans la ville de Kisangani ;
- Rechercher les facteurs favorisant la malnutrition dans le milieu ;
- Inventorier les produits locaux de base pour l'alimentation infantile ;
- Estimer les coûts de rétablissement d'un enfant atteint de la malnutrition en utilisant les produits locaux.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ETUDE

Kisangani, avec une superficie de 1910 km<sup>2</sup>, est située dans la Cuvette centrale congolaise, à 0°31'N et 25°11'E. Son altitude moyenne est de 396 m [8]. L'ensemble des données éco-climatiques ainsi que la position de la ville de Kisangani à proximité de l'Equateur lui confèrent un climat équatorial. Ce type climatique est caractéristique par une température moyenne du mois le plus froid, supérieure à 18°C [7]. Sur le plan hydrographique, étymologiquement parlant, la ville de Kisangani est une presqu'île située "à la courbe du fleuve Congo", avec un réseau hydrographique dense dominé par le fleuve Congo et ses principaux affluents : la Lindi et la Tshopo. Ce sont ces trois grands cours d'eau qui recueillent à leur tour des eaux de nombreux tributaires coulant pour la plupart à travers la ville [7].

### 2.2 ECHANTILLONNAGE

Cette étude elle couvre la période de 2002 à 2006 à ce qui concerne les données documentaires et de Septembre 2006 à Juin 2007 quant aux données primaires soit l'enquête.

Pour réaliser cette investigation, nous avons procédé à l'enquête par questionnaire et l'analyse documentaire de quelques Centres Nutritionnels Thérapeutiques (Centre de santé) opérationnels dans le milieu d'étude. La récolte des informations était réalisée pendant les heures où les enfants étaient réunis au centre de nutrition.

Nous avons choisi la technique d'entretien pour des raisons de commodité et surtout afin de mettre l'enquêté dans un climat de sympathie. Les questions ont permis de recueillir des données sur la condition socio-économique de la famille de l'enfant mal nourri fréquentant le centre nutritionnel thérapeutique.

En vue de nous rendre compte de l'effectivité de la malnutrition des enfants, nous avons visité les enfants, vu et parlé avec eux et leurs accompagnateurs ainsi que le personnel technique de chaque centre nutritionnel thérapeutique.

Le traitement s'effectue à l'aide de l'analyse de contenu et du tri à plat. Le calcul des indices élémentaires et des fréquences relatives serviront à l'interprétation des résultats.

## 3 RESULTATS

Ce chapitre aborde l'évolution des enfants qui guérissent par centre nutritionnel, le coût à engager pour le rétablissement de l'enfant malade en utilisant les disponibilités locales, l'activité principale de parents, de l'enfant et leur niveau d'instruction.

### 3.1 ÉVOLUTION MENSUELLE DES EFFECTIFS DE RÉTABLISSEMENT DES ENFANTS PAR CENTRE NUTRITIONNEL DE 2002-2006

Dans un milieu comme la ville de Kisangani, où l'on remarque quelques centres nutritionnels thérapeutiques qui reçoivent des enfants mal nourris pendant au moins 21 à 30 jours, ceci montre que certaines familles ne suivent pas les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), car l'état nutritionnel des enfants est comparé à celui de la population parentale.

Le terme admis dans ce travail représente l'effectif des noms délivrés à la fin du mois et ceux qui arrivent au cours du mois tandis que les guéris représentent le nombre d'enfants rétablis complètement après la deuxième phase de nutrition et de soins supplémentaires administrés par le personnel médical de chaque centre nutritionnel thérapeutique.

Il ressort de la lecture des résultats du tableau 3 que les coefficients de variation des effectifs d'enfants rétablis sont hétérogènes.

Pour les quatre centres nutritionnels, en effet, le CV est de :

- 62,13 % > à 30 % pour le CNT Mwana Mupenda ;
- 72,76 % > à 30 % pour le CNT Bambou ;
- 51,48 % > à 30 % pour le CNT CELPA ;
- 50,07 % > à 30 % pour le CNT EUB.

Ces résultats peuvent être justifiés par le niveau différent de malnutrition dans lequel les enfants arrivent pour la première fois aux CNT. En plus, certains enfants arrivent aux CNT avec d'autres maladies associées à la malnutrition telles que la malaria et les parasitoses (Ascaris, Ankylostomes, Amibiase etc...).

Le classement des centres par effectif d'enfants rétablis après la fréquentation d'un centre nutritionnel thérapeutique nous renseigne que le centre CELPA arrive en première position avec une moyenne de 73 enfants guéris par mois suivi du centre EUB soit 71 enfants ; de Bambou soit une moyenne de 68 enfants et du centre Mwana Mupendwa avec 28 enfants rétablis mensuellement.

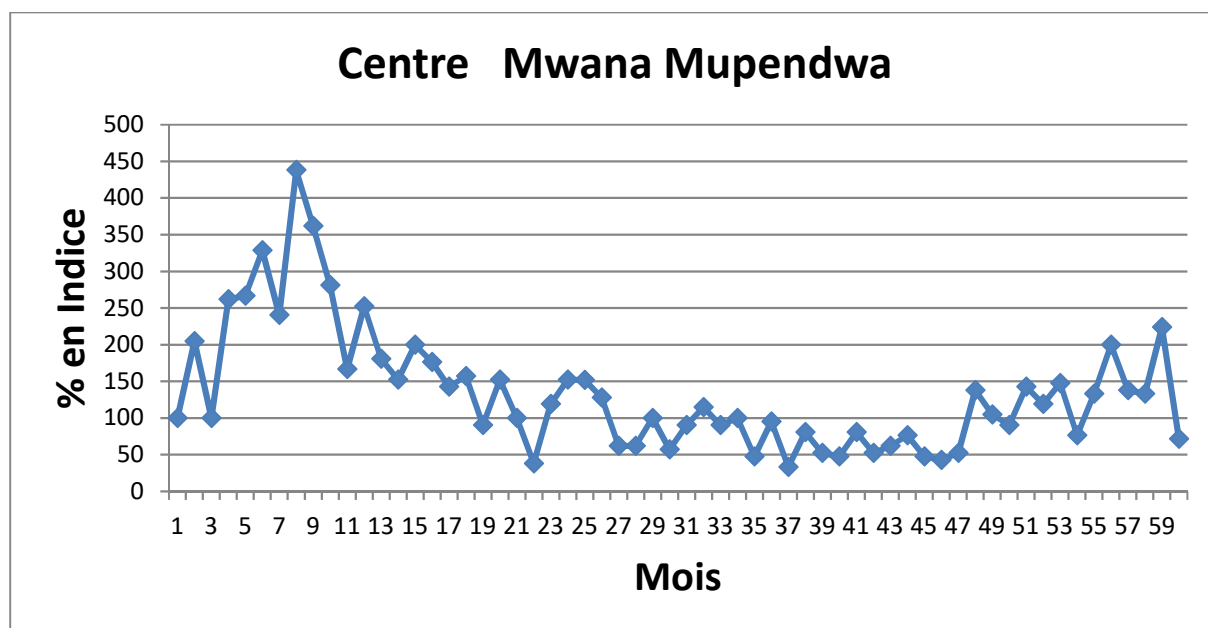
Ces résultats peuvent être expliqués par l'aire couverte par chaque centre nutritionnel thérapeutique. En effet, le centre CELPA couvre la superficie de la commune Mangobo, Tshopo et une partie de la Collectivité Secteur Lubuya – Bera vers le bac Lindi, route Yangambi – Kisangani.

### 3.2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU TREND DES EFFECTIFS D'ENFANTS RÉTABLIS PAR CENTRE

L'emploi des graphiques logarithmiques est particulièrement intéressant pour mettre en évidence la tendance générale d'une série chronologique. Dans ce travail, nous avons considéré les valeurs des indices élémentaires exprimées en pourcentage et le temps exprimé en mois de 1 à 60 observations.

Les figures 2a, 2b, 2c, et 2d présentent l'allure de rétablissement des enfants ayant fréquenté les centres nutritionnels thérapeutiques Mwana Mupendwa, Bambou, CELPA et EUB.

### 3.2.1 CAS DE CENTRE MWANA MUPENDWA



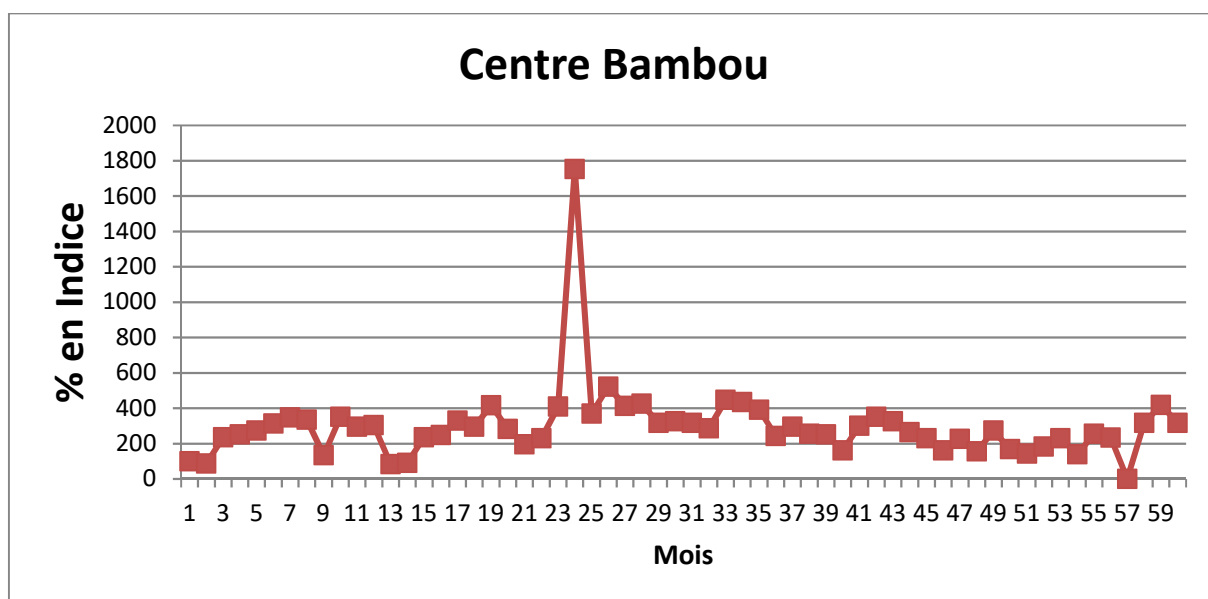
*Fig. 1. Présentation des valeurs indicielles des enfants guéris du centre Mwana Mupendwa*

L'analyse de ce graphique nous montre la variation de nombre d'enfants guéris de 2002 à 2006.

Il ressort de cette analyse que l'observation N°8 accuse un maximum soit 438,09 % de valeur indicielle tandis que l'observation N°37 présente une valeur minimale soit 33,33 %.

Ces résultats peuvent être justifiés par le fait qu'à la 7<sup>ème</sup> observation, le centre Mwana Mupendwa avait admis un nombre important d'enfants malades (200) qui est le fruit de la sensibilisation entreprise par les responsables du centre c'est – à – dire les missionnaires catholiques et qui avaient utilisé comme moyen de communication la bouche à l'oreille à partir des Communautés Ecclésiales Vivantes de base (CEVb) qui se réunissent chaque semaine.

### 3.2.2 CAS DE CNT BAMBOU



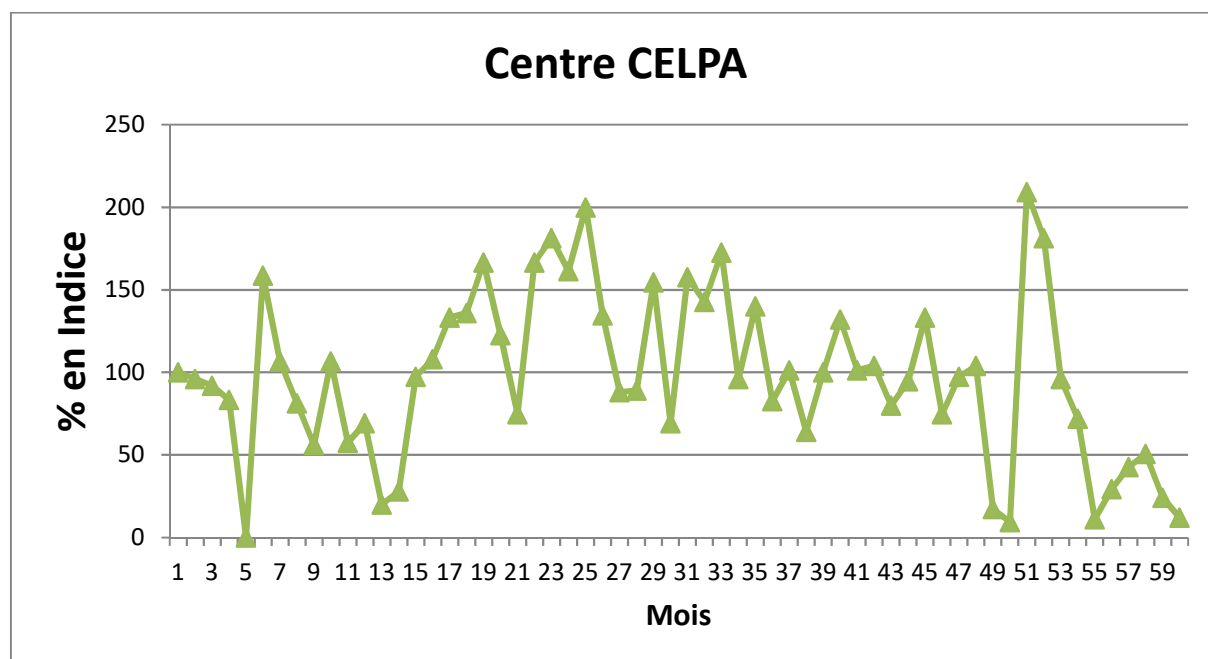
*Fig. 2. Illustration des valeurs indicielles des enfants guéris au Centre Bambou de 2002 à 2006*

L'examen de la figure 2b montre que le maximum d'effectif rétablis se situe à la 24<sup>ème</sup> observation soit un taux de 1752,17 %, alors que l'observation N° 13 représente le minimum soit 82,61 %. Ceci peut-être expliqué par le fait que le centre est fréquenté par des enfants qui proviennent des Communes Kisangani, Kabondo (ancien Bruxelles) et Foyer Social ainsi que de banlieues de ces Communes ; dont le niveau des connaissances de l'alimentation des enfants semble faible.

En plus, on rencontre dans le milieu de petits enfants qui sont à la charge de grands parents dont l'emploi du temps est partagé entre la recherche du revenu supplémentaire pour subvenir aux besoins élémentaires de la famille et les travaux ménagers.

Ces résultats témoignent de l'efficacité de la transmission du message de bouche à l'oreille par le canal des associations socioculturelles telles que les réunions de CEVb (communauté ecclésiale vivantes de base).

### 3.2.3 CAS DE CENTRE CELPA À MANGOBO



**Fig. 3. Présentation de l'évolution des effectifs des enfants guéris en valeur indicielle pour le centre CELPA de Mangobo de 2002 à 2006**

Il ressort de l'observation de la figure 2c que le maximum des effectifs d'enfants rétablis se situe à l'observation N°51, soit 208,3 % en valeur indicielle tandis que la valeur minimale se trouve au N°5 avec 0 %. Ces résultats peuvent être expliqués par la prise de conscience des parents et tuteurs des enfants que la malnutrition est une des maladies guérissables par une alimentation saine et équilibrée.

### 3.2.4 CAS DE CENTRE EUB À LUBUNGA

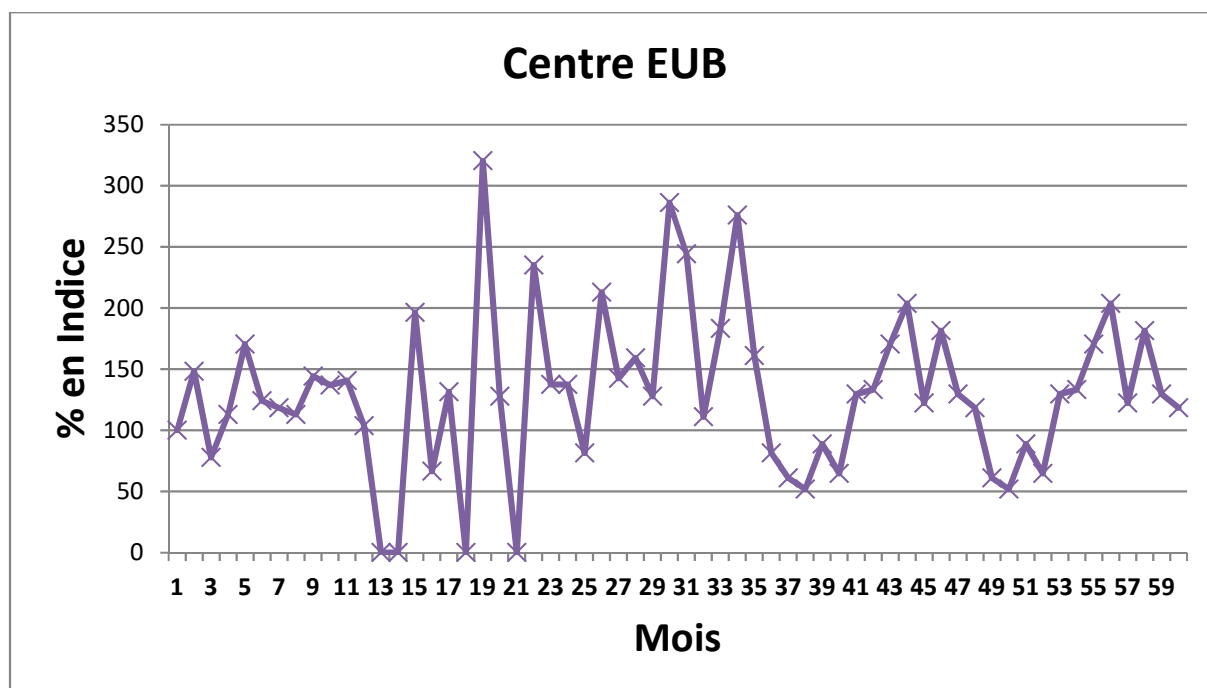


Fig. 4. Illustration des valeurs indicielles d'effectif d'enfants guéris au CNT EUB de Lubunga de 2002 à 2006.

L'examen de la figure 2d montre que le maximum d'enfants rétablis est observé au numéro 19, soit 320,37 % de valeur indicielle avec 0 % respectivement aux 13<sup>ème</sup> et 14<sup>ème</sup> mois.

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que le personnel du centre avait sensibilisé des parents qui habitent les axes routiers d'Opala et d'Ubundu ainsi que ceux qui résident au sein de la Commune et ses environs sur la malnutrition, qu'on peut guérir en donnant aux malades des aliments contenant assez des protéines animales et des glucides ainsi que des aliments de protection tels que les fruits, suppléments en vitamines.

En plus, ils ont informé la population que ces aliments étaient disponibles au centre EUB et que les enfants les reçoivent gratuitement à condition de les amener au centre nutritionnel pour leur guérison.

De ce qui précède, nous pouvons dire que la malnutrition est une maladie qui existe dans le milieu d'étude à cause de l'ignorance de certains parents qui ne nourrissent leurs enfants qu'avec des aliments glucidiques et pourtant les produits de ramassage abondent dans le milieu, nous avons cité : les chenilles comestibles, la noix de palme de palmier spontané et la larve de *Rhyncophorus spp.*

### 3.3 ESTIMATION DES CHARGES DE SOUTIEN FOURNIES PAR ONG

Dans un centre nutritionnel thérapeutique de la ville de Kisangani, lorsqu'on veut que le service puisse prendre correctement en charge les enfants sur le plan nutritionnel, un personnel, minimum et motivé est nécessaire.

En effet, la partie diététique nécessite un personnel supplémentaire à la fois pour la préparation et pour la distribution des repas et l'administration des soins.

Selon PRONANUT [6], les normes sur le personnel d'une U.N.T (Unité de Nutrition Thérapeutique) ou CNT (Centre de Nutrition Thérapeutique) ayant 100 patients exigent : 7 surveillants de phase, un cuisinier, un chargé de la propreté, un magasinier, un gardien, un animateur, un éducateur, un enregistreur mesureur, un infirmier, un responsable médical (Pédiatre) et un Superviseur Nutritionniste.

Le tableau (1), nous donnons les valeurs de fonds libérés au début du fonctionnement de chaque centre ainsi que les valeurs des autres intrants et consommables.

**Tableau 1. Valeur de fonds reçu au départ par chaque centre nutritionnel**

| CNT/EUB/Lubunga                                                                                                                           | CNT Mwana Mupendwa                                                                                                             | CNT CELPA                            | CNT BAMBou                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Moment : 1999<br>I. Montants reçus :                                                                                                      | Moment : 1982<br>I. Montants reçus :                                                                                           | Moment : 1998<br>I. Montants reçus : | Moment : 2000<br>I. Montant reçus :                                             |
| De 1999 à 2004 : 6 ans<br>rien que pour le coût de la main d'œuvre<br>1.010 \$ US / mois x 12 mois x 6 ans<br>= 72.720 \$ US MSF/HOLLANDE | De 1982 à ces jours : 16 ans<br>9.584,13Euros x 16 =<br>153.746,06 Euros pour 16 ans<br>car 9584,13 Euros est le budget annuel | De 1999 à 2004:<br>72.720\$US        | De 2000 à 2004 :4ans<br>1.010 \$ USA / mois x 12 mois<br>x 4 ans = 48.480 \$ US |
| II. Intrants : 97.998,4262\$                                                                                                              | II. Intrants : non donnés par le centre                                                                                        | II. Intrants :<br>97.998,4262\$US    | II. Intrants 97.998,4262\$US                                                    |

Les intrants sont composés des objets de la cuisson des aliments et produits pharmaceutiques : des assiettes, gobelets, fourchettes, cuillères et ainsi que du carburant, pétrole etc.

### 3.4 ESTIMATION DES COÛTS DES RATIONS QUOTIDIENNES À PARTIR DES DISPONIBILITÉS DES PRODUITS LOCAUX PAR ENFANT

La Province Orientale est un milieu à vocation agro – pastorale. Dans la ville de Kisangani, sur le marché, on rencontre des produits à dominance glucidique, lipidique, protidique et de protection tels que les fruits.

La lecture des résultats nous renseigne qu'un enfant vivant dans une famille qui réside dans la ville de Kisangani peut être nourris en moyenne avec les valeurs monétaires suivantes :

- 6120 FC pour acquérir les produits protidiqes
- 570 FC pour obtenir les produits glucidiques
- 840 FC pour obtenir les produits lipidiques
- 470 FC pour obtenir les produits de protection

La valeur totale est de 8.000 FC soit 16 \$US au taux de change de 500 FC par dollar. De ces résultats, nous pouvons dire que la plus part d'enfants de la ville de Kisangani prennent des aliments non équilibrés quotidiennement.

### 3.5 RÉPARTITION DES PARENTS DES ENFANTS ÉCHANTILLONNÉS PAR ACTIVITÉ PRINCIPALE.

La malnutrition des enfants malades des individus qui proviennent des familles exerçant toutes sortes d'activités lucratives. En effet, les enfants mal nourris appartiennent à des parents exécutant les métiers tels que l'agriculture, la pêche, le petit commerce et d'autres (fonctionnaires, militaires...).

Dans le tableau (2), nous présentons les effectifs des parents par sexe et par activité principale exercée pour subvenir aux besoins socio – économiques de membres de la famille.

**Tableau 2. Nombre de parents des enfants mal nourris par activité principale exercée (n= 30)**

| Centre<br>Activité | Mwana Mupendwa |    | Bambou |    | Celpa |    | EUB |    |
|--------------------|----------------|----|--------|----|-------|----|-----|----|
|                    | H              | F  | H      | F  | H     | F  | H   | F  |
| Agriculteur        | 13             | 11 | 12     | 7  | 5     | 4  | 5   | 5  |
| Pêcheur            | 2              | 3  | 3      | 4  | -     | -  | 9   | 8  |
| Militaire          | 6              | -  | 4      | -  | 9     | 7  | 5   | -  |
| Fonctionnaire      | 2              | -  | 5      | 6  | 8     | 3  | 3   | -  |
| Petit commerce     | -              | 7  | -      | 5  | 5     | 3  | 2   | 6  |
| Ménagère           | -              | 6  | -      | 4  | -     | 6  | -   | 3  |
| Total              | 23             | 27 | 24     | 26 | 27    | 23 | 24  | 26 |

H = homme et F = femme

Il ressort de l'observation des résultats de tableau (2) que les effectifs des agriculteurs prédominent dans le Centre Mwana Mupendwa, soit un effectif de 24 suivi de Centre Bambou, soit un effectif de 19, de Centre EUB soit un effectif de 14 et enfin le Centre CELPA, soit un effectif de 9.

Ce résultat peut être justifié par le fait que les enfants mal nourris proviennent surtout du quartier périphérique ou banlieue.

En effet, la composition des repas donnés aux enfants par les parents, sont essentiellement composés des aliments énergétiques tels que fufu (farine de manioc préparé) et chikwangue, riz avec comme aliment qui l'accompagne le pondu (feuille de manioc cuit) et les amarantes, rarement on y ajoute les produits comme les chenilles comestibles, les escargots et la viande de gibiers.

Ceux qui le font, la quantité est très réduite et elle ne peut pas couvrir les besoins alimentaires d'un individu car il faut au moins pour un homme de 60 kilogrammes avec une taille de 1m 65 ou 1m70, 2000 à 3000 Kcal de viande par jour.

### 3.6 RÉPARTITION DES PARENTS PAR SEXE ET PAR NIVEAU D'INSTRUCTION

Dans le milieu d'étude, c'est la femme qui s'occupe des enfants. C'est la raison pour laquelle on dit souvent éduquer une femme, c'est éduquer toute une nation. L'instruction est un moyen efficace pour changer la mentalité et le comportement d'un individu.

Un homme instruit accepte facilement l'innovation. Le tableau 8 présente les effectifs des parents par niveau d'instruction et par sexe. Pour des parents qui ont accepté de répondre et participer à notre étude.

**Tableau 3. Niveau d'étude de parents**

| SITE                    | Primaire |    | Secondaire |    | Supérieur |   | Analphabète |    |
|-------------------------|----------|----|------------|----|-----------|---|-------------|----|
|                         | H        | F  | H          | F  | H         | F | H           | F  |
| Mwana Mupendwa(Kabondo) | 8        | 12 | 8          | 5  | 1         | - | 6           | 10 |
| Bambou (Kabondo)        | 6        | 10 | 7          | 11 | -         | 1 | 9           | 5  |
| Celpa (Mangobo)         | 5        | 2  | 12         | 13 | 2         | 1 | 8           | 7  |
| EUB (Lubunga)           | 4        | 8  | 14         | 9  | 1         | 3 | 5           | 6  |

Il ressort de l'examen des résultats du tableau (3) que la malnutrition existe dans des familles des parents alphabétisés et non alphabétisés malgré l'abondance de produits comestibles que nous offre la nature.

En effet, la malnutrition est occasionnée souvent par le non accès à des aliments équilibrés en quantité suffisante, c'est à dire le pouvoir d'achat des parents qui constitue un élément facilement l'accès à la nourriture convenable.

Mais l'absence d'un revenu suffisant et régulier conduit les membres d'une famille de vivre dans la pauvreté. Enfin, la malnutrition est un des indicateurs objectivement vérifiable de la pauvreté.

On peut connaître les aliments qu'il faut pour soulager la malnutrition, mais tant qu'on n'a pas les moyens financiers pour l'acquérir, les enfants attrapent la malnutrition. Raison pour laquelle, même dans des familles des parents instruits, on rencontre les enfants mal nourris qui fréquentent respectivement les différents centres visités.

## 4 DISCUSSIONS

Une étude sur l'estimation des coûts de la lutte contre la malnutrition des enfants vulnérables était menée à Kisangani.

Nous voulons soutenir les enquêtes menées notamment par Bellamy en 1998 où il a souligné que chaque année, dans les pays en développement, près 12 millions d'enfants moins de cinq ans meurent principalement des causes évitables, plus de six millions de décès soit 55% peuvent être directement attribués à la malnutrition [1].

En République Démocratique du Congo, le Centre de Planification Nutritionnelle évalue la prévalence de la malnutrition à une moyenne de 25% pour l'ensemble [4].

Les enquêtes nutritionnelles à Kisangani et ses environs, organisées en Juillet 1998 par l'Organisation Mondiale de la Santé, puis celles de Novembre 1999 par les Médecins Sans Frontières Hollandes antenne de Kisangani ont donné un taux de prévalence de 20 %.

Toutes ces enquêtes ont été fondées et c'est parce qu'il y avait un problème réel de la malnutrition aigüe et surtout dans notre contrée.

Dans un milieu comme la ville de Kisangani, où l'on remarque quelques centres nutritionnels thérapeutiques qui reçoivent des enfants mal nourris pendant au moins 21 à 30 jours, ceci montre que certaines familles ne suivent pas les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, car l'état nutritionnel des enfants est comparé à celui de la population parentale.

Avec toutes ces données qui nous ont confirmées l'existence des enfants malnutris à Kisangani et ses environs, nous avons mené de recherches cette fois dans un cadre socio-économique pour savoir ce que pouvait dépenser un parent pour la prise en charge correcte de son enfant pour éviter qu'il ne tombe malade.

C'est pourquoi, nous avons d'abord localisé quatre centres nutritionnels thérapeutiques dans la ville de Kisangani, où il y avait prise en charge nutritionnelle des enfants.

Les différentes aides ont montrées que les enfants ont été nourris, soignés et guéris avec les concours de l'UNICEF, Médecins Sans Frontière Hollande et Belgique qui sont intervenus matériellement et financièrement à travers les ONGD locales pour venir en aide aux nécessiteux d'où la guérison des enfants malnutris de 0 à 5 ans allait être difficile sinon impossible vu l'ignorance de parents pour la diversité des aliments à donner aux enfants.

Le problème s'est aggravé suite aux conséquences de guerres à répétition pendant cette période en RD Congo, on note des déplacements massifs des populations qui sont obligées de vivre dans des conditions de graves pénuries alimentaires.

Par conséquent, nombreux sont les enfants souvent abandonnés auprès de grands parents pour leur survie et ceux-ci les nourrissent avec le moyen de bord.

Dans ce contexte, la plupart de personnes ne bénéficient pas d'apports alimentaires suffisants et équilibrés quotidiennement et présentent une détresse nutritionnelle sans précédent, avec pour corolaire une surmortalité spécifique liée à la malnutrition aiguë [6].

Le Caillons et Labrousse [2] soutiennent que l'emploi des graphiques logarithmiques est particulièrement intéressant pour mettre en évidence la tendance générale d'une série chronologique. Ceci pour une représentation graphique du trend des effectifs d'enfants guéris après une prise en charge nutritionnelle et thérapeutique qui corroborent nos résultats.

En effet, la malnutrition est occasionnée souvent par le non accès à des aliments équilibrés en quantité suffisante, c'est à dire c'est le pouvoir d'achat des parents qui constitue un élément facilitant l'accès à la nourriture convenable. Mais l'absence d'un revenu suffisant et régulier conduit les membres d'une famille de vivre dans la pauvreté. Enfin, la malnutrition est un des indicateurs objectivement vérifiable de la pauvreté.

On peut connaître les aliments qu'il faut pour soulager la malnutrition, mais tant qu'on n'a pas les moyens financiers pour l'acquérir, les enfants attrapent la malnutrition. Raison pour laquelle, même dans des familles des parents instruits, on rencontre les enfants mal nourris qui fréquentent respectivement les différents centres visités.

## **5 CONCLUSION**

La préoccupation de cette étude a tourné autour de l'estimation des coûts de la lutte contre la malnutrition des enfants vulnérables à Kisangani.

Pour réaliser cette investigation, nous avons recouru à la source primaire et la source secondaire du fait que les Centres Nutritionnels Thérapeutiques détiennent des documents écrits.

La technique que nous avons utilisée était celle par questionnaire et le traitement a été fait par l'analyse de contenu et du tri à plat. En plus, l'analyse unidimensionnelle nous a aidées à interpréter les résultats obtenus.

L'étude couvre les CNT Mwana Mupendwa et Bambou de la Commune Kabondo ; le CNT CELPA de la Commune Mangobo et le CNT EUB de la Commune Lubunga ; CNT localisés dans la ville de Kisangani.

Il ressort de l'examen des résultats de l'étude ceux qui suivent :

- Le CNT Mwana Mupendwa avait atteint un effectif maximum d'enfants guéris au 8<sup>ème</sup> mois d'observation, avec un taux indiciel de 438,09% ;
- Le CNT Bambou a réalisé le maximum d'enfants guéris au 24<sup>ème</sup> mois soit un taux indiciel de 1752,17% ;
- Le CNT CELPA a obtenu le maximum d'enfants guéris au 51<sup>ème</sup> mois soit 209,3 % de valeur indicielle ;
- Le CNT EUB a réalisé le maximum de guérison d'enfants mal nourris au 19<sup>ème</sup> mois soit 320,37 % de valeur indicielle.

Les valeurs monétaires qui peuvent prévenir la malnutrition se présentent comme suivent :

- 6120 FC pour acquérir les produits protidiques ;
- 570 FC pour obtenir les produits glucidiques ;
- 840 FC pour acheter les produits lipidiques ;
- 470 FC pour l'obtention des produits de protection.

La valeur totale est de 8.000 FC soit 16 \$ US au taux de change de 500 FC par dollar.

## REFERENCES

- [1] Bellamy, C. 1998. La situation des enfants dans le monde, UNICEF.
- [2] Le Caillons, J et Labrousse, C. 1985. Statistique descriptive, 2<sup>ème</sup> Edition CUJA, Paris
- [3] Médecin Sans Frontière, 1999. Les enquêtes nutritionnelles à Kisangani et ses environs.
- [4] Okitolonda, W. 1993. Eléments d'hygiène alimentaire. Cours inédit, Fac. Médecine et Ecole de Santé Publique. Université de Kisangani.
- [5] Organisation Mondiale de la Santé, 1998. Les enquêtes nutritionnelles à Kisangani et ses environs.
- [6] PRONANUT, 2002. Protocole Nationale de prise en charge de la malnutrition aiguë, Kinshasa.
- [7] Kahindo, J., 2011. Potentiel en produits forestiers autres que le bois d'œuvres dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eresmopathahaulle villeana* De Wild et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv) Kuntze de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, 269 p.
- [8] Nshimba, H. 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RD Congo. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, 271 p.
- [9] Mukoko M., 1993. La nutrition et la santé familiale (2<sup>ème</sup> édition revue, corrigée et enrichie).

## Effets de la fermentation sur les caractéristiques physico-chimiques et fonctionnelles de farines composites à base d'amande de cajou (*Anacardium occidentale*) et de blé (*Triticum aestivum*)

### [ Effects of fermentation on the physico-chemical and functional characteristics of composite flours made from cashew Almond (*Anacardium occidentale*) and wheat (*Triticum aestivum*) ]

TOUZOU Bleou Jean Jaurès<sup>1</sup>, SORO Doudjo<sup>2</sup>, SORO Soronikpoho<sup>1</sup>, and KOFFI Kouadio Ernest<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UMRI Sciences des Procédés Alimentaires, chimiques et Environnementaux, Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The aim of this study is to evaluate the potential of fermented cashew kernel flour and unfermented kernel flour to be used in pastry and bakery. For this reason, these flours were produced and incorporated in varying proportions (20%, 40%, 60% and 80%) in wheat flour. The physicochemical characteristics and functional properties of cashew almond composite flours have been studied. The results showed that the fermentation of cashew kernels helped to significantly increase the protein, lipid and total polyphenol contents of cashew kernel flour. Also it was noted an improvement in the bioavailability of iron, zinc, calcium by fermentation. From 20% incorporation of cashew kernel flours, the physicochemical characteristics and functional properties studied of composite flours differed significantly ( $P < 0.05$ ) from those of wheat flour. Given the high oil absorption capacity and water absorption capacity ( $P < 0.05$ ) compared to wheat flour and the good nutritional quality of cashew kernel flours, they could be used in pastry and in bakery.

**KEYWORDS:** *Anacardium occidentale*, Cashew kernel, fermentation, flour.

**RESUME:** L'objectif de cette étude est d'évaluer les potentialités de la farine d'amande de cajou fermentée et celles de la farine d'amande non fermentée à être utilisée en pâtisserie et boulangerie. Pour cela ces farines ont été produites et incorporées à des proportions variables (20%, 40%, 60% et 80%) à la farine de blé. Les caractéristiques physico-chimiques et les propriétés fonctionnelles des farines composites amande de cajou –blé, ont été étudiées. Les résultats ont montré que la fermentation des amandes de cajou a contribué à augmenter significativement les teneurs en protéines, en lipides et en polyphénols totaux de la farine d'amande de cajou. Aussi il a été noté une amélioration de la biodisponibilité du fer, du zinc, du calcium par la fermentation. A partir de 20% d'incorporation de farines d'amandes de cajou, les caractéristiques physico-chimiques et propriétés fonctionnelles étudiées des farines composites diffèrent significativement ( $P < 0,05$ ) de celles de la farine de blé. Vu la capacité d'absorption en huile et la capacité d'absorption en eau significativement ( $P < 0,05$ ) élevées comparé à celles du blé ainsi que la bonne qualité nutritionnelle des farines d'amande cajou, elles pourraient être utilisées en pâtisserie et en boulangerie.

**MOTS-CLEFS:** *Anacardium occidentale*, amande de cajou, fermentation, farine.

## 1 INTRODUCTION

La production mondiale de noix de cajou est passée de 2.361.384 tonnes en 2002 à 4.152.315 tonnes en 2012 [1].

En Afrique, la culture de l'anacardier est devenue une importante ressource génératrice de revenu et il a été noté un accroissement de la production de 10% par an en moyenne [2].

En Côte d'Ivoire, l'anacardier a été introduit en réponse à la dégradation très avancée des terres due à la déforestation [3]. La production de noix de cajou a subi un accroissement notable passant de 6 000 tonnes en 1990 à 725 000 tonnes en 2015, faisant du pays le premier producteur mondial de noix de cajou brutes [4]. Depuis 2008, avec 380 000 tonnes de noix brute, la Côte d'Ivoire est devenue le premier exportateur africain de noix brute de cajou [5]. Les exportations de noix de cajou brutes représentent 33,4% des exportations totales en 2012 [6].

En dépit de l'évolution exponentielle de la production de noix de cajou, le niveau de transformation reste faible (5,84 % de sa production en 2015). Il est donc nécessaire de mener des actions en vue d'une meilleure dynamisation de la filière cajou. L'une des alternatives est la transformation des amandes de cajou en farine [7]. L'usage de la farine d'amande cajou en boulangerie et pâtisserie réduirait la dépendance du blé.

En effet dans les pays en développement, notamment ceux d'Afrique au sud du Sahara, des efforts de recherche sont consentis pour la substitution partielle de la farine de blé par les farines de produits locaux disponibles [8]. Ceci dans le but de réduire les importations coûteuses du blé et augmenter l'utilisation des produits locaux [9]. Des essais de substitution de la farine de blé par des farines issues de produits locaux riches en glucides tels que les céréales (maïs, riz, sorgho, mil), les tubercules (manioc, taro, patate douce, igname), et riches en protéines (niébé, soja) ont été concluants [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]. Par ailleurs, l'amande de cajou est utilisée dans l'industrie alimentaire pour faire des gâteaux [18]. La pâte d'amande de cajou et la farine de blé ont été utilisées pour la production de biscuit [19]. De ce fait, la transformation des amandes non fermentées et des amandes fermentées en farine pourrait être envisagée pour être utilisée en pâtisserie et en boulangerie.

La présente étude a pour objectif d'évaluer les potentialités boulangère et pâtissière des farines composites à base d'amandes de cajou fermentée et non fermentée et du blé.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MATÉRIEL

Le matériel végétal est constitué de farine issue de brisures d'amande de cajou acheté à un fournisseur local basé à Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) et de farine de blé.

### 2.2 MÉTHODES

#### 2.2.1 PRODUCTION DE LA FARINE À BASE D'AMANDE DE CAJOU NON FERMENTÉE

La farine d'amande de cajou délipidée a été produite selon la méthode proposée par [20] modifiée. Les brisures d'amande de cajou sont triées pour être débarrassées des corps étrangers et des amandes malsaines. Elles sont ensuite séchées à l'étuve pendant 6 h à 60°C. L'huile des amandes précédemment traitées a été extraite deux fois de suite avec du n-hexane au rapport de 1:1 (p / p). En effet les amandes sont placées dans une cuve en inox, l'hexane est ajouté puis le tout est macéré pendant 30 minutes. La cuve hermétiquement fermée est portée à ébullition pendant 50 minutes sur une plaque chauffante. Après 24 heures d'incubation, le surnageant contenant l'huile et l'hexane est retiré, les tourteaux sont collectés dans un tissu blanc en coton et mis sous presse pendant 24 heures. Les tourteaux sont mis à l'étuve à 70°C pendant 12 heures afin d'éliminer les traces de solvant. Les tourteaux ont été réduits en farine à l'aide d'un broyeur à marteau contenant un tamis de maille 150 µm. La farine obtenue est placée dans des sachets en plastique polyéthylène et conservée à température ambiante.

#### 2.2.2 PRODUCTION DE LA FARINE À BASE D'AMANDE DE CAJOU FERMENTÉE

Les amandes triées sont mises à fermenter en utilisant la méthode décrite par [21] modifiée. Les amandes (1 kg) sont bouillies à 100 ° C avec de l'eau distillée pendant 30 minutes. Elles sont enveloppées dans des feuilles de plantain pour être fermentées pendant 72 heures. Les amandes fermentées sont séchées à l'étuve ventilée à 65 ° C pendant 48 heures. L'huile des amandes fermentée a été ensuite extraite deux fois de suite avec du n-hexane au rapport de 1:1 (p / p), dans une cuve en inox (se conférer à la méthode d'extraction d'huile d'amande de cajou non fermentée). Les tourteaux sont broyés à l'aide d'un

broyeur à marteau contenant un tamis de maille 150 µm. La farine obtenue est placée dans des sachets en plastique polyéthylène et conservées à température ambiante.

### 2.2.3 FORMULATION DES FARINES COMPOSITES

Les farines composites blé/amande de cajou non fermentée et blé/amande de cajou fermentée ont été constituées aux proportions suivantes: (p/p) 20/80, 40/60, 60/40 et 80/20. (Voir tableau 1).

**Tableau 1. Code des différentes farines formulées**

| Code           | Farine                                                        |
|----------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>FANF</b>    | Farine d'amande de cajou non fermentée                        |
| <b>FANF 20</b> | Farine de blé à 80 % et d'amande de cajou non fermentée à 20% |
| <b>FANF 40</b> | Farine de blé à 60% et d'amande de cajou non fermentée à 40%  |
| <b>FANF 60</b> | Farine de blé à 40 % et d'amande de cajou non fermentée à 60% |
| <b>FANF 80</b> | Farine de blé à 20 % et d'amande de cajou non fermentée à 80% |
| <b>FAF</b>     | Farine d'amande de cajou fermentée                            |
| <b>FAF 20</b>  | Farine de blé à 80 % et d'amande de cajou fermentée à 20%     |
| <b>FAF 40</b>  | Farine de blé à 60 % et d'amande de cajou fermentée à 40%     |
| <b>FAF 60</b>  | Farine de blé à 40 % et d'amande de cajou fermentée à 60%     |
| <b>FAF 80</b>  | Farine de blé à 20 % et d'amande de cajou fermentée à 80%     |
| <b>FB</b>      | Farine de blé                                                 |

### 2.2.4 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

#### 2.2.4.1 TAUX D'HUMIDITÉ

Les teneurs en eau des farines ont été obtenues par dessiccation des échantillons à l'étuve (Memmert UL 30, Allemagne) à 105 °C jusqu'à un poids constant. La différence de poids avant et après dessiccation de chaque échantillon a donné le taux d'humidité [22].

#### 2.2.4.2 TAUX DE CENDRES

Les taux de cendres des différents échantillons de farines ont été déterminés par incinération dans un four à moufle (Nabertherm GmbH, Allemagne) à 550°C pendant 6 h [23].

#### 2.2.4.3 DOSAGE DES PROTÉINES BRUTES

Les teneurs en protéines totales (N×6,25) des échantillons ont été déterminées suivant la méthode de Kjeldahl après la détermination de l'azote totale [24].

#### 2.2.4.4 TENEUR EN LIPIDES

La teneur en lipides est déterminée en utilisant l'extraction par l'hexane dans un extracteur de type Soxhlet (Unid Tecator, System HT2 1045, Suède). Après évaporation du solvant et séchage de la capsule à l'étuve (Memmert 854 Schwabach, Allemagne) à 105°C pendant 30 min; la différence de poids a donné la teneur en lipides de l'échantillon [25].

#### 2.2.4.5 TENEURS EN GLUCIDES TOTAUX

La teneur en glucides a été estimée par la méthode de différence. Elle a été calculée en soustrayant de la somme du pourcentage d'humidité, matière grasse, protéine et cendres contenu dans 100 % de matières selon la méthode [26].

#### 2.2.4.6 TAUX DE FIBRES BRUTES

Les fibres brutes regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses et la lignine. Les teneurs en fibres brutes des farines ont été déterminées par la méthode de [27].

### 2.2.4.7 DOSAGE DES MINÉRAUX

La teneur en fer, calcium et zinc a été déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique [28].

### 2.2.5 DOSAGE DE POLYPHÉNOLS TOTAUX ET FACTEURS ANTINUTRITIONNELS

#### 2.2.5.1 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN OXALATES TOTAUX

Le dosage des oxalates est réalisé selon la méthode décrite par [29] utilisant le permanganate de potassium.

#### 2.2.5.2 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN POLYPHÉNOLS TOTAUX

Les polyphénols totaux ont été extraits puis dosés selon la méthode de [30]. La teneur en phénols totaux a été exprimée en milligramme d'équivalent d'acide gallique(EAG) pour 100 g de poids sec (mg EAG/100g MS).

#### 2.2.5.3 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN TANNINS

Le dosage des tannins a été effectué suivant la méthode décrite par [31].

#### 2.2.5.4 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN PHYTATES

Les phytates ont été quantifiés selon la méthode de [32] basé sur la décoloration du réactif de Wade par les phytates.

### 2.2.6 EVALUATION DES PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES DES FARINES

La capacité d'absorption d'eau et la capacité d'absorption d'huile des farines ont été évaluées. La capacité d'absorption d'eau (CAE) a été déterminée suivant la méthode de [33]. La capacité d'absorption d'huile a été déterminée suivant la méthode de [34].

### 2.2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Les données de l'étude ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes a été réalisée selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1.

## 3 RÉSULTATS

**Tableau 2.** Paramètres physico-chimiques des différentes farines

| Echantillons | Paramètres              |                         |                         |                        |                         |                        |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|              | Humidité<br>(g/100g)    | Lipides<br>(g/100g)     | Protéines<br>(g/100 g)  | Cendres<br>(g/100g)    | Glucides<br>(g/100g)    | Fibres<br>(g/100g)     |
| FANF         | 3,88±0,1 <sup>a</sup>   | 22,79±0,23 <sup>a</sup> | 28,06±0,1 <sup>a</sup>  | 3,15±0,05 <sup>a</sup> | 42,12±0,09 <sup>a</sup> | 6,65±0,15 <sup>a</sup> |
| FBANF 80     | 4,17±0,11 <sup>b</sup>  | 18,58±0,19 <sup>b</sup> | 23,72±0,12 <sup>b</sup> | 2,62±0,1 <sup>b</sup>  | 46,74±0,11 <sup>b</sup> | 5,8±0,32 <sup>b</sup>  |
| FBANF 60     | 6,27±0,16 <sup>c</sup>  | 14,38±0,2 <sup>c</sup>  | 20,92±0,17 <sup>c</sup> | 2,3±0,09 <sup>c</sup>  | 52,73±0,15 <sup>c</sup> | 4,93±0,25 <sup>c</sup> |
| FBANF 40     | 8,19±0,2 <sup>d</sup>   | 10,18±0,4 <sup>d</sup>  | 17,26±0,28 <sup>d</sup> | 1,59±0,07 <sup>d</sup> | 60,82±0,07 <sup>d</sup> | 4,03±0,29 <sup>d</sup> |
| FBANF 20     | 10,21±0,25 <sup>e</sup> | 5,96±0,15 <sup>e</sup>  | 12,3±0,4 <sup>e</sup>   | 1,09±0,03 <sup>e</sup> | 69,31±0,06 <sup>e</sup> | 3,19±0,1 <sup>e</sup>  |
| FAF          | 4,39±0,4 <sup>f</sup>   | 25,08±0,26 <sup>f</sup> | 34,96±0,21 <sup>f</sup> | 2,28±0,02 <sup>c</sup> | 30,29±0,1 <sup>f</sup>  | 4,4±0,17 <sup>f</sup>  |
| FBAF 80      | 5,79±0,15 <sup>g</sup>  | 22,86±0,1 <sup>g</sup>  | 29,04±0,28 <sup>g</sup> | 2±0,08 <sup>f</sup>    | 40,30±0,03 <sup>g</sup> | 4,03±0,65 <sup>d</sup> |
| FBAF 60      | 7,57±0,17 <sup>h</sup>  | 17,53±0,2 <sup>h</sup>  | 24,05±0,16 <sup>h</sup> | 1,69±0,05 <sup>g</sup> | 49,14±0,1 <sup>h</sup>  | 3,58±0,52 <sup>g</sup> |
| FBAF 40      | 9,18±0,22 <sup>i</sup>  | 11,09±0,1 <sup>i</sup>  | 20,18±0,31 <sup>i</sup> | 1,33±0,04 <sup>h</sup> | 56,80±0,04 <sup>i</sup> | 3,16±0,55 <sup>h</sup> |
| FBAF 20      | 10,62±0,25 <sup>j</sup> | 6,43±0,26 <sup>j</sup>  | 15,63±0,13 <sup>j</sup> | 0,98±0,06 <sup>i</sup> | 66,59±0,05 <sup>j</sup> | 2,72±0,24 <sup>i</sup> |
| FB           | 12,18±0,2 <sup>k</sup>  | 1,77±0,25 <sup>k</sup>  | 8,85±0,11 <sup>k</sup>  | 0,66±0,01 <sup>j</sup> | 76,53±0,1 <sup>k</sup>  | 2,33±0,45 <sup>j</sup> |

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

Le taux d'humidité des farines varie de 3,88±0,1 à 12,18±0,2. Celui de la farine d'amande de cajou non fermentée (3,88±0,1 g/100g) est bas par rapport à celui de la farine d'amande de cajou fermentée qui est de 4,39±0,4 g/100g. La farine de blé a la

teneur en humidité la plus élevée ( $12,18 \pm 0,2$  g/100g). Une baisse du taux d'humidité comparée à celle de la farine de blé est observée au fur et à mesure que le taux d'incorporation de la farine d'amande de cajou fermentée ou non fermentée augmente.

Les farines ont des teneurs en lipides comprises entre  $1,77 \pm 0,25$  et  $25,08 \pm 0,26$  g/100g.

La teneur en lipide de la farine d'amande de cajou non fermenté ( $22,79 \pm 0,2$  g/100g) est significativement ( $P < 0,05$ ) inférieure celle de la farine d'amande de cajou fermentée qui est de  $25,08 \pm 0,26$  g/100g. La farine de blé a la teneur en matière grasse la plus faible ( $1,77 \pm 0,25$  g/100g). L'augmentation du taux de substitution de la farine de blé contribue à augmenter la teneur en matière grasse dans les différentes farines composites.

La teneur en protéines des farines se situe entre  $8,85 \pm 0,01$  et  $34,96 \pm 0,21$  g/100 g.

Celle de la farine d'amande de cajou fermentée et de la farine d'amande de cajou non fermentée sont respectivement de  $34,96 \pm 0,21$  g/100 g et de  $28,06 \pm 0,07$  g/100g. La teneur en protéines des farines composites est significativement ( $P < 0,05$ ) plus élevée comparé à la teneur en protéine de la farine de blé ( $8,85 \pm 0,01$  g/100g).

La farine d'amande de cajou non fermentée a une teneur en cendres de  $3,15 \pm 0,05$  g/100g et celle de la farine d'amande de cajou fermentée est de  $2,28 \pm 0,02$  g/100g. La farine de blé a la plus faible teneur en cendres qui est de  $0,66 \pm 0,01$  g/100g. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou contribue à augmenter la teneur en cendres.

Le taux de glucides totaux des farines varie entre  $30,29 \pm 0,1$  et  $76,53 \pm 0,1$  g/100g Une différence significative ( $P < 0,05$ ) est observée entre les différentes farines. La farine de blé a la teneur la plus élevée en glucides totaux ( $76,53 \pm 0,1$  g/100g). Celle de la farine d'amande de cajou non fermentée est de  $42,12 \pm 0,09$  g/100 g. Cette teneur diminue significativement ( $p < 0.05$ ) dans la farine d'amande de cajou fermentée, elle est de  $30,29 \pm 0,1$  g/100g. Les résultats indiquent que la teneur en glucides totaux des farines composites baisse avec l'incorporation des farines d'amande de cajou.

La teneur en fibres de la farine l'amande de cajou non fermentée ( $6,65 \pm 0,15$  g/100g) est significativement ( $p < 0.05$ ) supérieure à celle de la farine d'amande cajou fermenté qui est de  $4,4 \pm 0,17$  g/100g. Toutefois la teneur en fibres de la farine d'amande fermentée reste significativement ( $p < 0.05$ ) supérieure à celle de la farine de blé ( $2,33 \pm 0,45$  g/100g). La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou contribue à augmenter la teneur en fibres.

**Tableau 3. Teneur en polyphénols et facteurs antinutritionnels des différentes farines**

| Echantillons | Paramètres                   |                         |                    |                      |
|--------------|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|
|              | Polyphénol<br>(mgEAG/100gMS) | Tanin<br>(mgEAG/100gMS) | Phytate (mg/100g)  | Oxalate<br>(mg/100g) |
| FANF         | $181,73 \pm 0,02^a$          | $18,31 \pm 0,03^a$      | $34,57 \pm 0,02^a$ | $210,75 \pm 0,53^a$  |
| FBANF 80     | $197,79 \pm 0,03^b$          | $23,03 \pm 0,01^b$      | $34,01 \pm 0,04^b$ | $176,78 \pm 0,01^b$  |
| FBANF 60     | $212,63 \pm 0,01^c$          | $27,71 \pm 0,1^c$       | $33,49 \pm 0,03^c$ | $144,98 \pm 0,03^c$  |
| FBANF 40     | $228,01 \pm 0,07^d$          | $32,46 \pm 0,9^d$       | $32,97 \pm 0,06^d$ | $115,56 \pm 0,01^d$  |
| FBANF 20     | $240,75 \pm 0,28^e$          | $35,96 \pm 0,59^e$      | $32,45 \pm 0,05^e$ | $87,16 \pm 0,17^e$   |
| FAF          | $248,58 \pm 0,01^f$          | $7,22 \pm 0,02^f$       | $20,73 \pm 0,01^f$ | $144,78 \pm 0,02^f$  |
| FBAF 80      | $251,23 \pm 0,71^g$          | $13,51 \pm 0,3^g$       | $22,78 \pm 0,01^g$ | $136,60 \pm 0,61^g$  |
| FBAF 60      | $253,91 \pm 0,11^h$          | $18,20 \pm 0,23^a$      | $25,08 \pm 0,01^h$ | $107,06 \pm 0,05^h$  |
| FBAF 40      | $256,53 \pm 0,02^i$          | $25,14 \pm 0,01^h$      | $27,12 \pm 0,02^i$ | $85 \pm 0,14^i$      |
| FBAF20       | $260,51 \pm 0,05^j$          | $32,49 \pm 0,15^d$      | $28,91 \pm 0,02^j$ | $64,01 \pm 0,06^j$   |
| FB           | $261,90 \pm 0,01^k$          | $41,43 \pm 0,39^i$      | $30,86 \pm 0,01^k$ | $48 \pm 0,03^k$      |

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

Les teneurs en polyphénols des farines sont significativement différentes ( $p < 0.05$ ). La teneur en polyphénols de la farine blé ( $261,90 \pm 0,01$  mgEAG/100gMS) est la plus élevée. La farine d'amande de cajou fermentée a une teneur en polyphénol ( $248,58 \pm 0,01$  mgEAG/100gMS) supérieure à celle de la farine d'amande de cajou non fermentée qui est de  $181,73 \pm 0,02$  mgEAG/100gMS. L'incorporation des farines d'amande de cajou entraîne la réduction la teneur en polyphénols par rapport à celle de la farine de blé

Les teneurs en tanins ( $7,22 \pm 0,02$  mgEAG/100gMS), phytates ( $20,73 \pm 0,01$  mg/100g) et en oxalates ( $144,78 \pm 0,02$  mg/100g) de la farine d'amande de cajou fermentée sont significativement ( $p < 0.05$ ) inférieures à celles de la farine d'amande de cajou non fermentée qui sont respectivement de  $18,31 \pm 0,03$  mgEAG/100gMS,  $34,57 \pm 0,02$  mg/100g et de  $210,75 \pm 0,53$  mg/100g. La

plus faible teneur en oxalate ( $48 \pm 0,03$  mg/100g) est obtenue avec la farine de blé. La farine à base d'amande fermentée a la plus faible teneur en tanin, contrairement à la farine de blé qui a la plus forte teneur en tanin ( $41,43 \pm 0,39$  mgEAG/100gMS). L'incorporation des farines d'amande de cajou entraîne la réduction de la teneur en tanin par rapport à celle de la farine de blé. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou fermentée contribue à diminuer significativement ( $p < 0,05$ ) la teneur en phytates par rapport à celle de la farine de blé.

**Tableau 4.** Teneur en minéraux et rapports molaires des différentes farines

| Echantillons | Paramètres        |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
|--------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|              | Fe<br>(mg/100g)   | Zn<br>(mg/100g)   | Ca<br>(mg/100g)    | Phy/Fe            | Phy/Zn            | Phy*Ca/Zn         | TAO/TCa           |
| FANF         | $6,51 \pm 0,26^a$ | $1,82 \pm 0,57^a$ | $74,93 \pm 0,1^a$  | $0,45 \pm 0,14^a$ | $1,88 \pm 0,87^a$ | $3,43 \pm 0,11^a$ | $2,81 \pm 0,77^a$ |
| FBANF 80     | $5,28 \pm 0,25^b$ | $1,47 \pm 0,17^b$ | $62,51 \pm 0,3^b$  | $0,54 \pm 0,57^a$ | $2,29 \pm 0,25^b$ | $3,48 \pm 0,35^b$ | $2,84 \pm 0,27^a$ |
| FBANF 60     | $3,9 \pm 0,2^c$   | $1,06 \pm 0,19^c$ | $50,04 \pm 0,72^c$ | $0,73 \pm 0,76^b$ | $3,13 \pm 0,3^c$  | $3,81 \pm 0,18^c$ | $2,92 \pm 0,65^b$ |
| FBANF 40     | $2,68 \pm 0,15^d$ | $0,73 \pm 0,25^d$ | $37,64 \pm 0,44^d$ | $1,03 \pm 0,97^c$ | $4,6 \pm 0,11^d$  | $4,32 \pm 0,10^d$ | $3,07 \pm 0,28^c$ |
| FBANF 20     | $1,4 \pm 0,1^e$   | $0,37 \pm 0,31^e$ | $25,21 \pm 0,26^e$ | $1,95 \pm 0,13^d$ | $8,69 \pm 0,23^e$ | $5,46 \pm 0,45^e$ | $3,45 \pm 0,69^d$ |
| FAF          | $4,60 \pm 0,7^f$  | $1,4 \pm 0,2^f$   | $70,25 \pm 0,49^f$ | $0,38 \pm 0,01^a$ | $1,47 \pm 0,2^f$  | $2,57 \pm 0,53^f$ | $2,06 \pm 0,38^e$ |
| FBAF 80      | $3,89 \pm 0,52^c$ | $1,15 \pm 0,5^g$  | $58,75 \pm 0,53^g$ | $0,49 \pm 0,58^a$ | $1,96 \pm 0,85^g$ | $2,87 \pm 0,12^g$ | $2,32 \pm 0,18^f$ |
| FBAF 60      | $2,99 \pm 0,35^g$ | $0,86 \pm 0,28^h$ | $47,77 \pm 0,14^h$ | $0,71 \pm 0,18^b$ | $3,08 \pm 0,77^h$ | $3,66 \pm 0,22^h$ | $2,31 \pm 0,41^f$ |
| FBAF 40      | $2,08 \pm 0,56^h$ | $0,60 \pm 0,66^i$ | $35,84 \pm 0,16^i$ | $1,11 \pm 0,26^c$ | $4,46 \pm 0,18^i$ | $3,98 \pm 0,15^i$ | $2,37 \pm 0,9^g$  |
| FBAF20       | $1,21 \pm 0,28^i$ | $0,30 \pm 0,56^j$ | $24,59 \pm 0,47^e$ | $2,06 \pm 0,32^d$ | $9,70 \pm 0,83^j$ | $5,95 \pm 0,63^j$ | $2,6 \pm 0,65^h$  |
| FB           | $0,31 \pm 0,11^j$ | ND                | $12,8 \pm 0,4^j$   | $8,42 \pm 0,27^e$ | ND                | ND                | $3,44 \pm 0,11^d$ |

ND : Non déterminé

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

La farine d'amande de cajou non fermentée a une teneur en fer ( $6,51 \pm 0,26$  mg/100g), zinc ( $1,82 \pm 0,57$  mg/100g) et calcium ( $74,93 \pm 0,1$  mg/100g) significativement ( $P < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine d'amande de cajou fermentée qui est de  $4,60 \pm 0,7$  mg/100g pour le fer,  $1,4 \pm 0,2$  mg/100g pour le zinc et de  $70,25 \pm 0,49$  mg/100g pour le calcium.

La teneur en fer ( $0,31 \pm 0,11$  mg/100g) et en calcium ( $12,8 \pm 0,4$  mg/100g) de la farine de blé sont significativement ( $P < 0,05$ ) les plus faibles. Le zinc n'a pas été déterminé dans la farine de blé. La teneur en fer, en zinc et en calcium des farines composites augmente lorsque le taux d'incorporation des farines d'amande de cajou augmente.

Les rapports molaires phytates/fer des farines oscillent entre  $0,38 \pm 0,01$  et  $8,42 \pm 0,27$ . La farine d'amande de cajou non fermentée a le rapport molaire phytates/fer ( $0,45 \pm 0,14$ ) significativement ( $P < 0,05$ ) plus élevé que celui de la farine d'amande de cajou fermentée ( $0,38 \pm 0,01$ ). La farine de blé a le rapport molaire phytates/fer le plus élevé ( $8,42 \pm 0,27$ ).

Le rapport molaire phytate/zinc de la farine d'amande non fermentée ( $1,88 \pm 0,87$ ) est significativement supérieur à celui de la farine d'amande fermentée ( $1,47 \pm 0,2$ ).

Les résultats obtenus, indiquent que la farine d'amande de cajou fermentée a le rapport  $\text{Ca} \times \text{Phytate}/\text{Zn}$  ( $2,57 \pm 0,53$ ) le plus faible. Le rapport  $\text{Ca} \times \text{Phytate}/\text{Zn}$  de la farine d'amande de cajou non fermentée est de  $3,43 \pm 0,11$ .

L'indice d'assimilation du calcium qui est le rapport teneur en acide oxalique/teneur en calcium (TAO/TCa), des différentes farines a été déterminé. Les résultats indiquent que les valeurs des rapports TAO/TCa oscillent entre  $2,06 \pm 0,38$  et  $3,44 \pm 0,11$ . La farine de blé a l'indice d'assimilation de calcium le plus élevé ( $3,44 \pm 0,11$ ). L'indice d'assimilation du calcium le plus faible est obtenu avec la farine d'amande de cajou fermentée ( $2,06 \pm 0,38$ ). La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou permet une réduction du rapport TAO/TCa comparé à celui de la farine de blé.

Au même taux de substitution de la farine de blé, les farines composites comportant la farine fermentée ont les rapports phytates/fer, phytate/zinc,  $\text{Ca} \times \text{Phytate}/\text{Zn}$  et TAO/TCa significativement ( $p < 0,05$ ) les plus faibles.

Tableau 5. Propriétés fonctionnelles des farines composites

| Echantillons | Paramètres               |                          |
|--------------|--------------------------|--------------------------|
|              | CAE (%)                  | CAH (%)                  |
| FANF         | 144,01±0,11 <sup>a</sup> | 135,87±0,83 <sup>a</sup> |
| FBANF 80     | 133,12±0,5 <sup>b</sup>  | 126,28±0,55 <sup>b</sup> |
| FBANF 60     | 128,21±1,3 <sup>c</sup>  | 118,79±0,64 <sup>c</sup> |
| FBANF 40     | 116±1,2 <sup>d</sup>     | 110,03±0,88 <sup>d</sup> |
| FBANF 20     | 110,68±0,59 <sup>e</sup> | 98,75±0,1 <sup>e</sup>   |
| FAF          | 154,83±0,89 <sup>f</sup> | 123,40±0,28 <sup>f</sup> |
| FBAF 80      | 148,19±1,1 <sup>g</sup>  | 116,07±0,9 <sup>g</sup>  |
| FBAF 60      | 139,33±1,24 <sup>h</sup> | 111,98±0,95 <sup>h</sup> |
| FBAF 40      | 128,92±0,94 <sup>c</sup> | 107,22±0,7 <sup>i</sup>  |
| FBAF20       | 120,75±1,2 <sup>i</sup>  | 96,17±0,4 <sup>g</sup>   |
| FB           | 109,75±1,01 <sup>e</sup> | 89,52±0,9 <sup>k</sup>   |

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

L'analyse statistique a montré une différence significative ( $P < 0,05$ ) de la capacité d'absorption en eau (CAE) de la farine de blé, amande de cajou non fermenté et d'amande de cajou fermentée. La capacité d'absorption en eau des différentes farines est comprise entre 109,75±1,01 et 154,83±0,89 %. La farine de blé a la plus faible capacité d'absorption en eau (109,75±1,01 %). La farine d'amande de cajou fermentée a la capacité d'absorption en eau la plus élevée (154,83±0,89 %). Les farines composites ont une capacité d'absorption en eau significativement ( $P < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine de blé.

Concernant la capacité d'absorption en huile (CAH) des farines, elles sont comprises entre 89,52±0,9 % et 135,87±0,83 % de farine. La farine de blé a la capacité d'absorption en huile significativement ( $P < 0,05$ ) la plus faible (89,52±0,9 %). La farine d'amande de cajou non fermentée présente la capacité d'absorption en huile significativement ( $P < 0,05$ ) la plus élevée (135,87±0,83 %). Les farines composites ont une capacité d'absorption en huile significativement ( $P < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine de blé.

Au même taux de substitution de la farine de blé, les farines composites comportant la farine d'amande de cajou fermentée ont une capacité d'absorption en eau significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée et ont une capacité d'absorption en huile significativement ( $p < 0,05$ ) plus faible.

#### 4 DISCUSSION

L'augmentation de la teneur en matière grasse due à la fermentation concorde avec les travaux de [35]. Cette augmentation pourrait être un résultat de la décomposition de molécules de graisses en unités d'acides gras plus simples en raison de la forte activité des enzymes lipolytiques lors de fermentation [36]. En outre, la fermentation a permis une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la teneur en protéines. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [37]. Cette augmentation de la teneur en protéines pourrait être attribuée à l'augmentation de la masse microbienne pendant la fermentation. Ces microorganismes causent l'hydrolyse des molécules de protéines en acides aminés et en d'autres peptides simples [38]. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou a entraîné une augmentation de la teneur en protéines. Cela pourrait être attribué à l'amande de cajou qui est une bonne source de protéines (20-24g / 100 g) [39]. La diminution de la teneur en cendres de la farine d'amande de cajou fermentée peut être attribuée à l'activité des microorganismes lors de la fermentation [40]. Ce résultat est conforme au rapport [41] sur la diminution de la teneur en cendres pendant la fermentation de "Gowe", un aliment traditionnel à base de sorgho, de millet ou de maïs. La diminution de la teneur en glucides au cours de la fermentation pourrait être due à l'activité des microorganismes qui utilisent les glucides comme source d'énergie lors de la fermentation [42]. La baisse de la teneur en fibres dans la farine d'amande fermentée serait due à la production d'enzymes de dégradation (cellulases et hémicellulases) de la cellulose et de l'hémicellulose par les microorganismes au cours de la fermentation [43], [44]. Tous les paramètres physicochimiques des farines composées présentent une différence significative ( $P < 0,05$ ) comparés aux paramètres de la farine de blé. Cette tendance a été relevée par [45], [46] et [47] qui ont substitué respectivement la farine de blé par la farine d'igname, de *Cajanus cajan* et de voandzou.

L'augmentation de la teneur en polyphénols totaux suite à la fermentation pourrait être due à la libération des composés phénoliques pendant la fermentation [48]. Agissant particulièrement en tant qu'antioxydants, les polyphénols sont connus pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine [49]. La réduction de la teneur en phytates au cours de la fermentation peut

être attribuée à l'activité de la phytase contenu dans l'amande de cajou et des micro-organismes capables d'hydrolyser l'acide phytique en inositol et en orthophosphate [50], [51]. En effet la fermentation confère un pH optimal aux phytases présentes dans les graines, induisant ainsi leur activation et une diminution des teneurs en phytates. L'activité de la phytase végétale est optimale aux alentours du pH 5,5 et celle des phytases microbiennes principalement issues des bactéries lactiques est maximale à pH 4,5 [52]. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [53] et [54] qui ont respectivement rapporté que la fermentation réduit la teneur en phytate de 96,3% dans l'arachide et de 54,77% dans le soja. La propriété anti nutritionnelle de l'acide phytique est liée à son pouvoir chélateur vis-à-vis des minéraux, spécifiquement les cations divalents ( $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ) en formant des sels (phytates), il peut aussi se complexer avec les protéines et l'amidon, diminuant leur absorption et leur biodisponibilité [55]. L'un des mécanismes possibles pouvant expliquer la diminution de la teneur en oxalates dans la farine d'amande fermentée pourrait être sa solubilisation dans l'eau [56]. En effet, les amandes de cajou sont précuites pendant 30 minutes dans de l'eau avant d'être mise à fermenter. L'acide oxalique forme des complexes insolubles avec les cations bivalents (fer, calcium, zinc, et magnésium) ce qui limite la biodisponibilité de ces minéraux pouvant entraîner des carences [57]. La réduction de la teneur en tanins lors de la fermentation peut être attribuée à l'activité de la tanase. Cette enzyme peut catalyser la réaction d'hydrolyse de liaisons ester au niveau des tanins hydrolysables [58]. Les tanins se lient aux protéines de l'aliment mais également aux sucs digestifs (enzymes) bloquant ainsi leurs sites actifs. Il en résulte une forte baisse de la digestibilité notamment des protéines mais aussi de l'amidon et donc de l'énergie de l'aliment [59].

La diminution significative de la teneur en fer, zinc et en calcium dans la farine d'amande de cajou fermentée traduit la diminution significative de la teneur en cendres obtenue avec la farine d'amande de cajou fermentée.

Sans tenir compte des quantités absolues de phytates ou de zinc dans les farines, l'absorption du zinc est considérée élevée, modérée ou faible lorsque le rapport molaire phytates/zinc est respectivement  $< 5$ , se situe entre 5 et 15 ou  $> 15$  [60], [61].

Le rapport molaire phytate/fer supérieure à 0,5 pourrait entraîner une déficience marginale en fer résultant de la faible assimilation du fer [62].

En se fondant sur cette hypothèse, les résultats indiquent que les teneurs en phytates des farines d'amande de cajou fermentée ou non fermentée, ne pourraient pas interférer avec l'assimilation du fer et du zinc. Les rapports molaires phytates/fer des farines composites sont supérieurs à 0,5. Seule la formulation contenant 80% de farine d'amande de cajou fermenté a le rapport molaire phytates/fer ( $0,49 \pm 0,58$ ) inférieure à 0,5. Quant aux rapports molaires phytate/zinc des différentes formulations, ils sont tous compris entre 5 et 15. Par conséquent dans ces farines la teneur en phytate ne pourrait donc pas interférer avec l'assimilation du zinc. La biodisponibilité du fer et du zinc est améliorée significativement après fermentation. Aussi la substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou contribue à améliorer la biodisponibilité du fer et du Zinc.

[63] ont aussi suggéré que l'on pouvait estimer l'assimilabilité du zinc dans un aliment consommé par l'homme de façon plus satisfaisante en calculant le rapport de concentration molaire ( $Ca \times Phytate / Zn$ ). Selon [64], si ce rapport est supérieur à 3,5 l'assimilabilité, chez l'homme, du zinc contenu dans les aliments considérés, risque d'être relativement faible. En se fondant sur cette hypothèse, une analyse des résultats obtenus, indique que le rapport  $Ca \times Phytate / Zn$  de la farine d'amande de cajou non fermentée ( $3,43 \pm 0,11$ ), farine composite contenant 80% de farine d'amande non fermentée ( $3,48 \pm 0,35$ ), farine d'amande de cajou fermentée ( $2,57 \pm 0,53$ ) et la farine composite contenant 80 % de farine d'amande de cajou fermenté ( $2,87 \pm 0,12$ ) sont inférieure à 3,5. Il ressort donc de ces résultats que les teneurs en phytates de ces farines seraient acceptables et ne pourraient pas interférer avec l'absorption du zinc et du calcium. Par contre les farines composites à 60, 40 et 20 % de farine d'amande de cajou fermentée ou non fermentée ont des rapports ( $Ca \times Phytate / Zn$ ) supérieures à 3,5. Ces farines pourraient donc avoir des teneurs en phytate qui interféreraient avec l'absorption du zinc et du calcium. En tenant compte des rapports teneurs en oxalates/teneurs en calcium (TAO/TCa), il ressort que la valeur de ce rapport devrait être de l'ordre de 2 pour que l'acide oxalique interfère significativement dans l'absorption du calcium [65]. Pourtant, les résultats indiquent que les valeurs des rapports (TAO/TCa) oscillent entre  $2,06 \pm 0,11$  et  $3,4 \pm 0,77$ ; elles sont supérieures à 2, ce qui indiquerait que les teneurs en oxalates de toutes les farines pourraient interférer dans la biodisponibilité du calcium.

La capacité d'une protéine à se lier à l'eau est une indication de sa capacité d'absorption de l'eau. La variation observée dans l'absorption de l'eau parmi les farines peut être due à la différence de teneur en protéines, de leur degré d'interaction avec l'eau et de leur conformation [66]. La fermentation a permis d'améliorer la capacité d'absorption d'eau de la farine d'amande de cajou du fait qu'elle ait permis d'augmenter la teneur en protéines. La Capacité d'Absorption en Eau (CAE) est un indicateur utile à déterminer car il permet de savoir si les farines peuvent être incorporées dans des formulations alimentaires utilisant l'eau [67]. Les CAE élevées dans la présente étude suggèrent que les farines d'amande de cajou peuvent être utilisées dans la formulation de produits de boulangerie [68]. En effet, une CAE élevée permet d'ajouter plus d'eau à la pâte, améliorant ainsi sa maniabilité et le maintien de la fraîcheur dans le pain. La fermentation entraîne une baisse de la capacité d'absorption en huile. La diminution de la capacité d'absorption en huile lors de la fermentation a été observée par [69]. Toutefois l'augmentation du taux d'incorporation de la farine à base d'amande de cajou non fermentée ou fermentée

entraîne une augmentation de la capacité d'absorption en huile des différentes farines composites comparées à celle de la farine de blé. La capacité d'adsorption d'huile (CAH) des farines alimentaires est importante dans l'industrie alimentaire car elle permet l'absorption d'huile par un processus complexe de la capillarité. La capacité d'un composant alimentaire à piéger l'huile est une caractéristique importante dans les formulations d'aliments gras car elle agirait comme un dispositif de retenue de saveur et exhausteur de sensation en bouche [70]. Les farines d'amande de cajou pourraient donc être utilisées en biscuiterie et en boulangerie.

## **5 CONCLUSION**

Cette étude a montré que la fermentation augmente significativement la teneur en protéines, lipides et en polyphénols de la farine d'amande de cajou. La fermentation a contribué à l'amélioration de la biodisponibilité du fer, du zinc, du calcium et de la capacité d'absorption en eau de la farine d'amande de cajou. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou a permis d'améliorer la teneur en protéines, lipides, cendres et en fibres des farines composites par rapport à celle du blé. Les farines composites ont les propriétés fonctionnelles améliorées comparées à celles de la farine de blé. Au regard des caractéristiques nutritionnelles et des propriétés fonctionnelles des farines d'amande de cajou produites, elles pourraient être utilisées en pâtisserie et en boulangerie.

## REFERENCES

- [1] FAO (Food and Agriculture Organization); Base des données de la FAO 2011.<http://faostat.3.fao.org>. (4 Septembre 2014 à 13 heures).
- [2], [3], [7] O A A Adouko, T Souleymane, E A Agbo, and B Kouakou, "Functional Properties and *in vitro* Digestibility of Cashew Nut Flour", *Journal of Food and Nutrition Research*, vol. 4, no. 5 pp. 282-288, 2016.
- [4] CCA (Conseil Coton Anacarde en Côte d'Ivoire), Publié le lundi 15 février 2016.
- [5] J B A Djaha, A K N'guessan, C K Ballo, S Aké, "Germination des semences de deux variétés d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) élites destinés à servir de porte-greffe en Côte d'Ivoire " *Journal of Applied Biosciences*, 32: 1995-2001, 2010.
- [6] Anonyme, Programme d'appui au commerce et à l'intégration régionale (pacir) : évaluation du potentiel à l'exportation des noix de cajou, 2013.
- [8] T A Shittu, A O Raji, L O Sanni, "Bread from composite cassava-wheat flour: Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf". *Food Res. Inter.* 40, 280 – 290, 2007.
- [9] C A Ikpeme-Emmanuel, N C Osuchukwu and L Oshiele. "Functional and sensory properties of wheat (*Aestium triticum*) and taro flour (*Colocasia esculenta*) composite bread", *Afr J Food Sci.*, 4, 248-253, 2010.
- [10] M Siddiq, M Nasir, R Ravi, M S Butt, K D Dolan and J.B. Harte, "Effect of defatted maize germ flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread", *LWT-Food Science and Technology*, 42, 464–470, 2009.
- [11] O O Oladunmoye, R Akinoso, and A A Olapade. Evaluation of some physical-chemical properties of wheat, cassava, maize and cowpea flours for bread making. *Journal of Food Quality*, 33, 693-708, 2010.
- [12] R J Mongi, B K Ndabikunze, B E Chove, P Mamiro, C C Ruhembe, and J G Ntwenya. Proximate composition, bread characteristics and sensory evaluation of cocoyam-wheat composite breads. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11(7), 5586-5599, 2011.
- [13] C Nindjin, G N Amani and M Sindic. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. *Carbohydrate Polymers*, 86, 1637– 1645, 2011
- [14] S Rai, A Kaur, B Singh And K S Minhas. Quality characteristics of bread produced from wheat, rice and maize flours. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6), 786–789, 2012.
- [15] R Begum, M J Uddin, M A Rahman and , M S Islam. Comparative study on the development of maize flour based composite bread. *J Bangladesh Agr Univ*, 11(1), 133–139, 2013.
- [16] I Bibiana, N Grace and A Julius. Quality evaluation of composite bread produced from wheat, maize and orange fleshed sweet potato flours. *American Journal of Food Science and Technology*, 2(4), 109-115, 2014.
- [17] A S Trejo-González, A G Loyo-González,. and M R Munguía-Mazariegos,. " Evaluation of bread made from composite wheat-sweet potato flours", *International Food Research Journal*, 21(4), 1683-1688, 2014.
- [18] Soro, Couplage De Procédés Membranaires Pour La Clarification Et La Concentration Du Jus De Pomme De Cajou : Performances Et Impacts Sur La Qualite Des Produits P 156, 2013.
- [19] M C Ojinnaka and F U Agubolum, "Nutritional and sensory properties of cashew nut-wheat based cookies", *american journal of food and nutrition*.33,127-134, 2013.
- [20] K W C Sze-Tao and S K Sathe, "Functional properties and in-vitro digestibility of Almond (*Prunusdulcis* L) protein isolate", *Food chemistry* 69, 153- 160, 2004.
- [21] O S Ijarotimi, I B Oluwalana and M O Ogunedojutimi, "Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn based (*zea may everta*) complementary foods enriched with cashew nut (*anacardium occidentale l.*) flour", *African Journal of Food Science* vol. 12, no. 5, pp 6424-6446, 2012.
- [22], [25] AOAC, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, , 16 th edn Arlington, V. A. USA, 250 p, 1995.
- [23], [26] AOAC, Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemist, 5th ad. AOAC Press, Arlington, Virginia, USA, 2005.
- [24], [28] AOAC, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> ed, Washington DC, 1230p, 1990.
- [27] P.S Van Soest, "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II- A rapid method for the determination of fiber and lignin", *Journal of Association of Official Analytical Chemistry*, 46: 829-835, 1963.
- [29] R.A. Day and A.L Underwood, Quantitive analysis 5th ed. Prentice. Hall publication p. 701, 1986.
- [30] V.L Singleton, R Orthofer, R.M. Lamuela-raventos, "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent", *Methods Enzymol*, 299, 152-178, 1999.
- [31] Bainbridge Z, Tomlins K, Willings K, Westby A, Methods for assessing quality characteristics of non grain starch staple. Part 4 advanced methods, National ressources institute, University of Greenwich, UK ISBN 0 – 85954 – 400 – 1, 43–79, 1996.

- [32] M., Latta and M. Eskin, "A simple and rapid colorimetric method for phytate determination"; *J Agric. Food Chem*, 28, 313-315, 1980.
- [33] R D Philips, M S Chinnan, A L Branch, J Miller and K H Mcwatters, "Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpeameal", *Journal of Food Science*, vol 53, pp 805–809, 1988.
- [34] F W Sosulski, "The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheat", *Cereal Chemistry*, vol. 39 pp 344-350, 1962.
- [35] U S Onoja and I C Obizoba, "Nutrient composition and organoleptic attributes of gruel based on fermented cereal, legume, tuber and root flour", *J. Trop. Agric., Food, Environ. Extension*, pp 162-168, 2009
- [36], [38], [40], [69] B D Igbabul, J Amove. and I Twadue, "Effect of fermentation on the proximate composition, antinutritional factors and functional properties of cocoyam (*Colocasia esculenta*) flour". *Afr. J. Food Sci. Technol.* Vol. 5, no. 3 pp 67-74, 2014.
- [37] I Fofana, D Soro, M A Yeo et E K Koffi, "Influence de la fermentation sur les caracteristiques physicochimiques et sensorielles de la farine composite à base de banane plantain et d'amande de cajou" *European Scientific Journal* 13 (30) pp 1857 – 7881, 2017.
- [39] A N Nascimento, J Naozuka and P V Oliveira, "In vitro evaluation of Cu and Fe bioavailability in cashew nuts by off-line coupled SEC-UV and SIMAAS", *Microchemical Journal*, vol. 96, pp 58-63, 2010.
- [41] De Michodjehoun LH, O Joseph, M Christian, "Physical, chemical and microbiological changes during natural fermentation of "gowe" a sprouted or non-sprouted Sorghum beverage from West Africa". <http://www.academicjournal.org>. pp. 677-768, 2005.
- [42] C Onyango, H Noetzold, T Bley and T Henle, "Proximate composition and digestibility of fermented and extruded uji from maize–finger millet blend", *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, vol. 37, pp 827–832, 2004.
- [43] J Moore, Z Cheng, J Hao, G Guo, J Guo-Liu, C Lin and L Yu, "Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran", *J. Agric. Food Chem*, vol 55 pp10173-10182, 2007.
- [44] A Lateef, J K Oloke, E B.Gueguim Kana, O OyeniyiS, O R Onifade, A O Oyeleye, O C Oladosu, and A O.Oyelami, "Improving the quality of agro-wastes by solid-state fermentation: Enhanced antioxidant activities and nutritional qualities", *World J. Microbial.Biotechnol* vol. 24 pp 2369-2374, 2008.
- [45] N G J M Medoua, Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) pax : étude du durcissement post-récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine- Thèse de Doctorat/PhD, 2005, p. 254, 2005.
- [46] F M Abu-Salem and A A Abou-Arab, "Effect of supplementation of Bambara ground nut (*Vigna subterranean* L.) flour on the quality of biscuits" *Afr. J. Food Sci.* vol. 5 no. 7 pp 376-383, 2011.
- [47] S Fasoyiro, W Yudi and K Taiwo, Processing and Utilization of Legumes in the Tropics, Trends in Vital Food and Control Engineering, Prof. Ayman Amer Eissa (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0449-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-vital-food-and-control-engineering/processing>, 2012.
- [48] F Sosulki, K Krygier and L Hogge. "Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol 30, pp 330–340, 1982.
- [49] L Suntornsuk, W Gritsanapun, S Nilkamhank and A Paochom, "Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration", *J. Pharm. Biomed. Anal.*, vol. 28 pp 849–855, 2002.
- [50] N R Reddy and M D Pierson, "Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods by fermentation", *Food Res. Int* 27: 281 – 290, 1994.
- [51] A S Sandberg and T Andlid, "Phytogenic and microbial phytases in human nutrition", *Int. J. Food Sci. Technol.* Vol.37, pp 823-83, 2002.
- [52] F Leenhardt, M-A Levrat-Verny, E Chanliaud and C Rémésy, "Moderate decrease of pH by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity". *J. Agric Food Chem*12; 53 (1) pp 98-102, 2005.
- [53] D Fardiaz and P Markakis, "Degradation of phytic acid in on con (fermented peanut press cake) ", *J. Food Sci.*,vol. 46. pp 523- 525 1981.
- [54] A Sutardi and K A Buckel, "Phytic acid changes in soyabeans fermented by traditional inoculum and six strain of rhizopusoligosporos", *Journal of applied bacteriology*. Vol. 58: pp 539- 543, 1985.
- [55] L Oatway, T Vasanthan, and J H Helm, "Phytic acid", *Food Reviews International*, vol. 17, no. 4, pp 419-431, 2001.
- [56] A B Ross, G PSavaga, R J Martin and L Vanhanen, "Oxalates in oca (*New Zealand yam*) (*Oxalis tuberosa* Mol.)", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, vol.47 pp 5019-5022, 1999.
- [57] F O Omoruyi, L Dilworth and H N Asemota, "Antinutritional factors, zinc, iron and calcium in some Caribbean tuber crops and the effect of boiling or roasting", *Nutrition and Food Science*, vol. 37, no. 1, pp 8-15, 2007.

- [58] H Rodríguez, J A Curiel, J M Landete, B de las Rivas, F L de Felipe, C. Gómez Cordovés, J M Mancheño, R Muñoz, "Food phenolics and lactic acid bacteria", *Int. J. Food Microbiol.* Vol.132, 79–90, 2009.
- [59] M Carbonaro, M Cappelloni, S Nicoli, M. Lucarini, and, E Carnovale. "Solubility-Digestibility Relationship of Legume Proteins", *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, vol.45, no 9 pp 3387-3394, 1997.
- [60] World Health Organization (WHO), The treatment of diarrhea: a manual for physicians and other senior health workers, Geneva, 2004.
- [61] R S Gibson and V P Anderson, "A review of interventions based on dietary diversification or modification strategies with the potential to enhance intakes of total and absorbable zinc", *Food Nutr Bull*; vol.176 no.30 pp 108S–143S, 2009.
- [62] I Lestienne, C Icard-Vernière, C Mouquet, C Picq and S Trèche, "Effect of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents", *Food Chemistry*, vol. 89 pp 421-425, 2005.
- [63], [64] E N Mills, J A Jenkins, M .J Alcocer, and P R Shewry, "Structural, biological, and revolutionary relationships of plant food allergens sensitizing via the gastrointestinal tract", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 44 pp 379-407, 2004.
- [65] C Tchiégang et K Aissatou, "Données ethno-nutritionnelles et les caractéristiques physico- chimiques des légumes feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun) ", *Tropicultura*, vol. 22, no. 1, pp 11-18, 2004.
- [66] S M Butt and R Batool, "Nutritional and Functional Properties of Some Promising Legumes Protein Isolates", *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 9, pp 373-379 2010.
- [67] M A Boateng, J K Addo, H Okyere, H Adu-Dapaah, J N Berchie and A Tetteh, "Physicochemical and functional properties of proteinates of two Bambara groundnut (*vigna subterranean*) landraces", *African Journal of Food Science and Technology*, vol. 4, no 4, pp 64-70, 2013.
- [68] O Olaofe, L A Arogundade, E I Adeyeye and O M Falusi. "Composition and food properties of the variegated grasshopper", *Trop.Sci*, Vol. 38, pp 233-237, 1998.
- [70] N Yadahally and Sreerama, "Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality", *Food Chemistry*, vol. 131 pp 462–468, 2012.

## Caractérisation écotoxicologique des effluents des Cliniques Universitaires de Kinshasa traités en UASB par les bios essais aux «*Gambusias affinis*»

### [ Ecotoxicological characterization of the effluents of the University Private clinics of Kinshasa treated in UASB by the bios tests with the «*Gambusias affinis*» ]

Louis O. LUBIENO, Athanase N. KUSONIKA, Olivier N. NDAYWEL, and Emmanuel M. BIEY

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement, B.P. 190 KIN XI, RD Congo

Copyright © 2018 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:** Hospital worn water of the University Private clinics of Kinshasa (Democratic Republic of Congo) was evaluated for ecotoxicological tests.

The physicochemical parameters of the effluents of the university private clinics of Kinshasa taken in situ and ex situ test a variation active either with the rise for some, or with the fall for others. On the ecotoxicological level, worn water of the university private clinics has a toxicity against the species halieutics such is the concrete cases *Gambusia affinis* which were useful to us like indicator of toxicity of these effluents. On the four sites of taking away, it was noted that the rate of survivors decreased of a site with another. The rough concentrations (100ml) of the effluents did not grant less chance to the individuals to survive. The effluents are toxic with a lethal concentration going from 52ml to 100ml.

After a test of treatment in UASB of the whole of the effluents of the university private clinics obtained at the various outlets, the effluent has a very low toxicity at the populations of *Gambusia affinis*. After treatment, this effluent is toxic with a lethal concentration around 100ml.

**KEYWORDS:** toxicity, hospital, *Gambusia affinis*, clinical Effluent university of Kinshasa.

**RÉSUMÉ:** Les eaux usées hospitalières des Cliniques Universitaires de Kinshasa (République Démocratique du Congo) ont été évaluées pour des tests écotoxicologiques.

Les paramètres physico-chimiques des effluents des cliniques universitaires de Kinshasa prélevés in situ et ex situ éprouvent une variation allant soit à la hausse pour certains, soit à la baisse pour d'autres. Sur le plan écotoxicologique, les eaux usées des cliniques universitaires présentent une toxicité contre les espèces halieutiques tel est le cas de l'espèce *Gambusia affinis* qui nous a servi comme indicateur de la toxicité de ces effluents. Sur les quatre sites de prélèvement, il a été constaté que le taux de survivants décroissait d'un site à un autre. Les concentrations brutes (100ml) des effluents n'accordaient moins de chance aux individus de survivre. Les effluents sont toxiques avec une concentration létale allant de 52ml à 100ml.

Après un essai de traitement en UASB de l'ensemble des effluents des cliniques universitaires obtenus aux différents points de rejet, l'effluent présente une très faible toxicité aux populations des *Gambusia affinis*. Après traitement, cet effluent est toxique avec une concentration létale autour de 100ml.

**MOTS-CLEFS:** toxicité, Effluent hospitalier, *Gambusia affinis*, clinique universitaire de Kinshasa.

## 1 INTRODUCTION

La santé ne peut être considérée de manière isolée car elle est étroitement liée à la qualité de l'environnement dans lequel les gens évoluent. Pour vivre en bonne santé, les hommes ont besoin d'environnements sains. Les hôpitaux doivent être les premières références en matière d'assainissement, de propreté et d'hygiène (6).

Les hôpitaux sont de grands consommateurs d'eau. En France, on estime à 750 litres par lit et par jour (soit 250 à 350 litres pour l'hospitalisation et la technique médicale, et 350 à 450 litres pour les services généraux) les besoins moyens en eau d'un centre hospitalier universitaire, Aux Etats-Unis d'Amérique la demande moyenne en eau des établissements de santé est de 968 litres par lit et par jour (3). Dans les pays en développement, cette consommation semble plutôt se situer autour de 500 litres par lit et par jour. Aux Cliniques Universitaires de Kinshasa, la consommation d'eau est estimée de 200 à 400 litres par lit et par jour.

Cette importante consommation en eau des hôpitaux donne naissance à de grands volumes de rejets liquides chargés de micro-organismes (dont certains sont multi résistants aux antibiotiques), de métaux lourds (en particulier le mercure et l'argent) et de produits chimiques toxiques (résidus médicamenteux, réactifs antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies...), parfois radioactifs.

En milieu hospitalier, on retrouve des effluents de nature biologique (sang, crachats, urines, etc.), de nature chimique (acides, bases, solvants...etc.) et mixtes chimico-biologiques (liquides biologiques mélangés à des réactifs chimiques). Le risque infectieux et toxique est lié aux quantités rejetées et à la qualité de l'effluent. Le risque concerne à la fois l'homme et l'environnement (6).

Le rejet des effluents hospitaliers dans le réseau d'assainissement communal ou dans le milieu naturel génère un risque pour la santé humaine, et représente une contribution significative à la contamination générale de l'environnement, et plus particulièrement des milieux aquatiques (4).

Les effluents générés par l'activité hospitalière peuvent présenter un danger potentiel pour l'homme et son environnement compte tenu de la nature et de l'importance des substances spécifiques qu'ils contiennent (résidus médicamenteux, réactifs chimiques, antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies...) et en raison de leur évacuation, au même titre que les rejets urbains classiques, vers le réseau d'assainissement communal sans traitement préalable (2)(6).

La grande majorité des substances spécifiques rencontrées dans les eaux usées hospitalières proviennent de la dégradation de molécules médicamenteuses (9).

Le risque toxique concerne à la fois l'environnement et la Santé publique : les eaux hospitalières peuvent être contaminées par des métaux lourds (mercure, argent, chrome, nickel, cobalt...) et par des molécules organiques (solvants, antibiotiques, désinfectants, détergents, médicaments...)

Les tests de toxicité Microtox et Daphnie montrent que les effluents hospitaliers ont une toxicité élevée. Une toxicité moyenne de 6.75 équitox/m<sup>3</sup> par jour a été trouvée pour un CHU français (7).

La mise en œuvre des tests de mutation génique Ames et Hamster indique que les effluents des services cliniques et des laboratoires hospitaliers présentent un caractère de mutation génique (5).

Les hôpitaux de Kinshasa en général, les cliniques universitaires de Kinshasa en particuliers, par l'absence des stations d'épuration installées en leur sein pour traiter leurs effluents occasionnent la destruction des écosystèmes aquatiques avec leur biodiversité. Cette destruction est amplifiée par la toxicité de plus en plus croissante de leurs effluents. L'usage de détergents et antiseptiques accroît les particules toxiques dans les effluents hospitaliers.

## 2 MILIEU D'ÉTUDE

### LES CLINIQUES UNIVERSITAIRES DE KINSHASA

Les Cliniques Universitaires de Kinshasa (CUK) ont été créées par l'Université Lovanium actuellement Université de Kinshasa en 1957, placées sous l'autorité scientifique de la Faculté de Médecine mais ayant une nette autonomie de gestion et dépendant, pour ce faire, directement du Conseil d'Administration de l'Université de Lovanium.

Les Cliniques Universitaires de Kinshasa sont construites sur le site de l'Université de Kinshasa (UNIKIN) derrière la Faculté de Médecine. Ils sont limités à l'Est par l'ERAIFT, à l'Ouest par la Monaster, au Nord par la faculté de médecine et au Sud par le centre hospitalier du Mont Amba.

Les CUK ont une triple mission : la dispensation des soins de haute qualité, de l'enseignement pratique de médecine destiné aussi bien aux étudiants de la Faculté de Médecine qu'aux élèves d'écoles d'infirmières et aux autres paramédicaux, et, enfin, celle de la recherche scientifique.

Construites pour une capacité de 1.000 lits mais actuellement leur capacité n'est que de 800 lits dont 545 effectivement fonctionnels répartis en dix départements et l'occupation de lits varie entre 50 à 70%. Durée d'hospitalisation  $\pm$  3 jours pour la maternité et  $\pm$  17 jours séjour hospitalisation. Les CUK sont classées dans l'échelon le plus élevé ayant le rang de l'Hôpital tertiaire de dernière référence pour le pays.

Les cliniques universitaires utilisent à la fois le système unitaire et séparatif. Toutes les eaux vannes, pluviales et techniques sont évacuées à travers un même système avant le rejet final.

Dès l'ouverture des cliniques Universitaires de Kinshasa, le système fut unitaire avec trois principaux conduits d'égout dont deux déversaient les eaux devant les cliniques vers la vallée de monastère jusque dans la rivière Funa et le troisième derrière le bâtiment technique des Cliniques jetant les effluents dans la rivière Kemi.

Les égouts qui évacuaient les eaux techniques et vannes sont hors usage. Un système séparatiste a été instauré avec la mise en place de trois fosses septiques qui contiennent les eaux techniques et vannes de certains services. Malgré la présence de ces fosses qui se trouve d'ailleurs dans un état de délabrement très avancé ; ces eaux sont mal contenues. Seules les eaux pluviales continues à être évacuées à travers l'ancien égout.

Sur 545 lits effectivement fonctionnels, avec une consommation de 200 à 400 litres par lit et par jour ; la production totale des effluents hospitalier des Cliniques Universitaires de Kinshasa est évaluée de 109 000 à 218 000 litres par jour.

Le laboratoire d'écotoxicologie biotechnologie du département des sciences de l'environnement, faculté des sciences de l'université de Kinshasa nous a servi de milieu expérimental. Cette expérimentation a consisté à soumettre les individus de *Gambusia affinis* dans un étang expérimental de manière à estimer la toxicité des effluents hospitaliers.

## **MATÉRIEL**

Lors de l'analyse de notre étude, nous avons utilisé les outils ci-dessous :

- 5 Sceaux de 5 litres pour le prélèvement des échantillons des effluents de différents sites d'évacuation au niveau des Cliniques Universitaires de Kinshasa.
- L'appareil Multi-paramètre de marque OAKTON-35425-00 ; PC TEST 35 pour mesurer les paramètres physico-chimiques comme le pH, la température, ainsi que la conductivité électrique in situ et ex situ.
- 3 Bassins d'une capacité de 20 litres chacun pour conserver l'eau déchlorée utilisés comme étang piscicole d'acclimatation d'espèces tests (*Gambusia affinis*).
- 3 Pissettes utilisés dans la capture de *Gambusia* au niveau des affluents de la rivière Yolo près du pont MUNGULUDIKA sur l'avenue by pass.
- 60 litres d'eau chlorée servant l'acclimatation des biotests et à la préparation de différentes concentrations des échantillons.
- 1 Sceau de 20 litres pour le transport de *Gambusia* de la rivière pour le laboratoire.
- 144 Gobelets plastiques de 500ml utilisés comme étang expérimental.
- 25 litres d'eau usées ou effluents des Cliniques Universitaires de Kinshasa dans ses différents sites d'évacuation en raison de 5 litres par site.
- Le papier filtre, la balance à précision, dessiccateur pour la MES.
- 4 sites de prélèvement ont été identifiés afin d'avoir l'ensemble des effluents des Cliniques sur les différents points de rejet.

Le site 1 représente le rejet des effluents du bloc antérieur qui est fait d'un bâtiment abritant au rez de chaussée, les services administratifs centraux, les salles des urgences, la Pharmacie centrale, la Kinésithérapie et, à l'étage les cabinets de consultation.

Le site 2 représente le rejet des effluents du bloc renferment les services de gynécologie (d'accouchement) et la pédiatrie ; les laboratoires d'analyse bactériologique. Les caves des blocs centraux abritent l'Atelier Orthopédique, la Cafétéria, les Archives, un Centre de TéléMédecine, un Centre d'Hémodialyse.

Le site 3 représente le rejet des effluents du bloc renferment les hospitalisations de la médecine interne, les services médicaux, les salles d'opération et les eaux de la fontaine.

Le site 4 représente le rejet des effluents du bloc renferment le bâtiment technique qui abrite la morgue, la buanderie, les services de mécanique et d'électricité, ainsi que le service d'hygiène et assainissement.

**METHODE : Observation**

La température, conductivité et pH sont les trois paramètres physico-chimiques que nous avons prélevé in situ et ex situ à l'aide d'un multi paramètre en utilisant une observation directe.

**METHODE : Gravimétrie**

**PROCEDES**

**PRINCIPE :** Peser le papier filtre encore vide, puis filtrer l'échantillon à analyser ; sécher ce dernier à l'étuve à 105°C pendant 4heures ; porter ce papier à la température ambiante dans le dessiccateur. Puis le repeser et la différence des poids correspond à la matière en suspension continue dans l'échantillon.

**MODE OPÉRATOIRE**

- La procédure commence par le pesage du papier filtre ; pour obtenir la masse du papier, soit  $P_0$  le poids du papier vide ;
- Filtrer une quantité d'échantillon d'effluent connue (20ml) sur le papier ainsi pesé sur une balance ;
- placer à l'étuve à 105°C le papier filtre et le maintenir pendant 4heures ;
- Après avoir séché le papier, placer ce papier au dessiccateur pendant 15minutes pour le refroidir ;
- Peser à nouveau le papier pour obtenir le deuxième poids; soit  $P_1$  le poids obtenu après secage soustrait le  $P_0$  afin d'obtenir le poids de la MES contenue dans l'effluent.

**BIOTEST À GAMBUSIA AFFINIS**

**MÉTHODES : Expérimentale**

**PROCÉDÉS**

La méthode expérimentale appuyée par les analyses écotoxicologiques (test de toxicité aigue) a été utilisée lors de cette étude.

Pour la réussite de l'expérimentation, l'idéal est de mettre 100 ml de solution dans chaque étang expérimental. De ce fait, nous avons procédé à la préparation respectivement de 100 ml d'effluent sans pour autant ajouter de l'eau déchlorée (solution brute ou mère) ; suivi de la concentration de 80 ml d'effluent à laquelle un ajout de 20 ml d'eau déchlorée a été fait ; puis vient la dilution de 60 ml d'effluent contre 40 ml d'eau ; ensuite 40 ml d'effluent dans 60 ml d'eau et enfin 20 ml d'effluent dans 80 ml d'eau déchlorée préparée.

Pour l'efficacité et l'efficience de l'expérimentation, le même test a fait office de quatre répétitions pour chaque analyse dont l'observation s'est opérée au cours de quatre jours successifs. Après chaque jour d'observation, les individus morts étaient directement retirés de l'étang expérimental de manière à ne pas affecter les restes d'individus vivants.

Dans chaque concentration, trois poissons ou individus tests (espèce *Gambusia affinis*) furent placés pour un total de 12 individus.

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### RÉSULTATS

##### 1. PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

**Tableau 1. Représentation de paramètres physico-chimiques des effluents des cliniques universitaires de Kinshasa in situ**

| N°           | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | Mixte |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Température  | 26     | 26,6   | 25,9   | 25,2   | 27,2  |
| pH           | 7,5    | 8      | 7,2    | 7,5    | 8,2   |
| conductivité | 59     | 625    | 259    | 153    | 567   |

Il est clairement remarqué que, les températures varient entre 25,2 à 27,2°C et ceci inférieur à 30°C comme préférandum. Le pH migre aussi dans l'intervalle de la norme de rejet mais cela tend vers le pH basique. Quant à la conductivité électrique, elle est très élevée au niveau du deuxième site et à l'effluent mixte.

**Tableau 2. Représentation de paramètres physico-chimiques des effluents des cliniques universitaires de Kinshasa ex situ**

| N°                             | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | Mixte |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Température                    | 25,2   | 26     | 25,2   | 25,2   | 27,7  |
| pH                             | 7,9    | 7,4    | 7,2    | 7,1    | 7,5   |
| Conductivité ( $\mu\text{C}$ ) | 68     | 664    | 275    | 151    | 520   |

En ce qui concerne les paramètres ex situ, ce tableau nous montre qu'il y a une légère baisse de la température dans tous les sites de prélèvement. Pour le pH, le site 1 augmente son pH de 0,4 et le site 3 qui a conservé son pH, tandis que les autres sites ont connu une régression. Concernant la conductivité électrique, nous avons constaté une augmentation au niveau des 1, 2, et 3, alors que le 4<sup>ème</sup> et le site mixte ont connu une diminution de leur conductivité électrique.

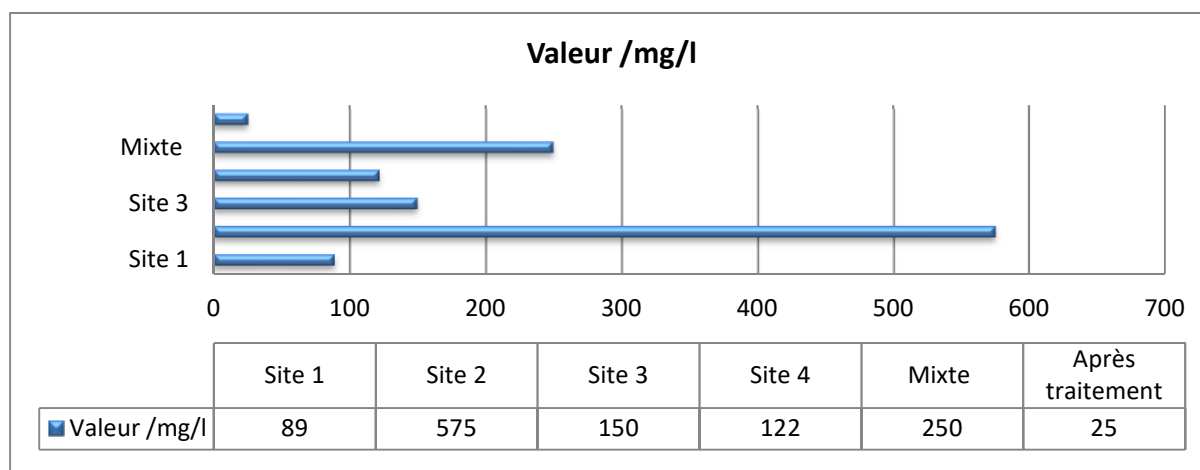
**Tableau 3. Représentation de paramètres physico-chimiques des effluents des cliniques universitaires de Kinshasa après le passage dans le dispositif UASB (traitement)**

| N° | Paramètres                     | Concentration |
|----|--------------------------------|---------------|
| 1  | Température (°C)               | 22,3          |
| 2  | Ph                             | 8             |
| 3  | Conductivité ( $\mu\text{C}$ ) | 251           |

Il ressort de ce tableau, qu'après le traitement, l'effluent a baissé sa température le p basique et la conductivité réduit à moitié. Ceci témoigne l'efficacité du système de traitement mis en place.

**Tableau 4. Mesure de l'influent mixte des Cliniques Universitaires de Kinshasa ex-situ des matières en suspension et après traitement par le système UASB**

| MES              | Valeur /mg/l |
|------------------|--------------|
| Site 1           | 89           |
| Site 2           | 575          |
| Site 3           | 150          |
| Site 4           | 122          |
| Mixte            | 250          |
| Après traitement | 25           |



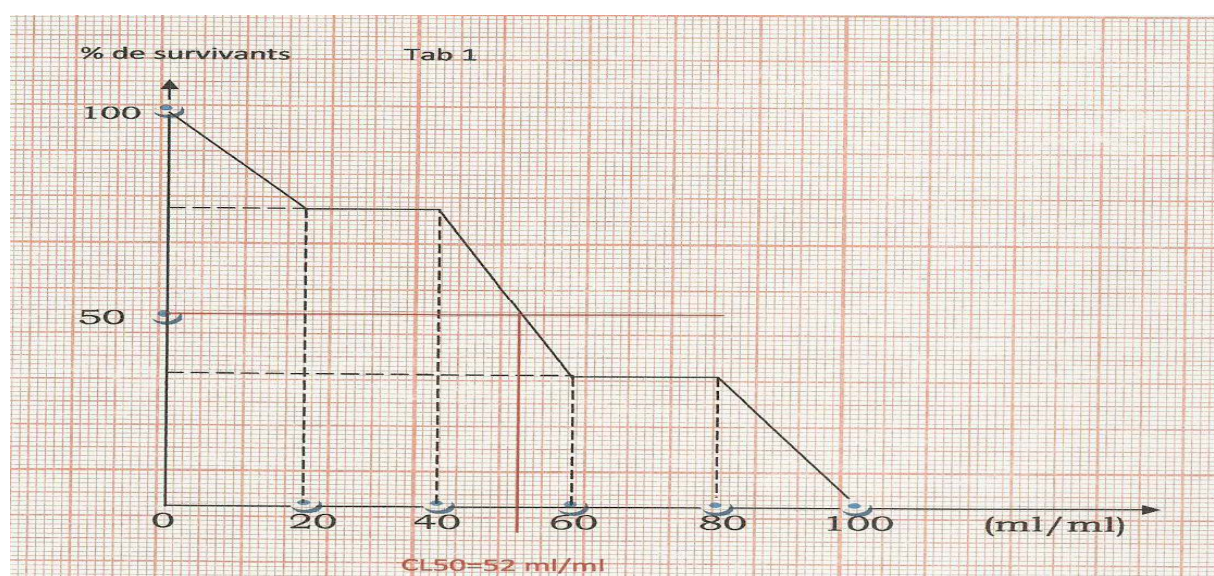
Les résultats de ce tableau renseignent que, la MES est élevée dans tous les sites de prélèvement (rejet) de nos différents échantillons. Le site 2 présente une MES 19 fois plus élevée par rapport à la norme et après le traitement, la MES est très abattue jusqu'à l'obtention d'une MES inférieure à la norme fixée à 30mg/l selon l'UE.

## 2. ECO TOXICOLOGIE (BIOTESTS)

**Tableau 5. Toxicité de l'effluent des cliniques universitaire au point de rejet de la morgue, soit site 1 sur la population des *Gambusia affinis***

| Solution (ml) | Dilution (ml) | Nombre de morts      |                       |                       |                       | Nombre de vivants | % de vivants |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|               |               | 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>ème</sup> jour | 3 <sup>ème</sup> jour | 4 <sup>ème</sup> jour |                   |              |
| 100           | 0             | 2                    | 0                     | 0                     | 1                     | 0                 | 0            |
| 80            | 20            | 2                    | 0                     | 0                     | 0                     | 1                 | 33,3         |
| 60            | 40            | 1                    | 0                     | 0                     | 1                     | 1                 | 33,3         |
| 40            | 60            | 1                    | 0                     | 0                     | 0                     | 2                 | 66,6         |
| 20            | 80            | 0                    | 0                     | 0                     | 1                     | 2                 | 66,6         |
| 0             | 100           | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |

L'effluent au point de sortie de la morgue a montré une toxicité accrue à l'état brut qui diminuait avec la dilution comme le montre le tableau 3 ; dont les résultats reportés à la figure 1 montrent une CL50 à 52 ml de la solution brute.

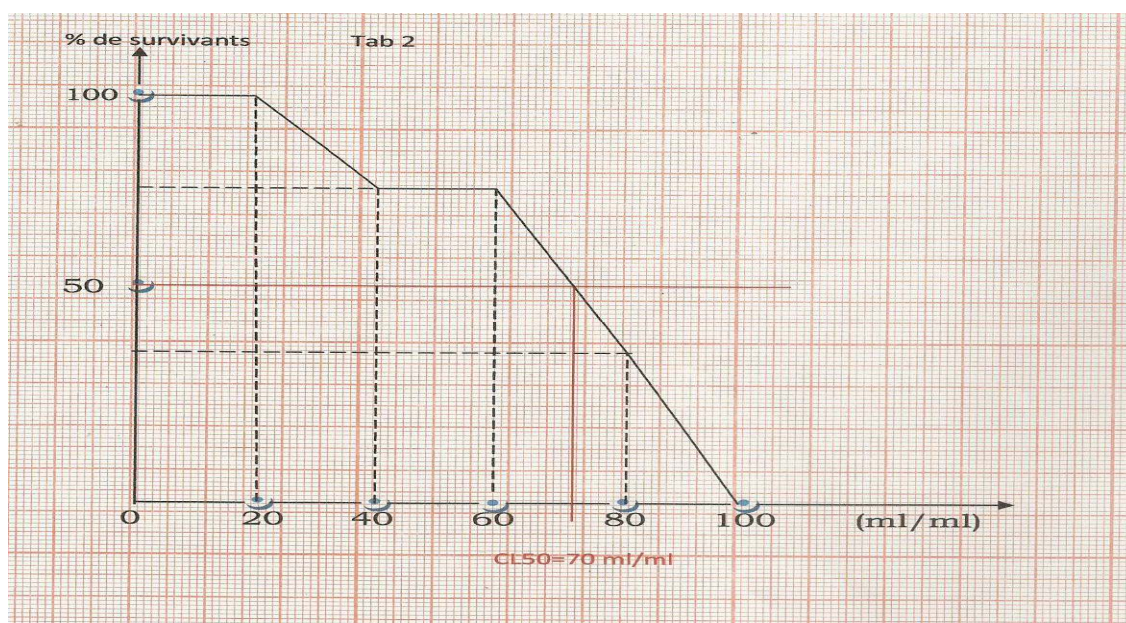


**Fig. 1. Toxicité des effluents du site 4 (bâtiment technique)**

**Tableau 6. Toxicité de l'effluent des cliniques universitaire au point de rejet des services urgences et du bloc abritant la gynécologie et la pédiatrie (site 2) sur la population des *Gambusia affinis***

| Solution (ml) | Dilution (ml) | Nombre de morts      |                       |                       |                       | Nombre de vivants | % de vivants |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|               |               | 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>ème</sup> jour | 3 <sup>ème</sup> jour | 4 <sup>ème</sup> jour |                   |              |
| 100           | 0             | 3                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0                 | 0            |
| 80            | 20            | 0                    | 1                     | 0                     | 1                     | 1                 | 33,3         |
| 60            | 40            | 0                    | 0                     | 1                     | 0                     | 2                 | 66,6         |
| 40            | 60            | 0                    | 0                     | 0                     | 1                     | 2                 | 66,6         |
| 20            | 80            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 0             | 100           | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |

L'effluent du point de sortie des services urgences et du bloc abritant la gynécologie et la pédiatrie révèle dans sa concentration brute (100ml de l'effluent) zéro pourcent des survivants, suivi des concentrations de 80ml avec 33,3% des survivants observé, puis les concentrations de 60ml et 40ml dont nous avons observé 66,6% de survivants dans chacune et, enfin 100% de survivants sont obtenus dans les concentrations de 20ml de l'effluent ; dont les résultats reportés à la figure 2 montrent une CL50 létale autour de 70ml.



**Fig. 2. Toxicité des effluents du site 2 (services des urgences et du bloc abritant la gynécologie et la pédiatrie)**

**Tableau 7. Toxicité de l'effluent des cliniques universitaires au point de rejet des services bloc 2 abritant la médecine interne, les blocs opératoires et la pharmacie générale, soit le site 3 sur la population des *Gambusia affinis***

| Solution (ml) | Dilution (ml) | Nombre de morts      |                       |                       |                       | Nombre de vivants | % de vivants |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|               |               | 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>ème</sup> jour | 3 <sup>ème</sup> jour | 4 <sup>ème</sup> jour |                   |              |
| 100           | 0             | 1                    | 0                     | 0                     | 1                     | 1                 | 33,3         |
| 80            | 20            | 0                    | 0                     | 0                     | 1                     | 2                 | 66,6         |
| 60            | 40            | 0                    | 0                     | 0                     | 1                     | 2                 | 66,6         |
| 40            | 60            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 20            | 80            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 0             | 100           | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |

Le constat fait sur l'effluent du point de sortie des services du bloc 2 abritant la médecine interne, les blocs opératoires et la pharmacie générale révèle dans sa concentration brute (100ml de l'effluent) 33,3% des survivants, suivi des concentrations de 80ml et 60ml avec 66,6% des survivants observés, puis les concentrations de 40ml et 20ml dont 100% de survivants ont été observés dans chacune des concentrations de l'effluent. Les résultats reportés à la figure 3 montrent une CL50 létale autour de 90ml.

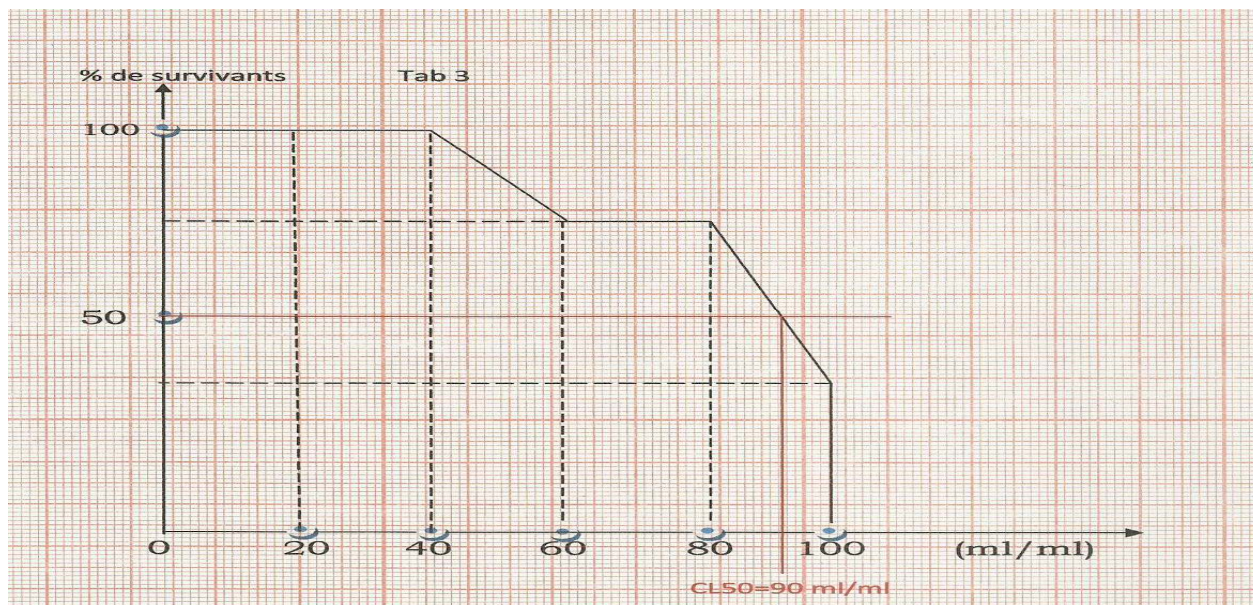


Fig. 3. Toxicité des effluents du site 3 (médecine interne, les blocs opératoires et la pharmacie générale)

Tableau 8. Toxicité de l'effluent des cliniques universitaires au point de rejet des services du bâtiment administratif (services administratifs centraux, les salles des urgences, la Pharmacie centrale, la Kinésithérapie et, à l'étage les cabinets de consultation) sur la population des *Gambusia affinis*

| Solution (ml) | Dilution (ml) | Nombre de morts      |                       |                       |                       | Nombre de vivants | % de vivants |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|               |               | 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>ème</sup> jour | 3 <sup>ème</sup> jour | 4 <sup>ème</sup> jour |                   |              |
| 100           | 0             | 0                    | 0                     | 1                     | 0                     | 2                 | 66,6         |
| 80            | 20            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 60            | 40            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 40            | 60            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 20            | 80            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 0             | 100           | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |

L'effet de l'effluent des cliniques universitaires au point de rejet des services du bâtiment administratif sur la population des *Gambusia affinis* a présenté une toxicité dont 66,6% des survivants ont été observés dans sa concentration brute (100ml de l'effluent), et les autres concentrations (80ml, 60ml 40ml et 20ml) ont permis à 100% des individus de survivre. Les résultats reportés à la figure 4 montrent une CL50 létale autour de 100ml.

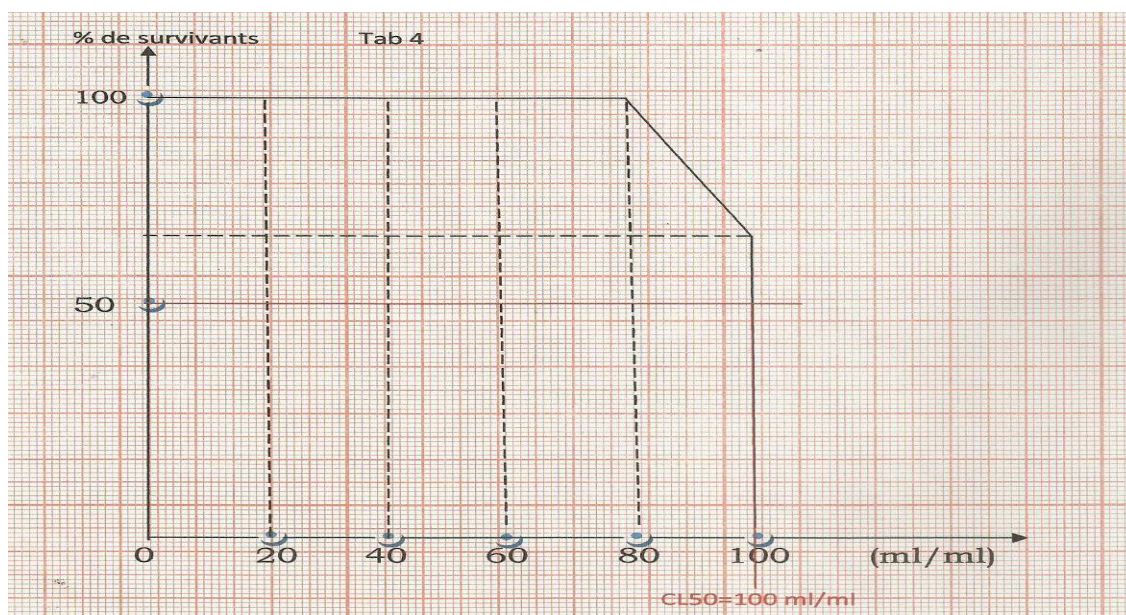


Fig. 4. Toxicité des effluents du site 4 (services administratifs centraux, les salles des urgences, la Pharmacie centrale, la Kinésithérapie et, à l'étage les cabinets de consultation)

Tableau 9. Toxicité de l'effluent de l'ensemble de rejet obtenu après mélange des effluents recueillis aux 4 points de rejet des cliniques universitaires sur la population des *Gambusia affinis*

| Solution (ml) | Dilution (ml) | Nombre de morts      |                       |                       |                       | Nombre de vivants | % de vivants |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|               |               | 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>ème</sup> jour | 3 <sup>ème</sup> jour | 4 <sup>ème</sup> jour |                   |              |
| 100           | 0             | 0                    | 1                     | 2                     | 0                     | 0                 | 00           |
| 80            | 20            | 0                    | 1                     | 1                     | 0                     | 1                 | 33,3         |
| 60            | 40            | 0                    | 0                     | 1                     | 0                     | 2                 | 66,6         |
| 40            | 60            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 20            | 80            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 0             | 100           | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |

L'effluent mixte de l'ensemble des cliniques universitaires révèle dans sa concentration brute (100ml de l'effluent) zéro pourcent de survivants, suivi de la concentration de 80 ml avec 33,3% des survivants, puis la concentration de 60 ml avec 66,6% des survivants observés, et enfin les concentrations de 40ml et 20ml dont 100% de survivants ont été observés dans chacune des concentrations de l'effluent. L'effluent a manifesté sa toxicité létale (CL50) à partir de la concentration de 70ml présenté dans la figure 5.

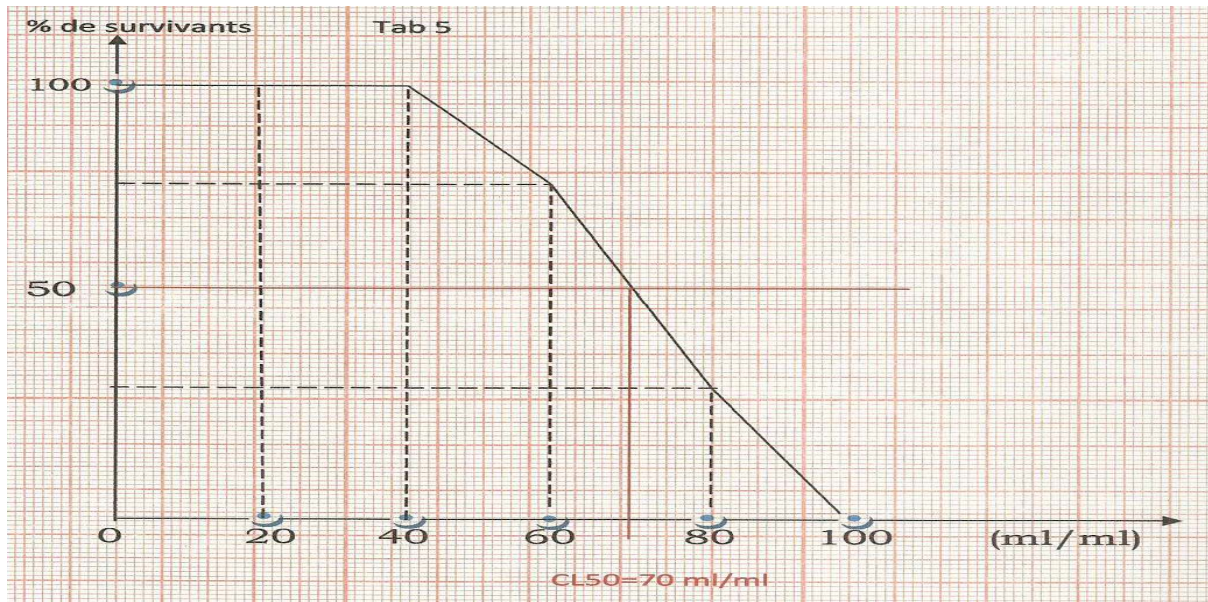


Fig. 5. Toxicité de l'effluent mixte (après mélange des effluents recueillis aux 4 points de rejet)

Tableau 10. Toxicité de l'effluent des cliniques universitaire obtenu après traitement par le système UASB sur la population des *Gambusia affinis*

| Solution (ml) | Dilution (ml) | Nombre de morts      |                       |                       |                       | Nombre de vivants | % de vivants |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|               |               | 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>ème</sup> jour | 3 <sup>ème</sup> jour | 4 <sup>ème</sup> jour |                   |              |
| 100           | 0             | 0                    | 1                     | 0                     | 0                     | 2                 | 66,6         |
| 80            | 20            | 0                    | 0                     | 0                     | 1                     | 2                 | 66,6         |
| 60            | 40            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 40            | 60            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 20            | 80            | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |
| 0             | 100           | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 3                 | 100          |

Après le traitement de l'ensemble des effluents des cliniques universitaires obtenus aux différents points de rejet, l'effluent est toxique dans les concentrations brutes (100ml et 80ml de l'effluent) avec 66,6% des survivants, suivi des concentrations de (60ml, 40 et 20ml) avec 100% des survivants observé dans chacune de concentration. Les résultats reportés à la figure 6 montrent une CL50 létale autour de 100ml.



Fig. 6. Toxicité de l'effluent issu après traitement en UASB

#### 4 DISCUSSION

Les paramètres physico-chimiques des effluents des cliniques universitaires de Kinshasa prélevés in situ et ex situ éprouvent une variation allant soit à la hausse pour certains, soit à la baisse pour d'autres.

Les températures ont varié entre 25,2 à 27,2°C et ceci inférieur à 30°C comme préférandum. La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usages. Il est important de connaître la température de l'eau avec précision car elle peut varier de plusieurs degrés pendant le transit en réseau (6).

Le pH migre à l'intervalle de la norme de rejet mais cela tend vers le pH basique (7,2 à 8,2). Le pH est un facteur écologique qui détermine notamment la répartition des organismes aquatiques (7).

Après prélèvement, la conductivité électrique de nos échantillons varie entre 59 à 625  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec un pic au niveau du deuxième site (625  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et à l'effluent mixte (567  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Lors du prélèvement ex situ, la conductivité électrique augmente au niveau des sites 1, 2, et 3, alors que le 4<sup>ème</sup> et le site mixte ont connu une diminution de leur conductivité électrique. La conductivité électrique augmente lorsque les sels sont dissouts dans l'eau et varie en fonction de la température. Elle détermine l'ensemble des minéraux présents dans une solution (6).

L'effluent de Cliniques Universitaires de Kinshasa présente un pic de 575 au niveau du site 2 et cette charge a été rabattue après le traitement à 25mg/l une masse acceptable par la norme de l'UE (2008).

L'effluent au point de sortie de la morgue des Cliniques Universitaires est toxique aux populations des *Gambusia affinis* avec un faible taux de survivants. Cet effluent est toxique avec une concentration létale autour de 52ml. La morgue est une entité de l'hôpital où l'usage des détergents est très croissant avec possibilité de se retrouver dans les effluents.(8), note que les effluents hospitaliers présentent des caractéristiques physico-chimiques globales tout à fait semblables à la moyenne de celles des eaux résiduaires urbaines à l'exception des détergents qui présentent une concentration significativement plus élevée. La population est exposée à un risque chimique, résultant des teneurs en métaux lourds et en solvants chlorés très élevées (4).

Le résultat sur l'effluent des cliniques universitaires prélevé au point de sortie des services des urgences et du bloc abritant la gynécologie et la pédiatrie aux populations des *Gambusia affinis* révèle une toxicité décroissante de la concentration de 100ml à 20ml. Cet effluent éprouve sa toxicité avec une concentration létale (CL50) autour de 70ml. Ceci soutient l'idée de (1), sur les deux voies associatives les plus fréquentes à savoir : *déchet-saleté-insalubrité-maladie* et *déchet-pollution-toxicité-maladie*.

Le constat fait sur l'effluent des cliniques universitaires prélevé au point de sortie des services du bloc 2 abritant la médecine interne et la pharmacie générale aux populations des *Gambusia affinis* donne une toxicité faible. L'effluent a manifesté sa toxicité à partir de la concentration létale de 90ml. La fabrication et l'usage de médicament de ces services justifie la toxicité de ses effluents (9), les concentrations de médicaments relevées dans les poissons sont 1.000 fois plus élevées que dans les eaux. Son impact sur le comportement et la reproduction des organismes aquatiques et les effets chez l'homme d'une exposition chronique à faible dose ne sont pas connus.

L'effluent des cliniques universitaires au point de rejet des services du bâtiment administratif sur la population des *Gambusia affinis* a présenté une toxicité négligeable. La concentration létale de l'effluent a été obtenue au tour de 100ml. Cette faible toxicité est justifiable par le fait que ce bâtiment abrite les services administratifs dont les effluents sont moins chargés en résidus (3), a démontré dans son étude qu'une dilution de  $6 \times 10^5$  des effluents hospitaliers à leur arrivée dans le cours d'eau a été constatée suite au grand volume d'eau consommé à l'hôpital. Sur cette base, les résultats des différents bio essais réalisés sur les effluents montrent que les dilutions dans le milieu naturel sont largement suffisantes pour le protéger des effets écotoxiques étudiés.

L'effluent mixte de l'ensemble des cliniques universitaires aux populations des *Gambusia affinis* manifeste une toxicité croissante à chacune des concentrations de l'effluent. L'effluent a manifesté sa toxicité létale à partir de la concentration de 70ml. Cette concentration subit une dilution et allège sa toxicité. Ces résultats s'approchent aux tests de toxicité Microtox et Daphnie réalisés par (7) en France qui montrent que les effluents hospitaliers ont une toxicité élevée. Une toxicité moyenne de 6.75 équitox/m<sup>3</sup> et par jour.

Après le traitement de l'ensemble des effluents des cliniques universitaires obtenus aux différents points de rejet, l'effluent présente une très faible toxicité aux populations des *Gambusia affinis*. Cet effluent est toxique avec une concentration létale (CL50) autour de 100ml. Ce résultat converge, qui selon eux, un UASB bien conçu filtre efficacement les œufs d'Helminthes provenant de l'affluent, des effluents traités pour la réutilisation agricole (2), c'est finalement au sein même de l'établissement hospitalier que le devenir des déchets liquides doit être pris en charge. Une station d'épuration autonome propre à l'établissement hospitalier est donc peu justifié au regard de la nature des effluents à traiter.

## 5 CONCLUSION

La variété des déchets liquides produits par les établissements de santé et la diversité de leurs effets sur l'homme et/ou l'environnement impose une prise en charge de cette problématique à l'intérieur de l'établissement. Les rejets liquides doivent faire l'objet d'une traçabilité jusqu'à leur élimination.

Les cliniques universitaires de Kinshasa sont parmi les grandes institutions hospitalières de la ville qui contribuent à la nuisance de l'environnement et sont à la base de la destruction des écosystèmes aquatiques d'une part et à la prolifération des germes multirésistants aux antibiotiques ainsi qu'à l'origine des infections nosocomiales.

Les effluents des cliniques universitaires suite à leur toxicité détruisent les individus de l'espèce *Gambusia affinis* avec une concentration de 100ml, la survie des individus varie de 0 à 66,6% ; les concentrations de 80ml et 60ml montrent 33,3 à 100% des survivants ; les concentrations de 40ml et 20ml avec un taux de survivants de 66,6 à 100% et les concentrations létales varient autour de 52ml à 100ml. Les paramètres physico-chimiques (température, pH, et conductivité électrique) diffèrent au prélèvement in situ qu'ex situ.

Cette étude a permis de montrer qu'il est possible d'évaluer des risques écotoxicologiques liés au rejet des effluents de Cliniques Universitaires de Kinshasa à l'aide de bio essais avec une espèce caractéristique de la place « *Gambusias affinis* ».

## REFERENCES

- [1] BILLAU Pascal. (2008), Estimation des dangers des déchets biomédicaux pour la santé et l'environnement au Bénin en vue de leur gestion. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke ; Québec ; 86 pages.
- [2] Coralie DARSY, Irène LESCURE, Véronique PAYOT, et Géraldine ROULAND (2002), Effluents des établissements hospitaliers: teneur en microorganismes pathogènes, risques sanitaires, procédures particulières d'épuration et de gestion des boues, OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU Service National d'Information et de Documentation sur l'Eau (SNIDE)
- [3] Emmanuel Evens et Jean-Marie Blanchard, Gérard Keck, Yves perrodin (2001) , caractérisation chimique, biologique et écotoxicologique des effluents hospitaliers, *Université Quisqueya, laboratoire de qualité de l'eau et de l'environnement, institut national des sciences appliquées de Lyon, école nationale vétérinaire de Lyon, école nationale des travaux publics de l'état*, Revue Francophone d'écologie industrielle - N° 22 - 2eme trimestre;
- [4] Evens Emmanuel (2004), évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers, l'institut national des sciences appliquées de Lyon, formation doctorale : sciences et techniques du déchet école doctorale de chimie de Lyon, Thèse France Limoge
- [5] Gartiser St., et all (1996), Gartiser S, Willmund R, Brinker L, Erbe T et Kümmerer K, 1996 Contamination of hospital wastewater with hazardous compounds as defined by § 7a WHG. Acta Hydroch. Hydrobiol., Vol. 24, n° 2, pp. 90-97
- [6] Harence Floriance FAGNIBO (2012), Gestion des effluents domestiques en milieu hospitalier : Cas du Centre National Hospitalier Hubert Koutoukou Maga de Cotonou (Bénin), international institute for water and environmental engineering, 62p
- [7] JEHANNIN P (1999), Caractérisation et gestion des rejets liquides hospitaliers, étude particulière de la situation du C.H. de Hyères (Var), mémoire de fin d'études en formation d'ingénieur du génie sanitaire, école nationale de la santé publique (INSA) Rennes, Paris, France.
- [8] MANSOTTE (2000), Problématique des effluents hospitalier ; éd. Harman, France.
- [9] WENNMALM Ake (2010), Comment réduire les impacts environnementaux des médicaments ? physicien et responsable du département environnement du Conseil de la ville de Stockholm, colloque organisé par le Comité pour le développement durable en santé (C2DS).

## Etat Phytosanitaire de l'Oranger (*Citrus Sinensis*) Cultivé dans la Plaine de la Ruzizi: Cas de Sange

### [ Phytosanitary Status of the Orange Tree (*Citrus Sinensis*) Cultivated in the Ruzizi Plain: Case of Sange ]

**Thomas MUPENDA Kikuni**

Section Agronomie Générale, Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires,  
ISEAV-MUSHWESHE, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2018 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 goal fundamental of this work consist in studying the state phytosanitary of orange tree in Ruzizi plain (DR Congo). So seven illnesses have been signaled like constraints to the culture of orange in Ruzizi plain, DR Congo. The greening was signaled in Ruzizi plain with an incidence of 71.01% and severity of 2.8. The higher incidence was recorded in Kamanyola grouping with 78.9% and lower incidence in Sange area with 62%. The sigatoka was signaled in Ruzizi plain with an incidence of 57.05% and severity of 2.89. The higher incidence was found in Kiliba grouping with 70.5% and lower incidence in Sange area with 48.5%. The gall was signaled in Ruzizi plain with an incidence of 53.35% and severity of 2.98. The higher incidence was found in Sange area with 60% and lower incidence in Bwegera area with 47%. The tristeza was signaled in Ruzizi plain with an incidence of 56.17% and severity of 2.98. The higher incidence was recorded in Bwegera area with 62.8% and lower incidence in Kamanyola with 45%. The aphids were signaled in Ruzizi plain with an incidence of 72.3% and severity of 2.83%. The caterpillar was signaled in Ruzizi plain with an incidence of 79.85% and severity of 3.12. The higher incidence of caterpillar was recorded in Sange area with 86.4% and lower incidence in Kamanyola with 73%. The mite was signaled in Ruzizi plain with an incidence of 57.65% and severity of 2.92.

**KEYWORDS:** The citrus, the greening, the mite, the aphids, the tristeza.

**RESUME:** Le but fond-amental de ce travail, consiste à étudier l'état phytosanitaire de l'oranger cultivé dans la plaine de la Ruzizi. Ainsi sept ennemis de la culture de l'oranger ont été signalés comme contrainte à la culture des orangers dans la plaine de la Ruzizi, RD Congo. Le greening est la maladie la plus désastreuse dans toutes les localités enquêtées. L'incidence élevée a été retrouvée à Kamanyola soient 78.9%. L'incidence la moins élevée a été trouvée à Sange soient 62%. L'incidence moyenne pour tout le milieu d'étude a été de 71.01% et la sévérité moyenne de 2.8. La cercosporiose a été signalée dans toutes les localités. L'incidence élevée a été trouvée à Kiliba soient 70.5% et l'incidence la moins élevée à Sange soient 48.5%. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été de 57.05% et la sévérité moyenne de 2.89. La galle a également été présente dans toutes les localités enquêtées. L'incidence élevée a été trouvée à Sange soient 60% et l'incidence la moins élevée a été trouvée à Bwegera soient 47%. L'incidence moyenne a été de 53.35% et la sévérité pour l'ensemble a été de 2.98. La maladie de tristeza a été présente dans toutes les localités enquêtées. La localité de Bwegera a enregistré l'incidence élevée soient 62.8%. La localité de Kamanyola a enregistré l'incidence faible soient 45%. L'incidence moyenne dans la plaine de la Ruzizi a été de 56.17% et la sévérité moyenne de 2.98. Les pucerons ont été présents dans tout le milieu d'étude. L'incidence élevée a été trouvée à Kamanyola soient 80% et l'incidence la moins élevée a été trouvée à Kiliba soient 66.5%. L'incidence moyenne a été de 72.3% et la sévérité moyenne a été de 2.83. La chenille défoliante a été présente dans toutes les localités enquêtées. L'incidence élevée a été trouvée à Sange soient 86.4% et l'incidence la moins élevée a été trouvée à Kamanyola soient 73%. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été de 79.85% et la sévérité moyenne de 3.12. Les acariens ont été signalés dans

toutes les localités. L'incidence élevée a été trouvée à Kiliba soient 62.8% et l'incidence la moins élevée a été trouvée à Bwegera soient 50%. L'incidence moyenne a été de 57.65% et la sévérité moyenne de 2.92.

**MOTS-CLEFS:** Citrus, greening, acarien, pucerons, tristeza.

## 1 INTRODUCTION

L'oranger est un arbre fruitier très important dont les fruits appelés orange sont riches en vitamines C et P, en Calcium et en Phosphate [1].

Les oranges représentent le groupe des fruits les plus cultivés au niveau mondial. La production mondiale d'oranges était estimée à 66 000 000 de tonnes en 2003 selon la FAO.

En RD Congo la production est estimée à 180 000 tonnes [2] tandis qu'au Sud-Kivu la production est estimée à 25000 tonnes [3].

L'arboriculture fruitière est une activité qui permet de contribuer à la disponibilité de nourriture et des moyens financiers dans des ménages [4]. La culture d'orangers fait partie intégrante de cette activité et de ce fait contribue tant soit peu aux revenus des agriculteurs.

Peu de recherche ont été menées à l'Est de la RD Congo, précisément dans la plaine de la Ruzizi pour déterminer les ennemis de la culture des arbres fruitiers. L'objectif de ce travail est de s'enquérir de l'état phytosanitaire de la culture d'orangers, de proposer des pistes de solution dans la zone productrice des oranges en général.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ETUDE

L'étude a été conduite du mois d'Avril 2016 au mois de Juin 2017 dans la plaine de la Ruzizi.

Le type est du type Aw<sub>4</sub> selon la classification de Koppen. Il est aussi caractérisé par deux saisons dont une sèche et une autre pluvieuse. La température moyenne annuelle est de 24.4°C.

Le sol de la plaine de la Ruzizi est en grande partie couvert par le sable mélangé à des matières alluvionnaires salines plus récentes [5].

### 2.2 METHODE

Nous avons procédé par la revue de la littérature et l'enquête phytosanitaire précédée d'une pré enquête qui a été menée du mois de Mars 2015 au mois de Juin 2015 dans la plaine de la Ruzizi précisément dans les localités de Bwegera, Kibogoye, Kinanira et Musenyi.

La méthode d'observation a été utilisée pour la détermination des maladies rencontrées et pour l'identification les photographies ont été utilisées. Elles ont été proposées par Autrique et Perreaux [6]. Le G.P.S./GARMAIN a été utilisé pour déterminer les coordonnées géographiques de différentes localités ainsi que leur altitude. Une étude bibliographique sommaire nous a permis de repérer les publications concernant la culture d'orangers. Cette étude était basée sur le principe selon lequel lors du travail de terrain, le premier champ de la sortie de la localité doit être prospecté; ces prospections ne reprendront qu'après 15 Km parcourus. Cette prospection était faite toujours en diagonale pour chaque champ [7] et a consisté à observer la présence de peste sur tous les orangers qui se trouvaient sur cette diagonale.

Le calcul de l'incidence a permis de connaître le nombre d'arbres attaqués et ceux non attaqués. La sévérité moyenne de la peste a été trouvée en faisant la somme de l'échantillon portant les symptômes de la maladie ou du ravageur. Les échelles de cotation des maladies et ravageurs ont été établies en 2010[8] et varient de 1 à 5 pour chaque ennemi de culture.

a) Echelle de cotation de la cercosporise

1. Pas de symptômes observables,
2. Présence de taches brunes moins de 20% des fruits,
3. Symptômes visibles sur 20 à 40% des fruits,

4. Symptômes visibles sur 40 à 60% des fruits,
  5. Présence de taches brunes sur plus de 60% des fruits.
- b) Echelle de cotation de la galle
1. Pas de symptômes observables
  2. Présence de protubérances liégeuses brunâtres sur 5 à 25% des branches,
  3. Présence des protubérances sur 25 à 50% des branches,
  4. Symptômes observés sur 50 à 75% des branches,
  5. Symptômes visibles sur plus de 75% des branches.
- c) Echelle de cotation de tristeza
1. Pas de symptômes observés,
  2. Dépérissement des rameaux et jaunissement des feuilles jusqu'à 20%,
  3. Symptômes présents sur 20 à 40% des rameaux et feuilles,
  4. Symptômes visibles sur 40 à 60% des rameaux et feuilles,
  5. Présence des symptômes sur plus de 60% des rameaux et branches.
- d) Echelle de cotation du greening
1. Pas de symptomes observés,
  2. 5 à 20% des feuilles sont chlorotiques,
  3. Entre 20 et 40% des feuilles sont chlorotiques,
  4. Entre 40 et 60% des feuilles sont chlorotiques,
  5. Plus de 60% des feuilles sont chlorotiques.
- e) Echelle de cotation des pucerons
1. Pas des dégâts observables,
  2. Quelques jeunes feuilles sont recroquevillées,
  3. Plus de 10% des feuilles sont recroquevillées,
  4. Entre 20 et 60% des feuilles sont recroquevillées,
  5. Plus de 60% des feuilles sont recroquevillées.
- f) Echelle de cotation de la chenille
1. Pas de dégâts observables,
  2. Moins de 5% des feuilles sont défoliées,
  3. Entre 5 et 25% des feuilles sont défoliées,
  4. Entre 25 et 50% sont défoliées,
  5. Plus de 50% des feuilles sont défoliées.
- g) Echelle de cotation de l'acariose
1. Pas de symptômes visibles,
  2. Moins de 20% des fruits ont un aspect brun rouille,
  3. Entre 20 et 40% des fruits ont un aspect brun rouille,
  4. Entre 40 et 60% des fruits ont un aspect brun rouille,
  5. Symptômes remarqués sur plus de 60% des fruits.

### 3 RESULTATS

Les données relatives à l'incidence et à la sévérité des maladies et ravageurs de l'oranger dans notre milieu d'étude figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Incidence et sévérité des maladies et ravageurs de l'oranger dans le milieu d'étude

| Localité  | Cercosporiose |       | Galle |       | Tristeza |       | Greening |      | Pucerons |      | Chenille défoliante |       | Acariens |      |
|-----------|---------------|-------|-------|-------|----------|-------|----------|------|----------|------|---------------------|-------|----------|------|
|           | SV            | IM    | SV    | IM    | SV       | IM    | SV       | IM   | SV       | IM   | SV                  | IM    | SV       | IM   |
| Bwegera   | 2.8           | 55.6  | 2.8   | 40    | 3.6      | 62.8  | 2.4      | 75.7 | 3        | 72.7 | 3                   | 75    | 3        | 50   |
| Kamanyola | 2.7           | 53.6  | 2.7   | 59    | 2.7      | 45    | 2.7      | 78.9 | 2.53     | 80   | 3.2                 | 73    | 2.9      | 57.8 |
| Sange     | 3.1           | 48.5  | 3.02  | 60    | 2.87     | 56.2  | 3.3      | 62   | 2.9      | 70   | 3.7                 | 86.4  | 2.7      | 60   |
| Kiliba    | 2.97          | 70.5  | 2.7   | 50.4  | 2.75     | 60.7  | 3.02     | 73.2 | 2.9      | 66.5 | 2.6                 | 85    | 3.1      | 62.2 |
| Resumé    | 2.89          | 57.05 | 2.8   | 52.35 | 2.98     | 56.17 | 2.85     | 72.4 | 2.83     | 72.3 | 3.12                | 79.85 | 2.92     | 57.6 |

Légende: - SV : Sévérité Moyenne

- IM : Incidence Moyenne

Dans notre milieu d'étude la cercosporiose a été signalée dans toutes les localités. La localité de Kiliba a enregistré l'incidence élevée soient 70,5%. La sévérité enregistrée dans cette localité a été de 2, 97.

La localité de Sange a enregistré l'incidence la moins inférieure soient 48,5% et une sévérité de 3,1.

Ces résultats montrent que plus de la moitié d'orangers cultivés dans la plaine de la Ruzizi souffrent de la cercosporiose mais sont moyennement attaqués. Ceci serait dû à la mauvaise gestion de la peste par les agriculteurs.

La galle a été signalée dans toutes les localités enquêtées. Son incidence moyenne a été de 53,35% et la sévérité moyenne de 2,8. L'incidence élevée a été enregistré à Sange soient 57% et également la sévérité élevée soient 3,02. L'incidence la moins élevée a été enregistrée à Bwegera soient 47%.

Ces résultats montrent que plus de la moitié d'arbres fruitiers est faiblement attaquée. Cette présence de la maladie sur les orangers serait due à la non utilisation des fongicides recommandés pour lutter contre la peste.

La maladie de Tristeza a été signalée dans toutes les localités enquêtées. L'incidence moyenne dans la plaine de la Ruzizi a été de 56,17% et la sévérité moyenne a été de 2,98. L'incidence la plus élevée a été trouvée à Bwegera soient 62.8% et la sévérité élevée également soient 3.6. L'incidence la moins élevée trouvée à Kamanyola soient 45%.

On constate qu'à Bwegera il y a un grand nombre d'orangers attaqués par la maladie mais qui sont moyennement attaqués.

Ces résultats seraient dus au mauvais contrôle de la peste (non éradication des pucerons vecteurs du virus responsable de la maladie).

Le Greening a été présent dans toutes les localités du milieu d'étude. L'incidence moyenne a été de 72.4% et la sévérité moyenne a été de 2.85. Les localités ayant enregistré les incidences élevées ont été Kamanyola et Bwegera soient respectivement 78.9% et 75.7%. Les sévérités dans ces deux milieux ont été respectivement 2.7 et 2.4. La ayant enregistré l'incidence la moins élevée a été Sange soient 62% avec une sévérité de 3.3.

Ces résultats montrent que plus de la moitié d'arbres est malade mais reste jusque-là faiblement attaquée.

La présence du grand nombre d'arbres serait due à la non pulvérisation d'insecticides appropriés par les agriculteurs pour diminuer la population des psylles vecteurs de la bactérie responsable de la maladie et également à l'utilisation des pieds mères infectés lors de la plantation.

Les pucerons ont été signalés dans toutes les localités du milieu d'étude. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été de 72.3% et la sévérité moyenne de 2.83. L'incidence la plus élevée a été trouvée à Kamanyola soient 80%. La sévérité pour cette localité a été de 2.53. Kiliba a enregistré l'incidence la moins élevée soient 66.5%. La sévérité la plus élevée a été trouvée à Bwegera soient 3.

Cette situation serait due à la non pulvérisation d'insecticides recommandés par un grand nombre d'agriculteurs pour combattre les pucerons et aux conditions climatiques favorables au développement de ces insectes ravageurs.

Les acariens ont été signalés dans toutes les localités. L'incidence moyenne et la sévérité moyenne ont été respectivement 57.65% et 2.92. La localité de Kiliba a enregistré l'incidence élevée soient 62.8% et sa sévérité a été de 3.1, tandis que la localité de Bwegera a enregistré l'incidence la moins élevée soient 50% et la sévérité 3.

On constate que plus de la moitié d'orangers est attaqué par les acariens et les attaques tendent à devenir moyenne.

Cette situation serait due à l'ignorance du ravageur responsable des piqures sur les fruits par les agriculteurs et à la rareté des pesticides appropriés pour combattre ce ravageur.

## 4 DISCUSSION

L'oranger est l'arbre fruitier cultivé dans la plaine de la Ruzizi et contribue au revenu des agriculteurs et constitue un fruit de dessert de qualité appréciable. Cependant cette culture d'importance capitale est victime d'attaque de différents ennemis et mérite qu'on y accorde une attention particulière dans l'objectif de protéger les arbres fruitiers contre les maladies et ravageurs.

- Le Greening est une maladie dévastatrice qui a été signalée dans la moyenne altitude du Sud-Kivu [9] et constitue une menace pour cette culture pouvant conduire à la perte des orangers.

Ainsi les incidences pour cette maladie ont été comprises entre 62% et 72%. Cette situation serait due à la non pulvérisation des produits insecticides pour lutter contre les insectes vecteurs de la bactérie responsable ainsi qu'à l'utilisation de matériel infecté. L'incidence moyenne dans la plaine de la Ruzizi a été de 72.4%. Nous constatons que cette incidence est élevée comparée à celle trouvée sur la côte occidentale du lac Kivu au Sud-Kivu, soient 57.72%.

L'indice de gravité de la maladie a été de 2.85. L'incidence élevée a été trouvée à Sange soient 3.3 et la moins élevée à Bwegera soient 2.4.

Cette variabilité de la sévérité des symptômes pour toute la plaine s'expliquerait par le fait que le nombre d'agriculteurs utilisant les produits phytosanitaires varie d'une localité à une autre.

Le vieillissement et le mauvais entretien des orangers pourraient également expliquer cette situation.

Pour les maladies et ravageurs de l'oranger considérés comme les plus dommageables dans la plaine de la Ruzizi, nous avons constaté que:

- Les symptômes de la cercosporiose ont été signalés dans toutes les localités de la plaine de Ruzizi. L'incidence moyenne a été de 57.05% et la sévérité de 2.89.

Cette incidence est inférieure par rapport à celle trouvée sur la côte occidentale du lac Kivu soient 72.85% [9]. Cette situation serait due aux conditions climatiques moins favorables au développement du champignon responsable de la maladie dans la plaine de la Ruzizi. Par contre en moyenne altitude les conditions de température moins élevée et d'humidité régnant en moyenne altitude favoriseraient le développement du champignon responsable de la maladie.

- La galle a été signalée dans toutes les localités du milieu d'étude. L'incidence moyenne a été de 53.35% et la sévérité moyenne de 2.8.
- La maladie de Tristeza a été présente dans toutes les localités. L'incidence élevée a été trouvée à Bwegera soient 62.8%. L'incidence moins élevée a été trouvée à Kamanyola soient 45%. L'incidence moyenne pour toute la plaine de la Ruzizi a été de 56.17% et la sévérité moyenne de 2.98.

Selon Ramaeckers cette maladie a fait disparaître plus de la moitié d'agrumes en Amérique. Elle constitue de ce fait une menace pour les orangers de la plaine de la Ruzizi vue l'incidence qu'on a trouvée.

- Les attaques des pucerons ont été signalées dans toutes les localités du milieu d'étude. L'incidence moyenne a été de 72.3% et la sévérité moyenne de 2.83. Cependant cette incidence est plus élevée comparée à celle trouvée sur la côte occidentale du lac Kivu en moyenne altitude soient 42.42% [9].

Cette différence serait due aux conditions climatiques de la plaine favorables au développement des insectes tandis que celles de la moyenne altitude du Sud-Kivu sont peu favorables.

- Les attaques de la chenille défoliante se sont avérées dans toutes les localités de la plaine de la Ruzizi. L'incidence moyenne a été de 79.85% et la sévérité moyenne de 3.12. En comparant cette incidence avec celle trouvée en 2012 sur la côte occidentale du lac Kivu soient 44.62% [9] nous constatons que l'incidence de la plaine de la Ruzizi est élevée par rapport à celle de la moyenne altitude. Cette situation serait due aux conditions de chaleur permanente dans la plaine de la Ruzizi favorable au développement des chenilles.
- Les attaques des acariens se sont avérées dans toutes les localités de la plaine de la Ruzizi. L'incidence moyenne a été de 57.65% dans cette partie de la République Démocratique du Congo. Cette incidence moyenne a été supérieure à celle trouvée sur la côte occidentale du lac Kivu, soient 27% [9]. Les conditions climatiques de la plaine de la Ruzizi seraient favorables au développement de cet animal.

## 5 CONCLUSION

L'étude a été faite dans la province du Sud-Kivu précisément dans la plaine de la Ruzizi. Les localités choisies ont été les suivantes: Bwegera, Kamanyola, Sange et Kiliba. Dans ces localités l'oranger est cultivé à grande échelle. Nous avons par le dépouillement bibliographique et l'enquête phytosanitaire précédée d'une pré enquête selon la technique de diagonale.

Il ressort de ces résultats que:

- Toutes les localités sont attaquées par la cercosporiose. Les incidences varient entre 48.5% et 70.5%. Les attaques sont jusque-là faibles mais tendent à devenir moyenne. La localité qui a enregistré l'incidence élevée a été Sange. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été 57.05% et la sévérité moyenne a été 2.89.
- La galle était présente dans toutes les localités du milieu d'étude. L'incidence moyenne a été de 53.35% et la sévérité moyenne 2.8. Les localités ayant enregistré les incidences élevées ont été Sange et Kamanyola soient respectivement 60% et 56%. Celle qui a enregistré l'incidence la moins élevée c'est Bwegera soient 47%. C'est à Sange où la sévérité a été élevée soient 3.
- Aucune localité de la plaine de la Ruzizi n'est épargnée par le Tristeza. L'incidence moyenne a été 56.17% et la sévérité moyenne a été de 2.98. Bwegera a enregistré une sévérité de 3.6 et l'incidence la plus élevée soient 62.8%. La localité de Kamanyola a enregistré la sévérité de 2.7 et une incidence moins élevée soient 45%.
- Toutes les localités ont été attaquées par le greening. L'incidence a été de 72.4% et la sévérité moyenne 2.85. Les localités ayant enregistré les incidences élevées ont été Kamanyola et Bwegera avec respectivement 78.8% et 75.7%. Les sévérités dans ces deux localités ont été respectivement 2.7 et 2.4. La localité de Sange a enregistré l'incidence moins élevée soient 62%. La sévérité pour cette localité a été de 3.3.
- Les pucerons ont été présents dans toutes les localités. L'incidence moyenne a été de 72.3% et la sévérité moyenne de 2.83. La localité de Kamanyola a enregistré l'incidence élevée soient 80% et la sévérité y a été de 2.53. La localité de Kiliba a enregistré l'incidence moins élevée soient 66%.
- Les chenilles défoliantes ont été signalées dans toutes les localités de la plaine de la Ruzizi. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été de 79.85% et la sévérité moyenne a été de 3.12. La localité de Sange a enregistré l'incidence élevée par rapport aux autres localités soient 86.4%. La sévérité dans cette localité a été de 3.7. La localité de Kamanyola a enregistré la sévérité de 3.2 et l'incidence la moins élevée soient 73%.
- Les acariens ont été présents dans tout le milieu d'étude. L'incidence moyenne dans la plaine de la Ruzizi a été de 57.65% et la sévérité moyenne de 2.92. La localité ayant enregistré l'incidence élevée par rapport aux autres a été Kiliba soient 62.8% et la localité ayant enregistré l'incidence moins élevée a été Bwegera soient 50%. C'est à Kiliba qu'on a trouvé la sévérité élevée soient 3 et la localité de Bwegera a enregistré une sévérité moins élevée soient 2.5.

Ainsi les propositions suivantes comme solution au contrôle des maladies et ravageurs et à la protection des orangers pouvant aider les agriculteurs dans la plaine de la Ruzizi :

- Pour le Greening, il est indispensable de constituer des vergers de pieds mères indemnes des maladies transmissibles. La réhabilitation des orangers devrait se faire à partir du matériel sain.
- Pour les pucerons, les acariens et les chenilles défoliantes, une pulvérisation d'insecticide s'avère indispensable et efficace.
- L'Etat doit encadrer les agriculteurs en les formant sur la bonne gestion de peste et en facilitant l'accès aux produits phytosanitaires.
- Pour la cercosporiose et la galle la pulvérisation des fongicides appropriés s'avère indispensable.

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à nos parents, à nos amis et frères tels que Nicole, Pascal, Yves, Agathe et Dieudonné ainsi qu'à tous nos collègues pour leur soutien dans la réalisation de ce travail

**REFERENCES**

- [1] Anonyme, Mémento de l'agronome. Ministère de la coopération, 4<sup>ème</sup> édition, pp. 1635, 1998.
- [2] Autrique A. et Perreaux D., Maladies et ravageurs de la région des Grand-Lacs d'Afrique centrale, AGCD n°24, ISABU, BURUNDI, pp. 232, 1989.
- [3] Germain, Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi en relation avec le milieu, série scientifique n°52, Bruxelles, pp. 307, 1952.
- [4] Makumbelo, E., Lukoki, L., Paulus, J. et Luyindula, N., Inventaire des espèces végétales mises en culture dans les parcelles en milieu urbain, cas de la commune de Limete, Kinshasa, RD Congo, pp 95, 2000.
- [5] Mettrick, T., Méthode de récolte des données aux champs, Tunis, pp. 75, 1996.
- [6] Nyabyenda, P., Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude, pp. 125, 2006.
- [7] Ramaeckers, R.H., Agriculture en Afrique tropicale, Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI), pp. 1634, 2001.
- [8] Anonyme, Bulletin de santé végétale, Martinique- Septembre 2010 N°7, FREDON, SICA
- [9] Rubabura et Baluku, Etat phytosanitaire des vergers des citrus en milieu rural du Sud-Kivu, Côte occidentale du lac Kivu, RD Congo, pp. 9, 2012.

## Phytodiversité et paramètres de structure de la forêt péri-urbaine de la Djoumouna (Brazzaville - Congo)

### [ Phytodiversity and structural parameters of the Djoumouna peri-urban forest (Brazzaville - Congo) ]

Victor Kimpouni<sup>1,2</sup>, Jean de Dieu Nzila<sup>1,2</sup>, Charme Maïdet Massamba MaKanda<sup>1</sup>, Yallo Mouhamed Salisou<sup>2</sup>, and Jean-Pierre Kampe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>École normale supérieure, Université Marien Ngouabi, BP 237 Brazzaville, Republic of the Congo

<sup>2</sup>Institut national de recherche forestière (IRF), BP 177, Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2018 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 Djoumouna periurban forest, in Brazzaville, was studied according to three plots of one hectare each. With an original area of 8.5 ha in the 1990s, this forest has declined by 49%, following human activities, in twenty years. The floristic inventory revealed 898 trees of dbh  $\geq 10$  cm, either  $299 \pm 18.68$  trees.ha<sup>-1</sup> on average; Specific diversity reveals 106 species corresponding to 36 families, the most important of which, following IVF are: Fabaceae (78%); Rubiaceae (41.2%); Euphorbiaceae (35.2%). According to the IVI, the dominant species are: *Pentaclethra eetveldeana* (22%); *Elaeis guineensis* (15%); *Pentaclethra macrophylla* (14%); *Plagiostyles africana* (13.5%); *Hymenocardia ulmoides* (10.5%). The Shannon index averages is  $3.44 \pm 0.10$  for maximum diversity average of  $4.14 \pm 0.03$ . The Pielou index average is  $0.83 \pm 0.02$ , no dominance is found within the phytocenoses. Data from biological indices coupled with floristics show that this ecosystem has a high specific diversity, against a low floristic richness. The diametric structure coupled with the skewness reveal a bad natural regeneration of the ligneous trees. The similarity coefficients of Jaccard (30-47%) and Sørensen (46-64%) show a difference floristic composition. This heterogeneity is the appearance of the area-species curve. The analysis of diaspores shows the importance of sarcochores (73% of species and 62% of individuals), hence zoochoria as the main mode of dissemination. This mesophilic and tropophilous forest is characterized by the Fabaceae of which *Pentaclethra eetveldeana* and *Pentaclethra macrophylla* are the markers.

**KEYWORDS:** Congo, periurban forest ecosystem, floristic diversity, bio-ecological indices; structural parameters, phytogeography, dissemination.

**RÉSUMÉ:** La forêt périurbaine de la Djoumouna, à Brazzaville, est étudiée suivant trois relevés d'un hectare chacun. D'une superficie originelle de 8,5 ha dans les années 1990, cette forêt a régressé de 49%, suite aux activités anthropiques, en une vingtaine d'années. L'inventaire floristique a révélé 898 arbres de dbh  $\geq 10$  cm, soit  $299 \pm 18,68$  arbres.ha<sup>-1</sup>; La diversité spécifique révèle 106 espèces correspondant à 36 familles dont les prépondérantes, suivant les FIV, sont : Fabaceae (78%) ; Rubiaceae (41,2%) ; Euphorbiaceae (35,2%). En fonction des IVI, les espèces dominantes sont : *Pentaclethra eetveldeana* (22%) ; *Elaeis guineensis* (15%) ; *Pentaclethra macrophylla* (14%) ; *Plagiostyles africana* (13,5%) ; *Hymenocardia ulmoides* (10,5%). L'indice de Shannon est en moyenne de  $3,44 \pm 0,10$  pour une diversité maximale moyenne de  $4,14 \pm 0,03$ . L'équitabilité moyenne est de  $0,83 \pm 0,02$ . Les données des indices biologiques couplées aux floristiques montrent que cet écosystème présente une forte diversité spécifique, contre une faible richesse floristique, d'une part, et d'autre part, aucune dominance n'est relevée au sein des phytocénoses. La structure diamétrique couplée au skewness révèlent une mauvaise régénération naturelle des ligneux. Les coefficients de similarité de Jaccard (30-47%) et de Sørensen (46-64%) montrent une composition floristique différente. Cette hétérogénéité est traduite par l'allure de la courbe aire-espèces. L'analyse des diaspores ressort

l'importance des sarcochores (73% d'espèces et 62% d'individus), d'où la zoochorie comme principal mode de dissémination. Cette forêt mésophile et tropophile est caractérisée par les Fabaceae dont *Pentaclethra eetveldeana* et *Pentaclethra macrophylla* sont les marqueurs.

**MOTS-CLEFS:** Congo, écosystème forestier périurbain, diversité floristique, indices de diversité bioécologique; paramètres de structure, phytogéographie, dissémination.

## 1 INTRODUCTION

Les écosystèmes forestiers en zone urbaine et périurbaine font l'objet d'une mauvaise gestion par les autorités municipales en Afrique en général, et au Congo en particulier [1]. Ces forêts sont confrontées à une dégradation anthropique les ayant réduit, dans le meilleur des cas, à des minuscules îlots sinon provoquer leur extinction de l'aire urbaine.

Dans la plupart des cas en Afrique, la gestion et l'aménagement des villes échappent au contrôle des décideurs, ce qui a des répercussions inquiétantes au plan écologique et sociologique [2]. Les forêts qui, hier majoritairement périurbaines sont devenues intra-urbaines. Certaines ont subi d'importantes réductions de superficie. Parmi ces forêts, citons la Djoumouna, à la périphérie de Brazzaville ; la forêt de la Patte d'Oie, dont la forêt naturelle couvre moins de 10 ha sur les 240 hectares intra-urbains mise en réserve en 1938 [3], [4]. Cependant, d'autres ont disparu sans laisser la moindre trace de leur existence. À Brazzaville, relevons les forêts de la Tsiémé, de la Glacière, du ravin du Tchad et de la Corniche [3], [4], [5], [6]. La raison de la disparition et/ou de la régression des superficies forestières, en général et urbains en particulier, est inéluctablement l'intensité des actions anthropiques.

Ces formations ligneuses qui se développent dans un milieu densément urbanisé, subissent une intense pression anthropique, sans cesse croissante [3], [4]. Elle résulte de l'exploitation l'urbanisation anarchique, de l'exploitation des Produits Forestiers (ligneux et Non Ligneux). Parmi ceux-ci le bois énergie, le bois d'artisanat et les plantes utilisées en phytothérapie. La forte dépendance de la cité urbaine en produits forestiers, sensu stricto, couplée à une poussée démographique galopante, a pour conséquence, la régression de l'aire forestière autour de la ceinture périurbaine [7]. Suite à l'ampleur des activités anthropiques, les formations ligneuses périurbaines et urbaines connaissent des modifications physiologiques et structurales qui s'accompagnent d'une perte de la biodiversité.

Située à la périphérie de Brazzaville, la forêt ripicole de la Djoumouna, représente un élément précieux de la banlieue brazzavilloise. En 1998, cette formation ligneuse qui s'étalait régulièrement le long des berges de la Djoumouna couvrait une superficie d'environ 8,5 ha [8]. Une vingtaine d'années plus tard, sa superficie est évaluée à 4,30 ha, dont 3,5 ha se développent exclusivement sur une portion de la rive gauche, territoire privé de l'église catholique abritant le camp des scouts.

Nonobstant l'ampleur des effets consécutifs d'anthropisation, qui mettent en mal son existence et sa pérennisation, très peu d'études ont été consacrées à cet écosystème menacé de disparition. Généralement parcellaires, elles ont porté sur l'inventaire floristique et phytogéographique [7], [8] et l'ethnobotanique [9]. L'analyse des données acquises montre qu'aucune étude n'aborde les questions touchant à la caractérisation de cette phytodiversité et aux paramètres de structure de ladite forêt.

La vitesse à laquelle les forêts périurbaines s'éteignent autour de Brazzaville, sans avoir livré les données sur leur biodiversité, le fonctionnement, la dynamique de régénération, tel que ce fut le cas des formations intra-urbaines de la ville. L'objectif de cette étude est d'améliorer les connaissances sur la diversité végétale des forêts périurbaines, notamment de la Djoumouna, en périphérie de Brazzaville.

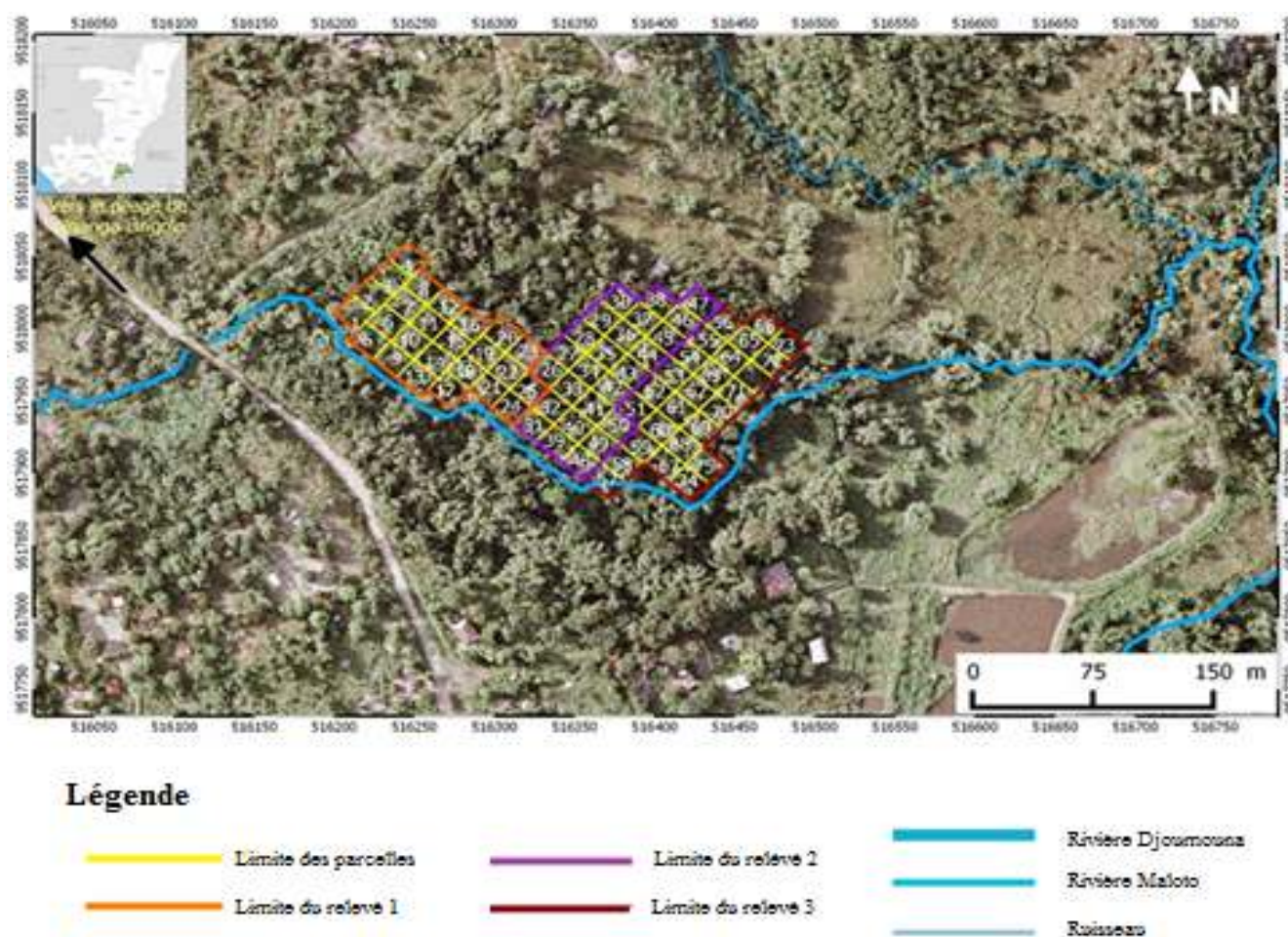
## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1 CONNAISSANCE DU SITE

La forêt galerie de la Djoumouna (-04°35' ; -04°22' S et 15°15' ; 15°09'E) est située à 24 km au sud-est de Brazzaville (Figure 1). La forêt de la Djoumouna est une forêt mésophile et tropophile, comme toutes les autres qui sont caractéristiques de l'unité physiographique des Cataractes. Elle se présente sous l'aspect classique d'une mosaïque forêt-savane. Souvent ripicoles, ces forêts se limitent aux berges des rivières.

Elle se développe sous le climat bas-congolais dit de type soudano-guinéen [10], [11], [12]. Les températures sont relativement élevées et la moyenne annuelle oscille autour de 25 °C. L'amplitude thermique annuelle varie de 4 à 6 °C (Figure 2). Les mois de mars et d'avril sont les plus chauds, ceux de juillet et Août, les plus frais [12], [13].

La pluviométrie annuelle varie de 1200 à 1400 mm [14]. Les pluies s'étalent d'octobre à mai, avec un ralentissement très prononcé en janvier-février. Les mois les plus arrosés sont généralement ceux d'avril et de novembre. Les mois de juin à septembre sont secs (Figure 2).



**Fig. 1. Localisation de la zone d'étude (Source: Google earth traité sur Qgis)**

Le régime de pluies est le facteur qui marque l'alternance des saisons. Il permet de distinguer la saison des pluies qui est chaude et humide, de la saison sèche qui est fraîche.

L'humidité relative est toujours élevée et de faible amplitude hygrométrique annuelle. Cependant en saison sèche, elle reste toujours élevée et joue un rôle important sur la végétation. Elle présente son minimum annuel à la fin de cette saison [11], [14]. L'évaporation varie en sens inverse de l'humidité relative (Figure 2). Elle présente un minimum relatif en Juin et un maximum absolu en août et en septembre [14].

Le substratum géologique est essentiellement composé des formations sédimentaires du précambrien supérieur, de nature schisto-gréseuse. Elles forment la série de l'Inkisi, composée des arkoses et des grès feldspathiques [15]. Les sols appartiennent à la classe des sols ferrallitiques fortement désaturés remaniés jaunes avec des sols hydromorphes dans le lit de la Djoumouna et de ses affluents.

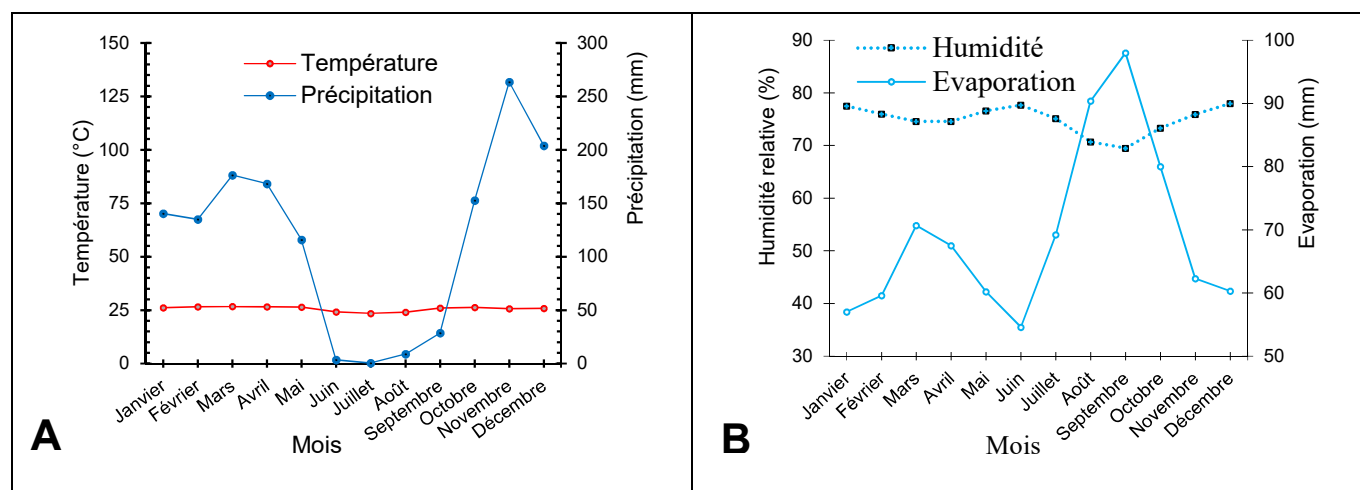


Fig. 2. Paramètres climatique de Brazzaville (période de 2000-2016, source ANAC)

Légende : Courbe ombrothermique (A) ; Courbes de l'humidité relative et de l'évaporation

## 2.2 MATÉRIEL

Le matériel est composé des ligneux (arborescents et lianescents) de DHP  $\geq 10$ cm. Au cours de cet inventaire, des échantillons ont été récoltés pour constituer des spécimens d'herbier et faciliter l'identification des espèces. Un herbier d'une vingtaine d'espèces a été constitué et déposé à l'herbier national (IEC) à Brazzaville. L'identification des espèces s'est faite *in situ* pour les plus courantes et *ex situ*, à l'herbier National sis à l'IRSEN par comparaison d'herbiers et des diagnoses de [16], des volumes de la flore du Gabon, du Cameroun et de la flore des spermaphytes du Congo belge – Rwanda – Urundi. La classification et la nomenclature taxinomiques adoptées sont respectivement [17] et [18].

## 2.3 MÉTHODES D'ÉTUDE

L'étude qui s'est déroulée d'avril à août 2018 se fonde sur 2 axes : les données de la littérature, et l'inventaire floristique.

La revue de la littérature a permis de faire l'état des lieux des connaissances sur la thématique de la gestion durable des forêts du Bassin du Congo en général, et singulièrement les forêts urbaine et périurbaine du Congo.

La prospection botanique de l'aire d'étude et la délimitation des parcelles d'inventaire floristique ont constitué les principales phases de cette activité. L'inventaire est basé sur le recensement de tous les individus ligneux de dbh (diameter at breast height)  $\geq 10$  cm [19], [20]. L'aire couverte par l'inventaire est de 3 ha dont chaque unité est subdivisée en 25 parcelles géo-référencées de 20 m x 20 m, soit 400 m<sup>2</sup> (Figure 3).

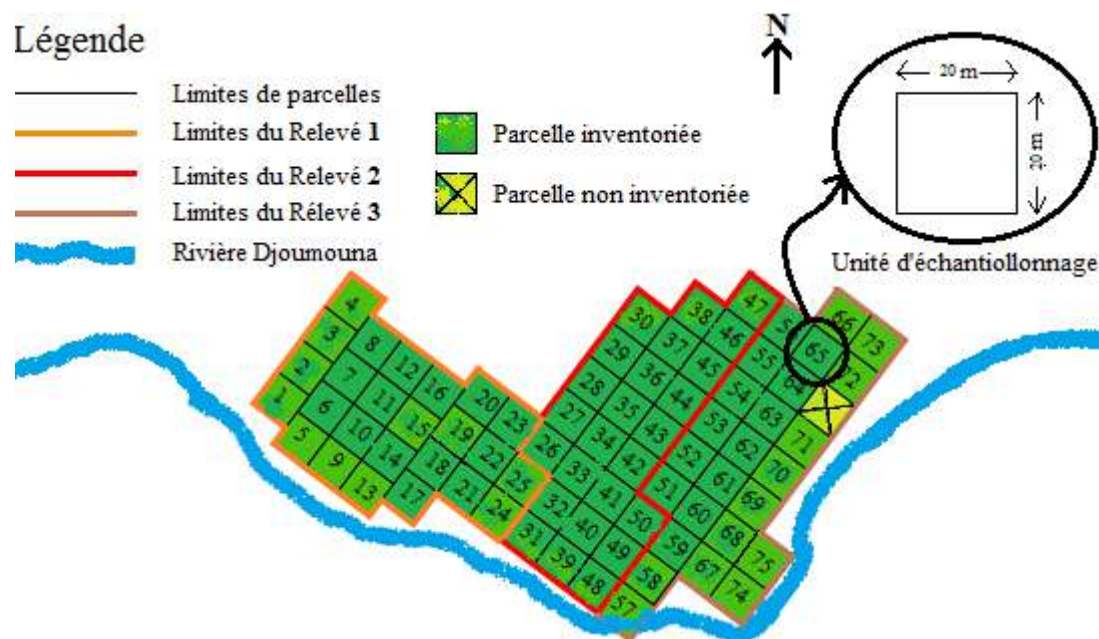


Fig. 3. Dispositif d'échantillonnage

## 2.4 PARAMÈTRES SUIVIS

Les paramètres suivis sont : la densité, la fréquence, la surface terrière, la structure diamétrique, la dissémination des diaspores, distribution phytogéographique.

## 2.5 TRAITEMENT ET ANALYSES DES DONNÉES

- Le spectre brut  $SB(\%) = \frac{\text{Nombre d'espèces par familles}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100$
- Le spectre pondéré  $SP(\%) = \frac{\text{Nombre de pied ou d'individus par espèces / familles}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100$

- Coefficients de similarité de Jaccard et de Sørensen

$$\text{Jaccard : } S(\%) = \frac{C}{(A+B)-C} \times 100$$

$$\text{Sørensen : } K(\%) = \frac{2C}{A+B+C} \times 100$$

Avec :  
 A = nombre d'espèces du relevé A;  
 B = nombre d'espèces du relevé B;  
 C = total des espèces communes à A et B

- Coefficient de Skewnees (G)

$$G = \frac{[n \cdot \sum (Xi - \bar{X})]}{[(n-1) \cdot (n-2) \cdot \delta^3]}$$

N = Nombre d'individus par espèce ;  
 Xi = dbh de l'individu ;  
 $\bar{X}$  = Moyenne du dbh de l'échantillon ;  
 $\delta$  = Type de variation

- Indices de diversité biologique de Shannon et de Simpson

$$\text{Shannon : } H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \text{ avec } p_i = \frac{n_i}{n}$$

$$\text{Simpson : } D_s = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i) \text{ ou } D = 1 - \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce « i » ;

$n$  = nombre total d'individus toutes les espèces confondues

- Indice de diversité maximale

$$H_{\max} = \ln(S) \text{ avec } S = \text{au total des espèces}$$

- La richesse spécifique effective ou Diversité absolue (N)

$$N = e^H$$

- Indice d'équitabilité (indice de régularité ou de Pielou) : Eq

$$Eq = \frac{H'}{H_{\max}}$$

- Indice de Green : GI

$$GI = \frac{(\frac{\sigma^2}{\bar{X}} - 1)}{N - 1}$$

$\sigma^2$  = Écart type de la densité;

$\bar{X}$  = Moyenne de la densité ;

$N$  = Nombre total d'espèces

- Le Quotient de Szymkiewicz

$$I = \frac{\text{Espèce (Sp.)}}{\text{Genre (G)}}$$

- Importance relative des taxons

- Indice d'importance des espèces (Importance Value Index)

$$IVI = DR + DoR + FR$$

DR= Densité relative ; DoR= Dominance relative ; FR= Fréquence relative

- Indice d'importance des familles (Family importance Value) : FIV

$$FIV = \sum_{i=1}^S IVI$$

- Densité du peuplement (N en arbres/ha)

$$D = N/S$$

$N$  : nombre total d'arbres par parcelle ;

$S$  : surface de la parcelle en ha.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 DONNÉES TAXONOMIQUES ET FLORISTIQUES

##### 3.1.1 TAXINOMIE

L'inventaire floristique global révèle 898 individus arborescents et lianescents. Ils correspondent à 106 espèces rangées dans 83 genres et 36 familles (Tableau 1). La densité de l'aire d'étude est de  $299 \pm 18,68$  arbres.ha<sup>-1</sup>. Elle varie entre 264 et 324 individus.ha<sup>-1</sup> au sein des relevés (Tableau 1). Cette densité est soutenue par *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Millettia laurentii*, *Hymenocardia ulmoides*, *Psydrax arnoldiana*, *Hannoa undulata* et *Elaeis guineensis*.

Tableau 1. Synthèse des données taxinomiques et floristiques des ligneux par relevés

| Forêt                         | Taxons          |                 |               | Total arbres      |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|
|                               | Famille         | Genre           | Espèces       |                   |
| Relevé 1                      | 29              | 57              | 68            | 264               |
| Relevé 2                      | 29              | 52              | 61            | 324               |
| Relevé 3                      | 29              | 55              | 60            | 310               |
| Aire d'étude                  | 36              | 83              | 106           | 898               |
| Moyenne $\pm$ Erreur standard | 29,3 $\pm$ 0,33 | 54,7 $\pm$ 1,45 | 63 $\pm$ 2,51 | 299,3 $\pm$ 18,68 |

### 3.2 FLORISTIQUES

#### 3.2.1 SPECTRES BRUT ET PONDÉRÉ DE LA FLORE

L'analyse floristique globale révèle des différences entre la richesse spécifique et la composition floristique. La diversité spécifique des familles varie de 1 à 23, soit de 0,93 à 21,30%. Aucune des familles n'est systématique présente dans tous les relevés.

Le spectre brut montre une prédominance des Fabaceae (22%), suivie des Euphorbiaceae (12%), des Rubiaceae (8%), des Annonaceae (7%) et des Anacardiaceae (5%). Les familles les moins importantes ont des contributions qui varient de 1 à 5% (Figure 4A). Quant au spectre pondéré, la prépondérance des Fabaceae (31%) est très nette sur les Euphorbiaceae (16%), les Rubiaceae (7%), les Sapotaceae (2%). Les Annonaceae et les Anacardiaceae avec 1% chacune sont les moins représentées (Figure 4B).

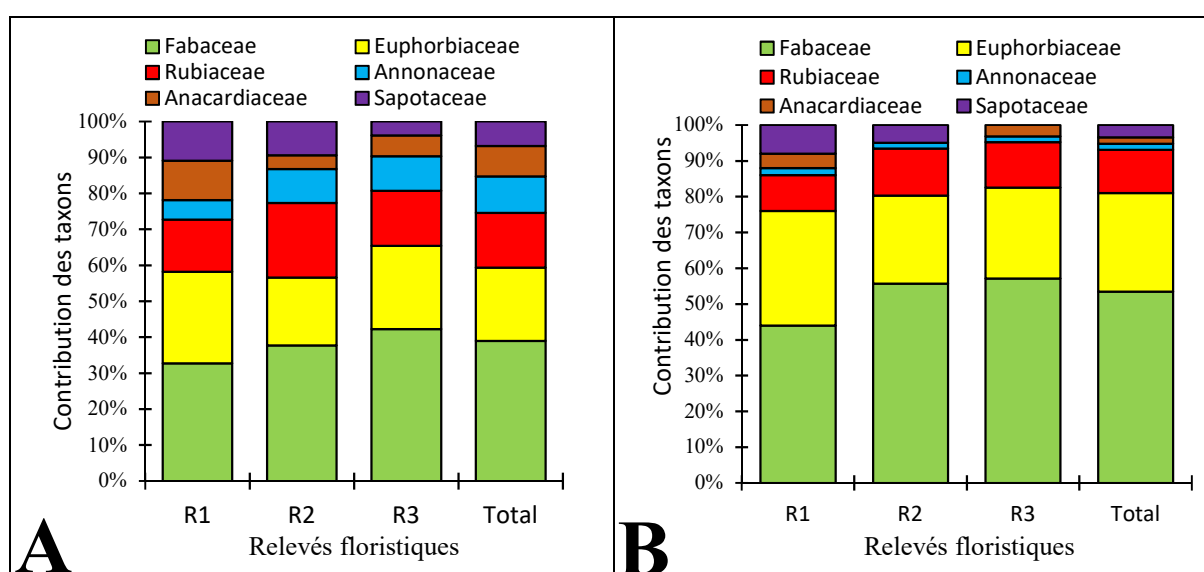


Fig. 4. Spectres floristiques de la forêt de la Djoumouna

Légende : Spectre brut (A); spectre pondéré (B)

#### 3.2.2 ESPÈCES DOMINANTES DE L'AIRE

L'analyse des effectifs des ligneux a permis de déceler les espèces les plus répandues, avec au moins dix individus sur la totalité de l'aire (Figure 5).

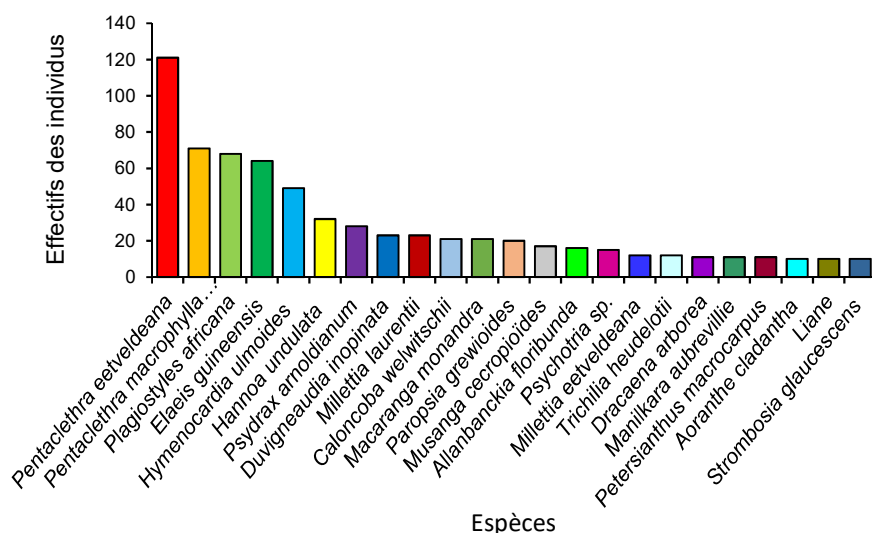


Fig. 5. Taxons les plus abondants du site (Nombre d'individus >10)

### 3.3 TYPES DE DIASPORES ET DISSÉMINATION

L'analyse des types de diaspores de l'inventaire, montre que les sarcochores sont les mieux représentées avec 73% d'espèces (Figure 6A), ce qui correspond à une proportion d'individus de 62% (Figure 6B). De ce fait, la zoochorie est de facto le principal mode de dissémination. Cette dominance traduit un signe du niveau de maturité acquis par cet écosystème.

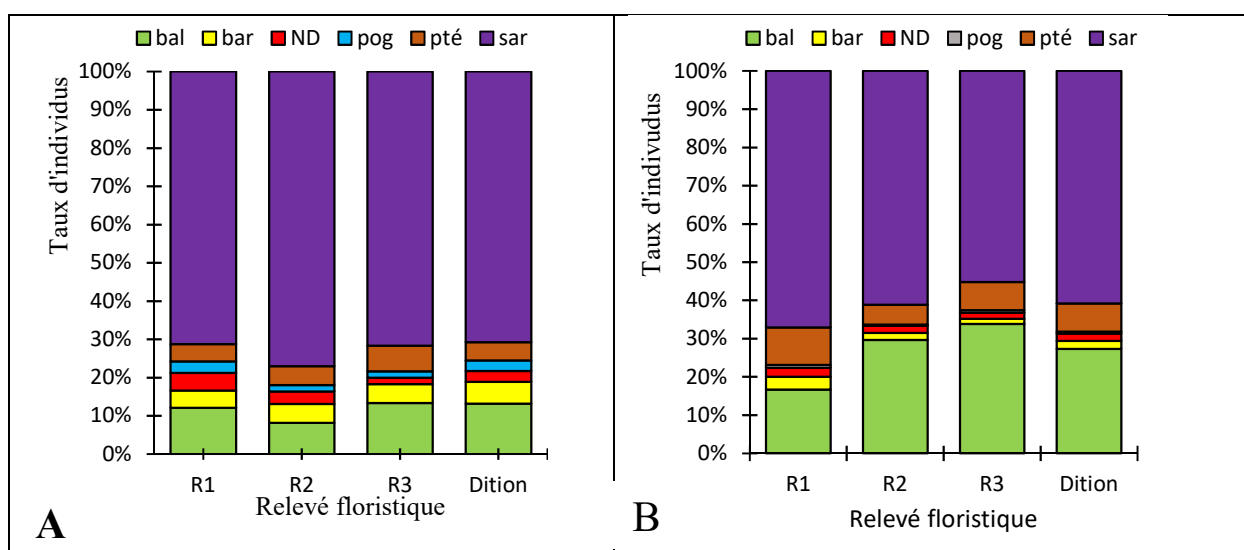


Fig. 6. Spectres des types de diaspores de la forêt de la Djoumouna

Légende : Spectre brut (A) ; spectre pondéré (B)

### 3.4 TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

L'analyse phytogéographique de la diversité floristique de la forêt de la Djoumouna, reconnaît 7 types phytogéographiques d'importance inégale (Figure 7). L'élément base Guinéo-Congolais englobe plus de 2/3 des taxons. Les taxons à large distribution sont très faiblement représentés. Ces données semblent prouver que cette formation ligneuse ne subit presque pas les influences des aires phytogéographiques voisines, notamment la zone de transition Guinéo-Congolo-Zambézienne.

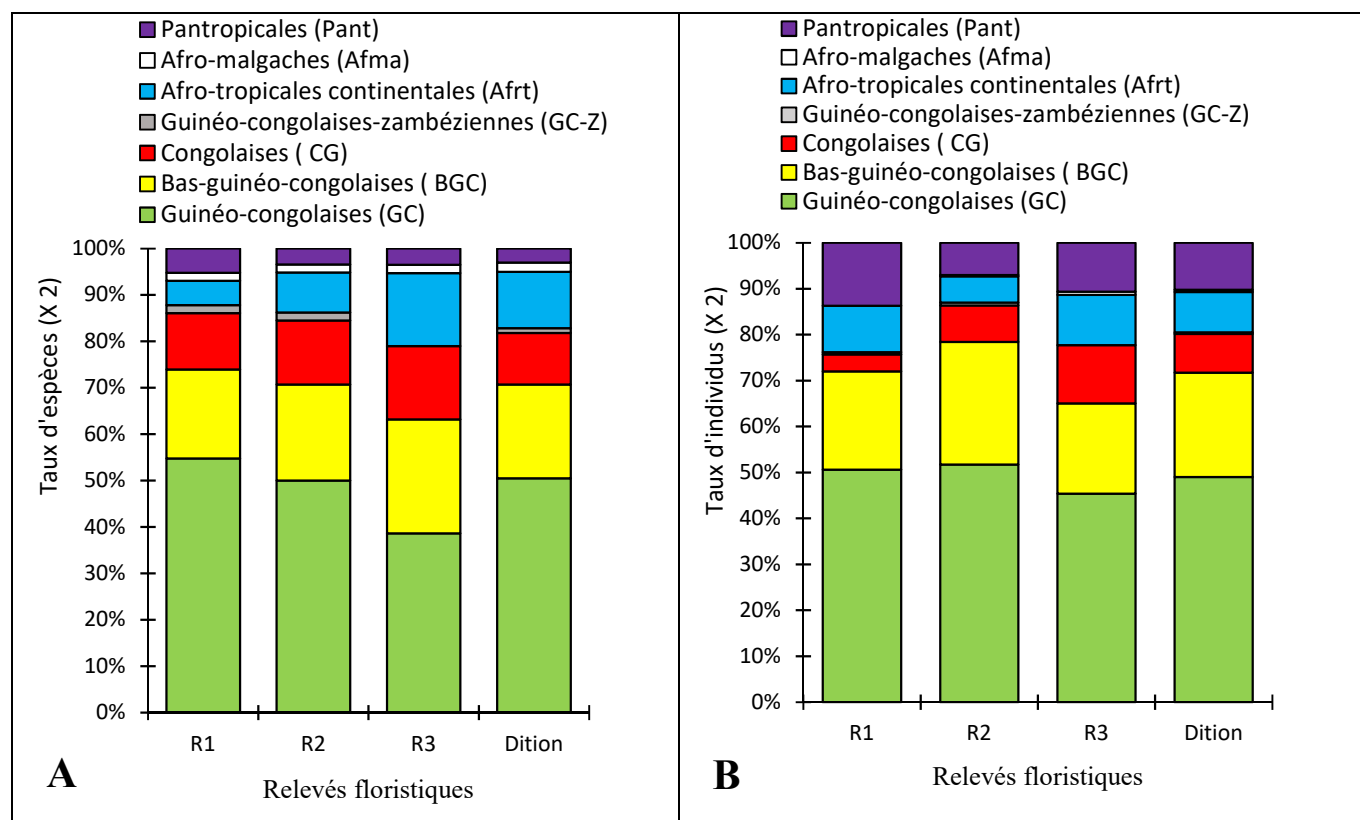


Fig. 7. Spectres phytogéographiques de la forêt de la Djoumouna

Légende : spectre brut (A) ; spectre pondéré (B)

### 3.5 PARAMÈTRES PHYTOÉCOLOGIQUES

#### 3.5.1 DENSITÉ RELATIVE

La densité relative par espèces au sein de l'aire d'étude varie entre 0,1 et 13,5 % soit une moyenne de  $0,009 \pm 0,002$ . Elle est soutenue par *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Plagiostyles africana*, *Elaeis guineensis*, *Hymenocardia ulmoides*.

#### 3.5.2 FRÉQUENCE

La fréquence des espèces varie de 1 à 45 dont 25,5% sont omniprésentes dans les trois relevés. 24,5% sont présentes dans 2/3 de relevés. Parmi les taxons les plus fréquents, outre les pionniers, citons *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Uapaca guineensis*, *Petersianthus macrocarpus*, *Gilbertiodendron dewevrei*, *Canarium schweinfurthii*, *Hannoa undulata*, *Manilkara aubrevillei*, *Strombosia grandifolia*.

#### 3.5.3 FRÉQUENCE RELATIVE

La fréquence relative des taxons varie entre 0,1 et 8,1% soit  $0,009 \pm 0,001$  en moyenne. Les espèces soutenant cette fréquence sont *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Elaeis guineensis*, *Plagiostyles africana*, *Hymenocardia ulmoides*.

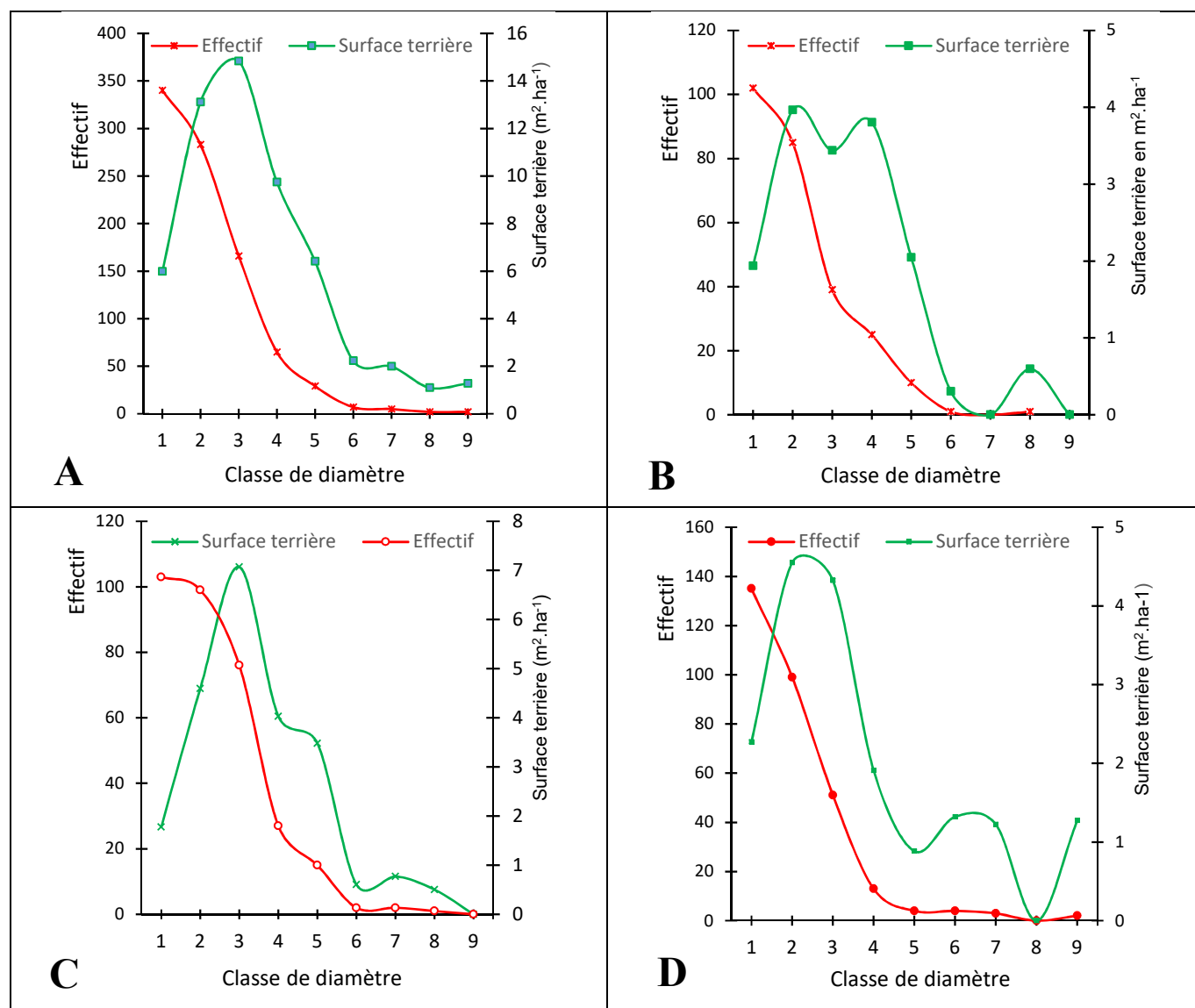
#### 3.5.4 SURFACE TERRIÈRE

La surface terrière dans l'aire d'étude oscille entre 0,01 et  $8,41 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Figure 8). Les espèces dominantes ont une surface terrière d'au moins  $1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Au sein du relevé 1, elle varie de 0,01 à  $1,44 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  soit  $0,23 \pm 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en moyenne. Dans le relevé 2, sa valeur est comprise entre 0,01 et  $5,1410 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , soit une moyenne de  $0,37 \pm 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dans le troisième, la

moyenne est de  $0,29 \pm 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , pour un intervalle de valeur variant de 0,01 à  $2,58 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Le taux de couverture le plus élevé est associé, en se passant des taxons pionniers, à *Hannoa undulata*, *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Paropsia grewoides*.

### 3.5.5 STRUCTURE DIAMÉTRIQUE

L'allure générale de la structure diamétrique est une courbe en forme de « J » renversé (Figure 9). Elle traduit le passage régulier des individus d'une classe de diamètre à une autre. En dépit de cette bonne perspective, le rythme général de la régénération des taxons caractéristiques de cette forêt montre que tous ont des courbes erratiques (Figures 8 et 10).



**Fig. 8. Rapport de la structure diamétrique des ligneux et la surface terrière**

Légende : Aire d'étude (A) ; relevé 1 (B) ; relevé 2 (C) ; relevé 3 (D).

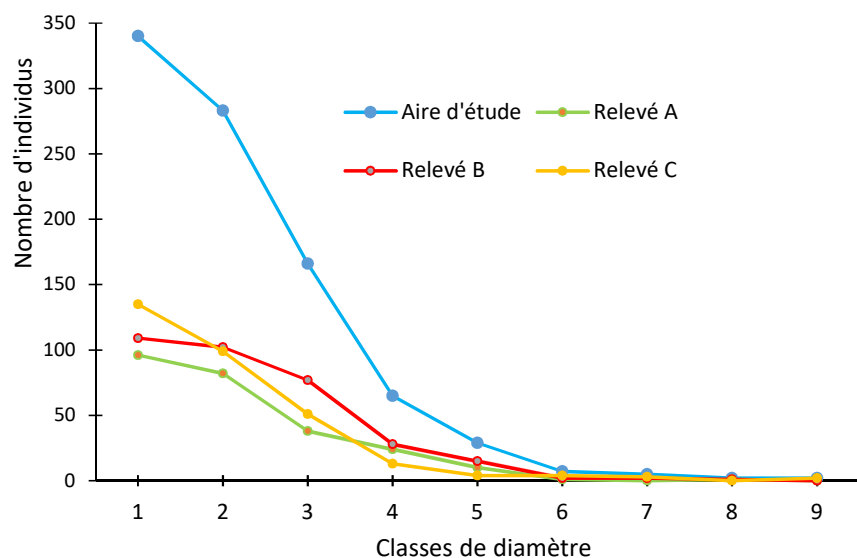
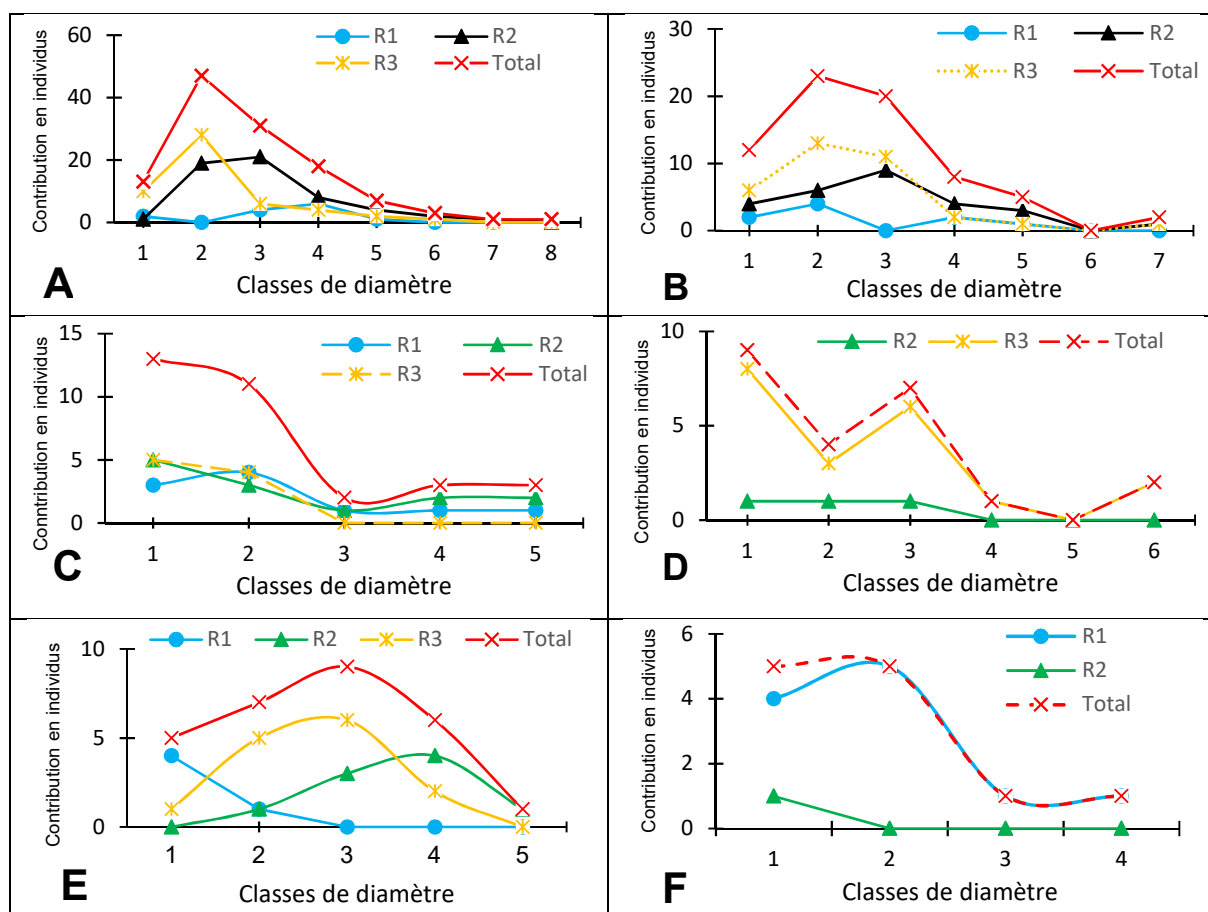


Fig. 9. Distribution générale des taxons par classes de diamètre



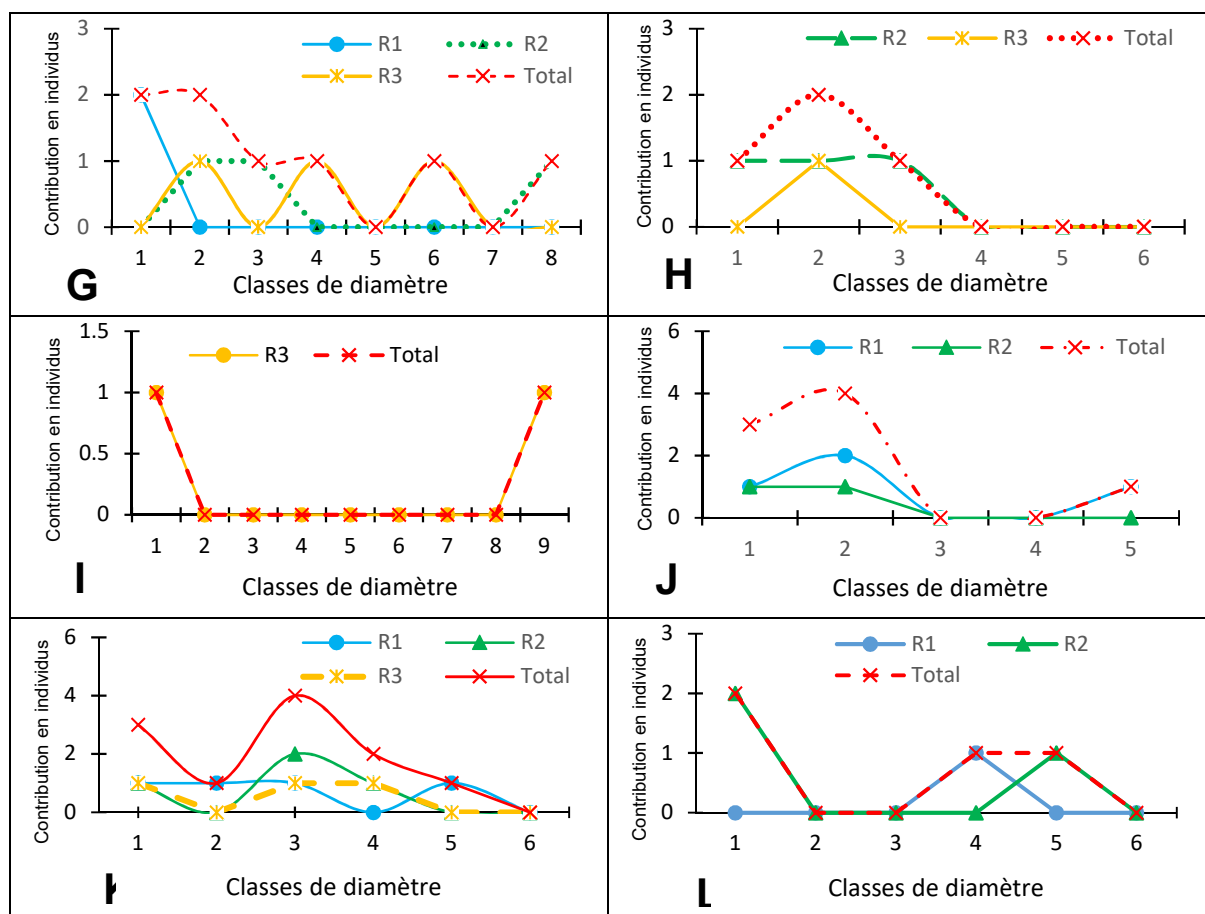


Fig. 10. Structure diamétrique des marqueurs de la forêt dense humide à la Djoumouna

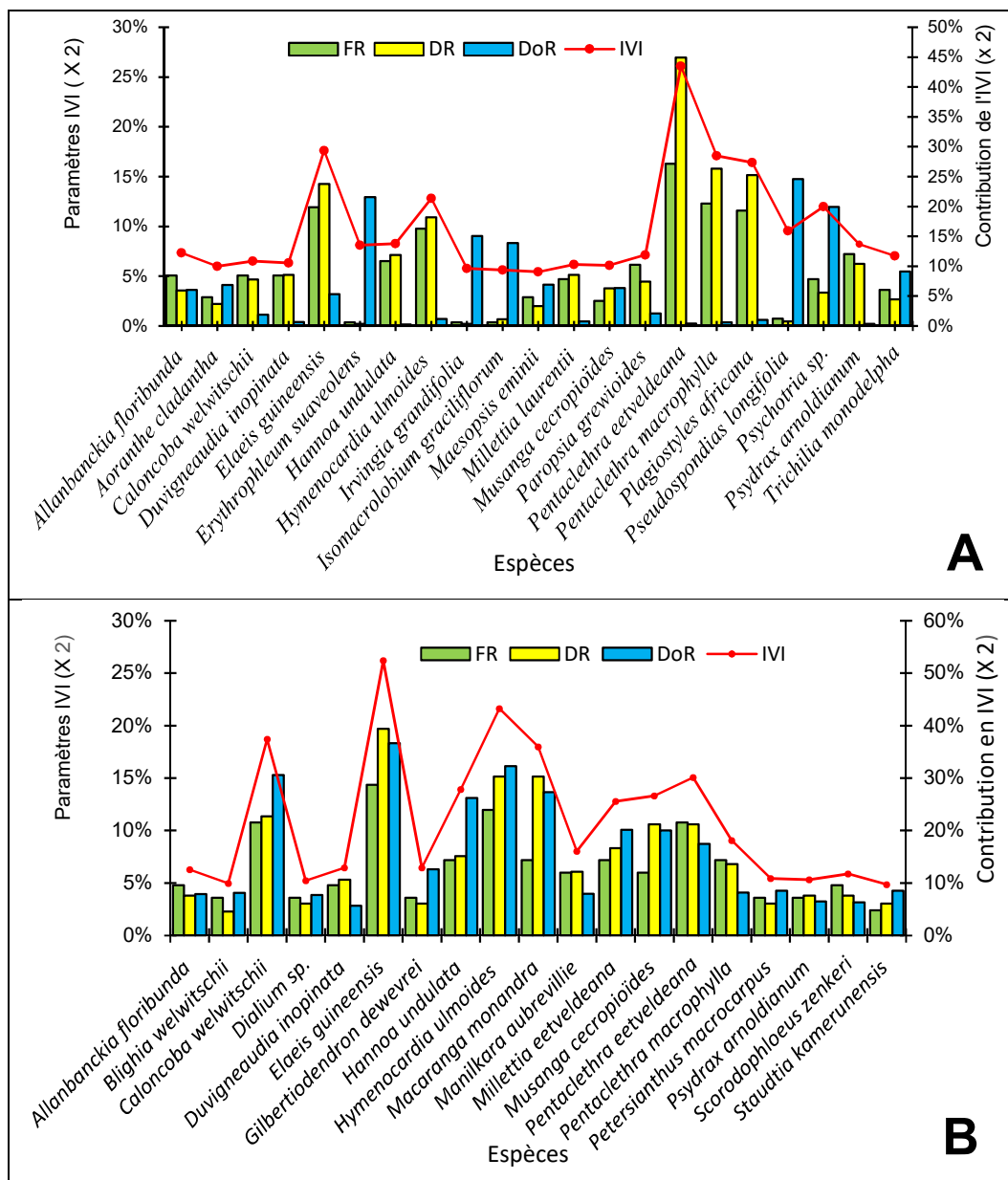
Légende : *Pentaclethra eetveldeana* (A), *Pentaclethra macrophylla* (B), *Hannoa undulata* (C), *Millettia laurentii* (D), *Psychotria arnoldianum* (E), *Millettia eetveldeana* (F), *Uapaca guineensis* (G), *Dialium englerianum* (H), *Crudia laurentii* (I), *Gilbertiodendron dewevrei* (J), *Petersianthus macrocarpus* (K), *Pycnanthus angolensis* (L).

### 3.6 DONNÉES DES INDICES DE PHYTODIVERSITÉ

#### 3.6.1 INDICES DE VALEURS D'IMPORTANCES: IVI ET FIV

L'IVI varie de 1 à 22% et les espèces les plus représentées (Figure 11) sont *Pentaclethra eetveldeana* (22%) ; *Elaeis guineensis* (15%) ; *Pentaclethra macrophylla* (14%), *Plagiostyles africana* (13,5) ; *Hymenocardia ulmoides* (10,5%), *Psychotria* sp. (10%). Quant aux FIV, les valeurs sont comprises entre 0,3 et 78%. La prépondérance des Fabaceae (78%) prime sur les Rubiaceae (41,2%) ; les Euphorbiaceae (35,2%) ; les Arecaceae (15%) ; les Anacardiaceae (12%) et les Phyllanthaceae (11%) (Figure 12).

L'IVI au sein de chacun des relevés est variable et il en est de même pour le FIV. Les résultats de l'IVI montrent que, le relevé 1 est dominé par les espèces caractéristiques de la perturbation. Les relevés 2 et 3 (soit 2/3 de l'aire étudiée) présentent une prédominance d'espèces pérennes.



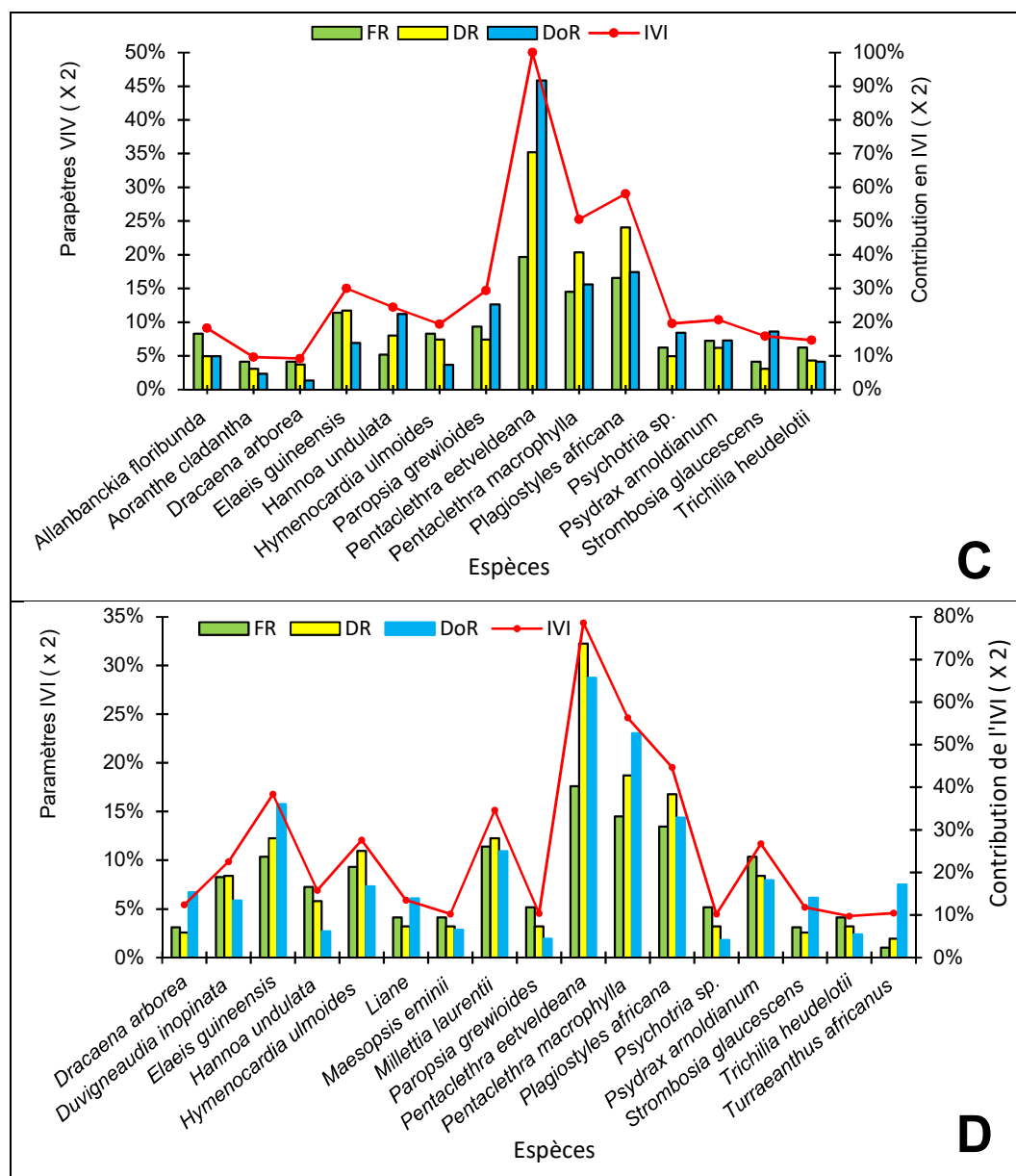
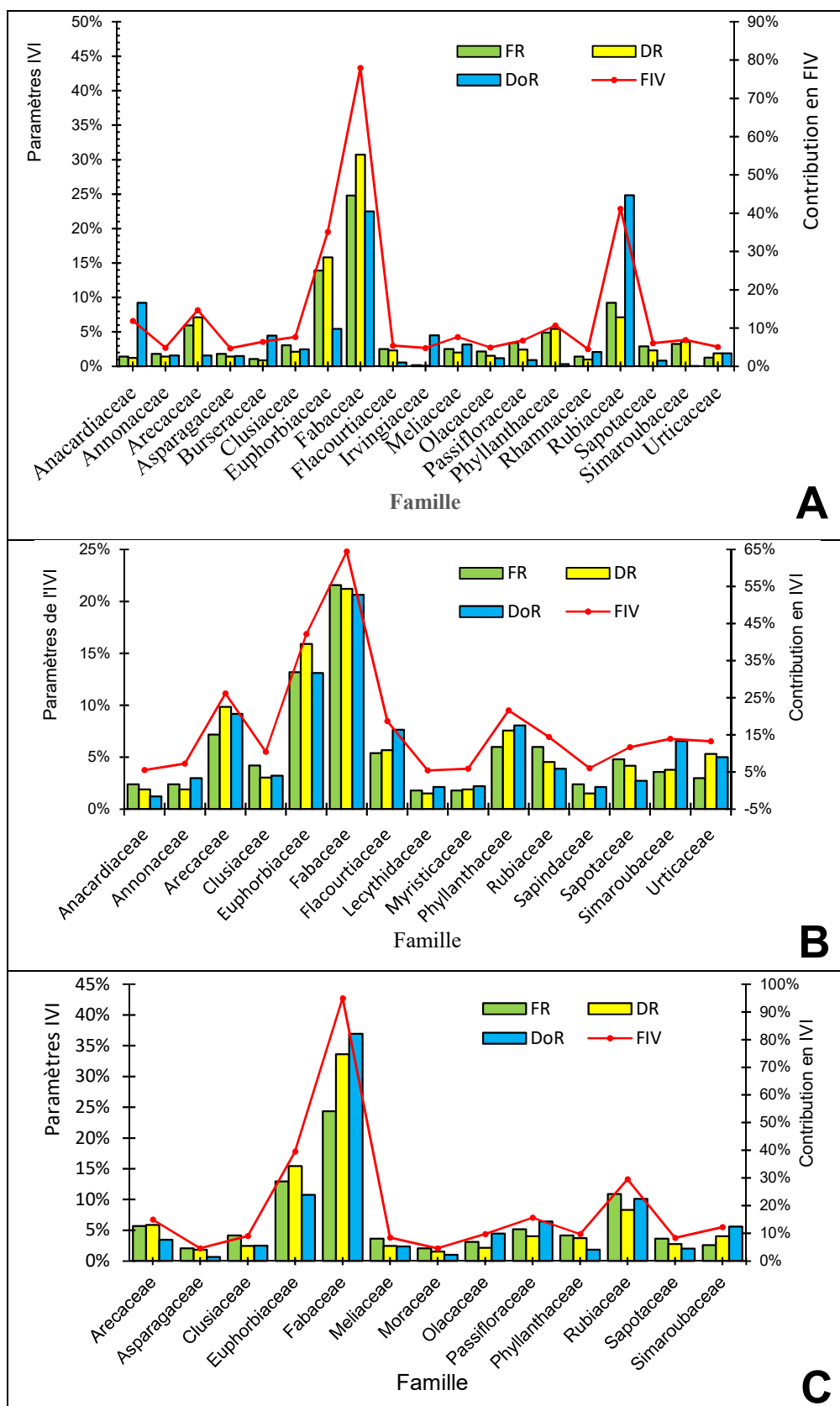
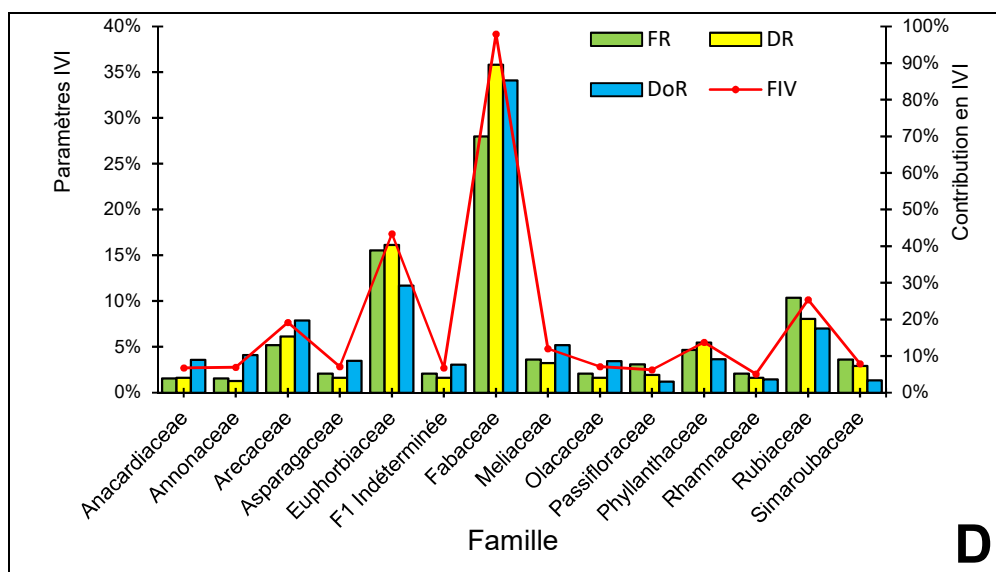


Fig. 11. Indice de valeur d'importance des espèces

Légende: Aire totale (A), relevé 1 (B), relevé 2 (C) et relevé 3 (D).





**Fig. 12. Indice de valeur d'importance des familles**

Légende : Aire totale (A), relevé 1 (B), relevé 2 (C), relevé 3 (D).

### 3.6.2 INDICE DE SHANNON ( $H'$ )

L'indice de Shannon moyen est de  $3,45 \pm 0,10$ , pour une diversité maximale ( $H'_{\max}$ ) de  $4,14 \pm 0,03$ . Cette donnée révèle que cet écosystème rassemble une forte diversité spécifique. L'indice d'équitabilité (Eq) est de  $0,83 \pm 0,02$  en moyenne, d'où une homogénéité spatiale des taxons au sein de la phytocénose (Tableau 2).

**Tableau 2. Étude comparée des indices de diversité biologique des relevés**

| Indices biologiques                | Relevés  |          |          | Moyenne $\pm$ ES |
|------------------------------------|----------|----------|----------|------------------|
|                                    | Relevé 1 | Relevé 2 | Relevé 3 |                  |
| Indice de Shannon ( $H'$ )         | 3,64     | 3,32     | 3,39     | $3,44 \pm 0,10$  |
| Diversité maximale ( $H'_{\max}$ ) | 4,2      | 4,13     | 4,09     | $4,14 \pm 0,03$  |
| Indice de Pielou (Eq)              | 0,87     | 0,80     | 0,82     | $0,83 \pm 0,02$  |
| diversité absolue ou vraie (N)     | 38       | 28       | 30       | $32 \pm 3,20$    |
| Quotient de Szymkiewicz            | 1,19     | 1,17     | 1,09     | $1,15 \pm 0,03$  |

### 3.6.3 DIVERSITÉ ABSOLUE OU DIVERSITÉ VRAIE : N

La diversité absolue moyenne de l'aire d'étude est de  $32 \pm 3,20$  (Tableau 2). Cependant le suivi minutieux des parcelles d'inventaire dévoilent des précisions mettant en lumière une variation dans la composition floristique.

### 3.6.4 INDICE DE GREEN (GI)

L'analyse de l'indice de Green ( $GI \leq 1$ ), révèle une répartition aléatoire des taxons sur la totalité de l'aire d'étude. Les valeurs de cet indice au sein des relevés varient de  $-0,06 \pm 0,02$  à  $-0,03 \pm 0,01$ . La valeur admise pour qu'une répartition soit déclarée grégaire étant de 1, la composition floristique à une distribution aléatoire dans tous les relevés.

### 3.6.5 DONNÉES DES COEFFICIENTS DE SIMILARITÉ

Le coefficient de similarité de Jaccard entre relevés, révèle une faible homogénéité dans la composition floristique. Le coefficient moyen entre relevés est de  $40 \pm 0,05\%$  pour un intervalle de valeurs variant de 30 à 47%. Cependant, le coefficient de Sorensen mettant en évidence les espèces rares, révèle en moyenne une ressemblance de la composition floristique des relevés de l'ordre de  $57 \pm 0,05\%$  pour des valeurs oscillant de 46 à 64%.

### 3.6.6 COEFFICIENT DE SKEWNESS

Au regard de la structure diamétrique, est défini comme petit arbre, les individus dont le dbh < 30 cm. Dans les trois relevés. La moyenne du coefficient de skewness variant de  $1,10 \pm 0,21$  à  $1,51 \pm 0,18$  par unité d'inventaire. Ces valeurs étant nettement supérieures à 0, elles sont synonymes d'une prédominance des d'individus de grand diamètre. D'où une faible proportion de la cohorte régénérative, représentée par les classes de diamètre 1 et 2.

## 4 DISCUSSION

### 4.1 ANALYSE PHYTOÉCOLOGIQUE

#### 4.1.1 LA DIVERSITÉ FLORISTIQUE

Les données de l'analyse floristique de la formation forestière de la Djoumouna, par unité de surface, montrent qu'elle est pauvre-spécifique pour une diversité floristique élevée. Les valeurs de la richesse spécifique et floristique sont nettement inférieures aux valeurs connues dans la sous-région [3], [4], [5], [8], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]. Comme toutes les forêts denses humides d'Afrique centrale, les valeurs associées sont bien en dessous de celles des forêts des bassins Amazonien et du Bornéo-Mékong [21]. En couplant les données de la phytodiversité et celles de l'indice de valeur d'importance (IVI et FIV), les marqueurs de cette formation ligneuse sont bien les Fabaceae avec *Pentaclethra eetveldeana* et *Pentaclethra macrophylla*. La prédominance des Fabaceae s'accommode aux observations de [30] stipulant de l'emprise des Fabaceae dans toute la zone pantropicale. En tenant compte des données environnementales, le déterminisme de la forêt périurbaine serait édaphique. Ses marqueurs l'authentifient comme un maillon des forêts mésophiles et tropophiles semi-caducifoliées étudiées au Congo [5]. Toutefois, elle est différente de la forêt Patte d'Oie dont elle partage le même milieu écologique.

La projection des sections des troncs au sol révèle une faible occupation de celui-ci par les ligneux. La valeur de la surface terrière de cette phytocénose est nettement inférieure à celles observées dans les forêts denses humides d'Afrique centrale. Néanmoins, elle est dans l'intervalle des valeurs des formations mésophiles et tropophiles du Congo [3], [4], [22].

L'analyse de l'équitabilité met en évidence toute absence de dominance particulière d'un taxon quelconque. Cette flore est répartie de manière homogène sur toute l'étendue de l'aire d'étude. Quant au coefficient de similarité, la comparaison entre les relevés dénote que la composition floristique n'est pas homogène, d'un relevé à un autre. L'absence de similarité entre les relevés est étayée par les valeurs de l'indice de Green nettement inférieures à 1.

#### 4.1.2 DISSÉMINATION DES DIASPORES ET DYNAMIQUE FLORISTIQUE

La connaissance des formations végétales requiert l'analyse de types de diaspores et leur dissémination [22]. La majorité des travaux réalisés en zone intertropicale montre la prépondérance des sarcochores à plus de 50% [5], [8], [31], [32]. Le taux très élevé des sarcochores confirme la sarcochorie, notamment la zoochorie, comme le mode principal de dissémination [3], [4], [5], [21].

Une observation des agents de dissémination, durant toute la période de collecte des données a révélé presque une quasi absence de la faune aviaire et mammalienne associée. L'action de l'agent de dissémination résultant d'une coévolution et d'un mutualisme entre la plante et l'animal [21], [33], [34], on comprend mieux l'hétérogénéité floristique au sein de cette formation et la caractérisation par les espèces ballochores comme *Pentaclethra eetveldeana* et *Pentaclethra macrophylla*. Le taux élevé des sarcochores (73 %) sur les anémochores est un indice corrélé au degré de la complexité structurale et d'évolution de l'écosystème. Comme soutenu par le quotient de Szymkiewicz, il étaye un haut niveau de stabilité fonctionnelle et de résilience atteint par cette phytocénose [35], [36], [37], [38], [39], [40].

### 4.2 RÉGÉNÉRATION NATURELLE

La forêt de la Djoumouna présente dans son ensemble un état de régénération naturelle satisfaisante. La structure diamétrique du peuplement est caractéristique des forêts sans perturbations majeures, qui maintiennent un rythme plus ou moins constant d'installation de semis [3], [4], [5], [22], [41], [42]. L'importance de la cohorte régénérative laisse supposer une forêt en pleine installation [5], [43].

L'analyse de la richesse floristique dans les classes de diamètre 1 et 2, dévoile d'importantes densités d'espèces pionnières, marqueurs des recrues forestiers. Ces taxons sont malheureusement destinés à disparaître rapidement au cours de l'évolution, en laissant place aux espèces caractéristiques des formations mésophiles semi-caducifoliées [3], [4], [5]. Le relevé 1 est dominé

par les espèces pionnières ayant les valeurs d'IVI les plus élevées (Figure 4). Ce sont des héliophiles à croissances rapides (*Elaeis guineensis*, *Hymenocardia ulmoides*, *Macaranga monandra*, *Caloncoba welwitschii*), caractéristiques des formations forestières secondaires jeunes, comme les dénomment [44]. Ces mêmes espèces, témoins des perturbations des écosystèmes forestiers, ont des faibles valeurs d'IVI dans les deux autres relevés (Figures 5 et 6). Les données renseignent sur l'état de dégradation avancée, associé aux actions anthropiques. À l'opposé, les relevés 2 et 3 ont une prédominance de semi-héliophytes à croissance moyenne (*Pentaclethra eetveldeana* ; *Pentaclethra macrophylla* ; *Plagiostyles africana*), et des essences caractéristiques de la forêt semi-décidue (*Dialium corbisieri*, *Millettia laurentii*, *Hannoa undulata*, *Staudtia kamerunensis*, *Albizia ferruginea*). Nonobstant le quotient spécifique de Szymkiewicz qui illustre que la florule a atteint la maturité, comme le soulignent [42] et [45], cette forêt se trouverait à un stade d'évolution que [44] qualifient de « groupement plus ou moins mixte ». Période durant laquelle, la forêt secondaire adulte et la forêt semi-décidue échangent aisément les éléments de leur cortège floristique. Quoique rivulaire, cette forêt se range parmi les forêts mésophiles semi-caducifoliées.

La structure erratique de la distribution diamétrique des principaux taxons spécifiques de cette formation ligneuse, traduit une mauvaise régénération. Les espèces longévives de cette forêt (*Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Hannoa undulata*, *Millettia laurentii*, *Psydrax arnoldiana*) présentent un mauvais recrutement au sein des classes de diamètre. Cette observation est soutenue par la valeur du coefficient de skewness qui met en évidence une proportion très élevée des tiges de grand diamètre par rapport à la cohorte régénérative. Les ruptures entre les classes de diamètre révèlent l'ampleur des actions anthropiques. Ces perturbations induisent une hétérogénéité floristique dont les conséquences discriminent trois faciès forestiers. Cette observation est étayée par l'absence d'une éventuelle aire minimale d'inventaire dans cet écosystème.

### 4.3 AFFINITÉS PHYTOGÉOGRAPHIQUES ET PHYTOSOCIOLOGIQUES DE LA FLORE

#### 4.3.1 ANALYSE PHYTOGÉOGRAPHIQUE DE LA FLORE

Les espèces propres au centre d'endémisme Guinéo-Congolais [46], [47], principalement du subcentre d'endémisme Bas-guinéen, représentent l'élément base qui scelle l'appartenance de la forêt de la Djoumouna aux forêts denses humides d'Afrique centrale. Ces données corroborent les études menées dans la sous-région par [48], [49], [50] en RDC ; [8], [3], [4] et [8] au Congo ; [23], [24], [51] au Cameroun. La nette dominance des espèces Bas-guinéennes et le faible taux d'éléments à large distribution marquent la nature autochtone de cette flore. En relation avec la chorologie de la région, l'aire de transition Guinéo-Congolo-zambézienne influence moins la composition floristique de la forêt de la Djoumouna [3], [4], [5].

#### 4.3.2 CONVERGENCES PHYTOSOCIOLOGIQUES

Analyse phytosociologique de la flore la forêt périurbaine de la Djoumouna est menée suivant le système proposé par [44] pour les forêts congolaises. Cette taxinomie réunit les écosystèmes à la limite des forêts sempervirentes de *Strombosio-Parinarietea*, et notamment de l'ordre des *Gilbertiodendretalia* et des forêts semi décidues de *Piptadeniastro-Celtidetalia* de l'alliance de l'*Oxystigmo-Scorodophloeion* [52]. La syntaxinomie reconnaît trois classes associées aux faciès forestiers : (i) la classe des *Mitragynetea* ; (ii) la classe des *Musangio-Terminalietea* avec les ordres du *Musangetalia* et du *Fagaro-Terminalietalia*, les alliances du *Musangion cecropioides* et du *Pycnantho-Fagarion* ; et (iii) la classe des *Strombosio-Parinarietela* avec les ordres du *Gilbertiodendretalia* et du *Piptadenio-Celtidetalia* de l'alliance du *Canarion schweinfurthii* [52], [53], [54], [55]. Ces données phytosociologiques correspondraient aux valeurs forestières connues [53], [54], [55], [56], [57], [58] et affirment l'hétérogénéité floristique de l'unité biogéographique. En dépit de l'absence de certains marqueurs de cette syntaxinomie, probablement suite aux activités anthropiques, on devrait avoir le *Piptadenio-Celtidetalia* avec l'*Oxystigmo-Scorodophloeion* d'une part, et le *Canarion schweinfurthii* d'autre part. L'ordre du *Gilbertiodendretalia* du *Strombosio-Parinarietela* très peu commun, est subordonné à l'écologie de *Gilbertiodendron dewevrei*. En fonction de la topographie du site, on note la présence d'un gradient d'humidité du sol décroissant de la rivière vers l'intérieur de la terre ferme.

## 5 CONCLUSION

La forêt de Djoumouna est une formation végétale fortement dégradé en cours de régénération. Au stade actuel des connaissances sur la diversité floristique de la forêt de la Djoumouna, un nouveau regard devra être porté sur la gestion de cet écosystème. La distribution phytogéographique de la flore se rattache au centre d'endémisme Guinéo-congolais, et particulièrement le subcentre d'endémisme bas-guinéen, constituant l'élément base. L'ampleur de l'effet anthropique est telle que plusieurs espèces caractéristiques de la forêt dense semi décidue d'Afrique centrale, ne sont représentées que par un individu à l'hectare. À l'instar de toutes les formations forestières tropicales, la dissémination des diaspores est sous la dépendance de la faune mammalienne et aviaire. La quasi absence d'animaux ; en dehors de quelques rares écureuils observés

et des oiseaux frugivores, aurait pour conséquences néfastes une régénération insuffisante de la florule. Les Fabaceae sont les marqueurs de cette formation ligneuse avec *Pentaclethra macrophylla* et *Pentaclethra eetveldeana*.

## RÉFÉRENCES

- [1] F. Koubouana, S. A. IFo, L. Mayitoukou and E.Ndinga, "Diversité floristique et dynamique de reconstitution de la forêt du parc zoologique sous plantation à Eucalyptus à Brazzaville ; Congo," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 10, n° 2, pp. 609-619, 2016. URL, DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.13>
- [2] Dutreuve B., 1997. Étude de foresterie urbaine en zone saharo-sahélienne: Nouakchott, Mauritanie. Mémoire de fin d'étude. Université de paris xii et CIRAD-forêt. Paris. 59
- [3] V. Kimpouni, P. Mbou, G. Gakosso and M. Motom, "Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 7, n° 3, pp. 1255–1270, 2013a.
- [4] V. Kimpouni, P. Mbou, G. Gakosso and M. Motom, "Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 7, n° 3, pp. 1255-1270, 2013b.
- [5] V. Kimpouni, P. Mbou, E. Apani and M. Motom, "Étude floristique des îlots forestiers naturels de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo," *Acta Botanica Gallica*, 2014. doi:10.1080/12538078.2013.870048 disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.2013.870048>
- [6] L. Makany, Végétation des plateaux Teke (Congo). Coll. Travaux Univ. Brazzaville, 1976.
- [7] R. F. C. Loumoua, Étude quantitative de la forêt à *Pentaclethra eetveldeana* De Wild. & Th. Durand de Mayitoukou (sous-préfecture de Goma Tsé-Tsé, département du pool). Université Marien Ngouabi, ENSAF, Brazzaville, 2014.
- [8] E. S. Miabangana, "Analyse floristique et phytogéographique de la forêt de la Djoumouna (République du Congo)," *Geo-Eco-Trop.*, vol. 40, n° 2, pp. 175-190, 2016.
- [9] E. S. Miabangana and Hondjuila Miokono, "Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques de la forêt de la Djoumouna (République du Congo). Les plantes médicinales," *Int. J. Pure App. Biosci.*, vol. 4, n° 1, pp. 310-325, 2016.
- [10] B. Descoings, Phytogéographie : esquisse phytogéographique du Congo. In: Atlas du Congo. ORSTOM, Bondy (1 carte couleur 1:2000000), 1969.
- [11] A. Aubréville, Climats, forêts et désertification de l'Afrique centrale. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 1949.
- [12] M.-J. Samba-Kimbata, Le climat du bas-Congolais. Université de Dijon, 1978.
- [13] M.-J. Samba-Kimbata and M. Mpounza, Végétation et faune du Congo. In: Atlas du Congo. Éditions J.A., 2001.
- [14] P. Vennetier, Atlas de la République populaire du Congo. Éditions Jeune Afrique, 1977.
- [15] B. Denis, Les sols de la région de Brazzaville. ORSTOM, 1970.
- [16] L. Pauwels, Nzayilu n'ti: Guide des Arbres et Arbustes de la Région de Kinshasa- Brazzaville. Jardin Botanique National de Belgique, 1993.
- [17] APG, "An updated of the Angiosperm Phylogeny Group classifications for orders and families of flowering plants: APG IV," *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 181, n° 1, pp. 1-20, 2016. Doi:10.1111/boj.12385
- [18] J. P. Lebrun and L. Stork, Énumération des plantes à fleur d'Afrique tropicale. Éditions des conservatoires et jardin botaniques de Genève, 4 volumes, 1991-2015. Disponible sur : <http://www.village.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>
- [19] F. Dallmeier, Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas, methods for establishment and inventory of permanent plots. Mab digest n° 11, UNESCO, 1992.
- [20] J. Lejoly, Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation). AGRECO-CTFT, 1993.
- [21] H. Puig, La forêt tropicale humide. Belin, 2001.
- [22] V. Kimpouni, E. Apani and M. Motom, "Caractéristiques écologiques et composition de la flore ligneuse de la région de Mindouli (Congo)," *J. Bot. Soc. Bot. France*, vol. 57, pp. 37-47, 2012.
- [23] C. F. Gonmadje, C. Doumenge, D. McKey, G. P. M. Tchouto, T. C. H. Sunderland, M. P. B. Balinga and B. Sonké, "Tree diversity and conservation value of Ngovayang's lowland forests, Cameroon," *Biodivers. Conserv.*, 2011. DOI 10.1007/s10531-011-0095-z.
- [24] T. C. H. Sunderland, J. A. Comiskey, S. Besong, H. Mboh, J. Fonwebon and M. A. Dione, Vegetation assessment of Takamanda forest reserve, Cameroon. In; J. A. Comiskey, T. C.H. Sunderland and Sunderland GJL (Eds.), *Takamanda: the Biodiversity of an African Rainforest*, Washington DC: Smithsonian Institution, pp. 19-53, 2003.
- [25] S. D. Dibong, N. Din and R. J. Priso, "Diversité floristique et structure des forêts entre la plaine littorale et le plateau sud camerounais," *Sci. Technol. Développ.*, vol. 10, n° 1, pp. 7-15, 2003.

- [26] D. Y. Ndjoku, 2014. Inventaire de la forêt urbaine de Kisangani (P.O./R.D.C). Rapport de stage de licence, département d'écologie et ressources végétales. Université de Kisangani, Faculté des sciences, 2014. Disponible sur : <http://www.memoireenligne.com>
- [27] J. Lisingo Wa Lisingo, Typologie des forêts denses des environs de Kisangani en RDC par une méthode d'analyse phytosociologique multistrat. Mémoire de DEA, département d'écologie et gestion des ressources végétales. Université de Kisangani, faculté des sciences, 2009. Disponible sur : <http://www.memoireenligne.com>
- [28] F. Boyemba, Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani. ULB, 2006.
- [29] B. Kanguja, Analyse de la diversité des ligneux arborescents des principaux types forestiers du nord-est de la réserve de biosphère de Luki (bas-congo, RDC). Université de Kisangani, 2009. Disponible sur : <http://www.memoireenligne.com>
- [30] R. Schnell, Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Vol. 2 : les milieux, les groupements végétaux. Gauthier-Villars, 1971.
- [31] S.-M. Nshimba, Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiyé à Kisangani, R. D. Congo. Université Libre de Bruxelles, 2008.
- [32] B. Sonké, "Forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun): Études floristiques et structurales," Meise, Jard. Bot. Nat. Belg., *Scripta Botanica Belgica*, vol. 32, pp. 1-144, 2004.
- [33] C. E. G. Tutin, E. A. Williamson, M. E. Rogers and M. Fernandez, "A case study of a plant-animal relationship: Cola lizae and lowland gorillas in the Lope Reserve, Gabon," *Journal of Tropical Ecology*, vol. 7, pp. 181-199, 1991.
- [34] V. Kimpouni, "Contribution à l'inventaire et à l'analyse de la flore ligneuse du plateau des cataractes (Congo-Brazzaville)," *Acta Botanica Gallica*, vol. 156, n° 2, pp. 233-244, 2009. doi:10.1080/12538078.2009.10516154 disponible sur : <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.2009.10516154>
- [35] M. Loreau, A. Downing, M. Emmerson, A. Gonzalez, J. Hughes, P. Inchausti, J. Joshi, J. Norberg, O. Sala, A new look at the relationship between diversity and stability. In: M. Loreau, S. Naeem and J. Inchausti (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*, Oxford University: Oxford, pp. 79-91. 2002.
- [36] E. M. Bond and J. M. Chase "Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales," *Ecology Letters*, vol. 5, pp. 467-470, 2002.
- [37] P. S. Giller and G. O'Donovan, "Biodiversity and ecosystem function: do species matter? Biology and Environment," *Proceeding of the Royal Irish Academy*, vol. 1028, n° 3, pp. 129-139, 2002.
- [38] M. C. Caldeira, A. Hector, M. Loreau and J. S. Pereira, "Species richness, temporal variability and resistance of biomass production in a Mediterranean grassland," *Oikos*, vol. 110, pp. 115-123, 2005.
- [39] G. M. Mikkelsen, "Diversity-stability hypothesis," 2009. Accessible au <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group3/gmikke/web/dsh.pdf>
- [40] T. J. Wallington, R. J. Hobbs and S. A. Moore, "Implications of current ecological thinking for biodiversity conservation: a review of the salient issues," *Ecology and Society*, vol. 10, n° 1, pp.1-15, 2005. (online). <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art15/>
- [41] C. M. Peters, Exploitation soutenue des produits forestiers autre que le bois en forêt tropicale humide: Manuel d'initiation écologique. Washington: Programme d'Appui à la Biodiversité, 1997.
- [42] C. Lubini Ayingweu, La végétation de la réserve de biosphère de Luki au Mayombe (Zaïre). Meise, Jardin Botanique National de Belgique, *Opéra Botanica Belgica*, vol. 10, pp. 1-155, 1997.
- [43] L. White and A. Edwards, Conservation en forêt pluviale africaine: méthodes de recherches. New York: Wildlife Conservation Society, 2001.
- [44] J. Lebrun and G. Gilbert, Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. INEAC, vol. 63, 1954.
- [45] C.-A. Boupoya-Mapikou, Flore et végétation des clairières intra forestières sur sol hydromorphe dans le parc national de l'Ivindo (Nord-Est Gabon). ULB, 2011.
- [46] F. White, "The Guineo-Congolian region and its relationships to other phytochoria," *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, vol. 49, pp. 11-55, 1979.
- [47] F. White, La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO, ORSTOM-UNESCO, 1986.
- [48] L. Kayumba, Étude écologique et phytosociologique du domaine de chasse de Bombo-lumene (Kinshasa/RDC), Fac. Sc. UNIKIN, 2005.
- [49] H. Belesi, Étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas – Kasai en RDC. Fac. Sc. Unikin, 2009.
- [50] J.-P. Habari Mulavwa, Étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation de Kinshasa et des bassins moyens des rivières N'djili et de N'sele en République Démocratique du Congo. Kinshasa, Université de Kinshasa, 2009.
- [51] B. Sonké, Études floristiques et structurales des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). ULB, 1998.

- [52] G. Cusset, La flore et la végétation du Mayombe congolais : état de connaissances. In: J. Sénéchal et al. (Éds.), *Revue des connaissances du Mayombe*. Paris : UNESCO, pp. 103-130, 1989.
- [53] M. Mosango, "La forêt secondaire âgée à *Zanthoxylum gillettii* de l'île Kongolo (Zaïre)," *Belg. Journ. Bot.*, vol. 124, n° 2, pp. 152- 166, 1991a.
- [54] M. Mosango, "Contribution à l'étude botanique et géochimique de l'écosystème forêt en région équatoriale (île Kongolo – Zaïre)," *Belg. Journ. Bot.*, vol. 124, n° 2, pp. 167-194, 1991b.
- [55] P. Van Asbroeck, L. A. Kouka et J. Lejoly, "Les associations végétales de ligneux dans la forêt à Marantaceae du Parc national d'Odzala (Congo-Brazzaville)," *Colloques Phytosociologiques*, vol. 27, pp. 383–97, 1997.
- [56] V. Kimpouni, "Premières données sur la diversité floristique de la forêt d'Aubeville (Congo-Brazzaville)," *Systematics and Geography of Plants*, vol. 78, pp. 47-62, (2008)
- [57] L. A. Kouka, "Étude floristique des forêts du parc national d'Odzala (Congo Brazzaville)," *Acta Bot. Gallica*, vol. 53, pp. 49-81, 2006.
- [58] L. A. Kouka, "Biotopes et diversité des groupes phytogéographiques dans le parc national d'Odzala (Congo - Brazzaville)," *Systematics and Geography of Plants.*, vol. 71, pp. 827-835, 2001.

## ELABORATION D'UN MODELE OPTIMAL DE PRODUCTION D'UNE ENTREPRISE INDUSTRIELLE ET SON IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE DANS LA VILLE DE BUKAVU : CAS DE LA BRALIMA SIÈGE DE BUKAVU

MINANI MUSOBWA Jonathan<sup>1</sup>, BAGALWA KALIMBIRO Blaise<sup>2</sup>, and NYAMAZI LUKOO Eustache<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant, ISP Kalehe, RD Congo

<sup>2</sup>ISTM Bukavu, RD Congo

<sup>3</sup>Assistant, ISP Bukavu, RD Congo

---

Copyright © 2018 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:** La présente étude se propose de présenter, d'analyser et d'émettre un avis sur l'impact socio-économique d'un modèle optimal de production d'une entreprise industrielle dans la ville de Bukavu. Les résultats de cette étude permettront au pouvoir public de mettre sur pied de mécanismes l'allègement de taxation car ces genres d'activités contribuent au développement économique et social de la ville de Bukavu en particulier et de la Province du Sud-Kivu et de la RDC en générale. La question principale de cette étude est la suivante : Quel est l'impact socio-économique d'un modèle optimal de production d'une entreprise industrielle dans la ville de Bukavu ? Nous avons avancé l'hypothèse selon laquelle le modèle optimal conduirait à la réalisation d'un bénéfice élevé et qui permettrait d'une part de créer d'autres investissements d'extension comme l'installation d'autres lignes de production à Goma et à Uvira et avec comme conséquence l'embauche d'une partie de la population et d'autre part le modèle conduirait à la disponibilité des produits Bralima sur le marché mais aussi l'accroissement du chiffre d'affaires des vendeurs de dépôts relais et avec comme conséquence l'accroissement de revenus et ces revenus permettraient de subvenir aux différentes charges familiales mais aussi déboucherait à la création d'autres petites activités génératrices de revenu. Ce travail a du recours aux méthodes quantitative et analytique. Cette étude a été menée dans la ville de Bukavu et portait sur la société Bralima. Après étude, le modèle a un impact social et économique dans la ville de Bukavu.

**KEYWORDS:** Modèle optimal, Impact, Rentabilité économique.

### 1 INTRODUCTION

Parler de la production dans les entreprises, c'est faire constamment référence à l'ensemble des biens et des services auquel l'activité des hommes a abouti, elle correspond cette fois au résultat de cette activité. Ainsi, donc, avant de produire, on se préoccupe beaucoup à des notions de flux : la notion de flux est synonyme de mouvement, d'évolution, de rapidité et donc d'efficacité.

D'une part, la préoccupation majeure quand on produit dans une entreprise, c'est la satisfaction des clients (les clients sont de plus en plus exigeants quant à la qualité, au prix, etc.). Toutefois, on doit veiller à ce que les coûts engagés s'amoinrent pour pouvoir espérer une marge bénéficiaire acceptable. Pour ce faire l'entreprise doit :

- Fluidifier et accélérer les flux physiques en évitant les pannes machines, en diminuant les temps de changement de série, en améliorant la qualité des pièces, en développant tant la polyvalence des hommes que le partenariat avec les fournisseurs et les distributeurs, en maîtrisant les flux de transports externes des produits, tout ceci dans le souci majeur de produire beaucoup et à moindres coûts ;

- Créer un système d'informations de gestion de production cohérent et pertinent par un dialogue et une mise au point pour connaître et répondre aux besoins et aux attentes de chacun dans le but d'éviter les retards de production qui conduiraient à des manques à gagner.

D'autre part, lorsqu'une entreprise met en place un produit, pour elle, l'ultime préoccupation est que le produit injecté sur le marché lui rapporte une marge bénéficiaire plus satisfaisante et plus optimale possible (une marge bénéficiaire qui rend minimal le coût total).

Ainsi, quels que soient le système politique et les opinions de chacun, la quête de la pérennité condamne l'entreprise à rechercher un niveau de rentabilité suffisant, compte tenu à la fois de la compétitivité de plus en plus agressive et des exigences croissantes du client.

Au lieu de considérer la relation classique : Coût de revient+marge bénéficiaire= prix de vente ; l'entreprise cherchera à s'appuyer sur la relation suivante : Prix de vente-coût de revient=marge bénéficiaire. Si ces deux relations sont équivalentes d'un point de vue mathématique, il en va tout autrement au plan de la philosophie de l'entreprise et de sa gestion de production et de sa productivité.

Les dirigeants savent que les décisions de bon sens ne suffisent plus : « les jours des dirigeants intuitifs sont comptés » dit Peter Drucker cité par Alain COURTOIS.

La présente étude a pour but de montrer qu'une entreprise de production peut trouver un niveau optimal de l'activité de production par la conception d'un modèle optimal de production malgré les multiples contraintes mais aussi monter l'impact socio-économique du résultat réalisé par le dit modèle dans la ville de Bukavu . La production est un processus long qui exige beaucoup de moyens tant humains que financiers. En fait, depuis quelques années, la maîtrise de la fonction « Production » devient le facteur essentiel de la rentabilité pour une entreprise de production.

La réalisation de richesse passe par une bonne organisation et une bonne planification de la production.

La nécessité impose donc à tout gestionnaire soucieux de l'évolution de son entreprise de bien comprimer ses charges et de maximiser ses recettes pour pouvoir espérer à une marge bénéficiaire suffisante et acceptable, de ce fait un modèle optimal de production s'avère indispensable.

## **2 METHODOLOGIE**

L'étude a été menée dans la ville de Bukavu, chef-lieu de la province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Pour être beaucoup plus clair, nos analyses ont porté sur la société Bralima siège de BUKAVU. Les informations récoltées concernaient:

- Le nombre des produits fabriqués par la société Bralima au cours de l'année ;
- La marge bénéficiaire réalisée sur chaque Hectolitre de type de produit fabriqué ;
- La quantité de matière première et matières consommables indispensables pour pouvoir fabriquer un hectolitre de type de produit fabriqué
- Les prix unitaires des matières premières et consommables nécessaires pour pouvoir fabriquer un hectolitre de produit donné
- Les ressources disponibles afin de produire différents produits par la Bralima au cours de l'année

Nous construirons deux modèles : l'un pour les bières et l'autre pour les boissons gazeuses, cette séparation se justifie par le fait que les bières et les boissons gazeuses n'ont pas les mêmes matières premières, consommables, etc.

La synthèse des informations recueillies se trouve condensée comme repris dans les tableaux du point 3.

### 3 PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

#### 3.1 LES MATIÈRES PREMIÈRES ET CONSOMMABLES POUR LES BIÈRES ET BOISSONS GAZEUSES (LES QUANTITÉS ET PRIX PAR HECTOLITRE)

##### 3.1.1 BIÈRES

|    | <i>Matières premières et consommables</i> |         |        |       | <i>En USD</i> | <i>En USD</i> | <i>En USD</i> |
|----|-------------------------------------------|---------|--------|-------|---------------|---------------|---------------|
|    |                                           | PRIMUS  | MUTZIG | TURBO | PRIMUS        | MUTZIG        | TURBO         |
| 01 | MALT PRINTEMPS <i>Kg/HL</i>               | 8,83    | 6,31   | 11,99 | 1,0354        | 1,0354        | 1,0354        |
| 02 | SUCRE <i>Kg/HL</i>                        | 1,8     | -      | 2,49  | 0,8           | -             | 0,8           |
| 03 | RIZ <i>Kg/HL</i>                          | 4,66667 | 5,2    | 6,33  | 0,690         | 0,690         | 0,690         |
| 04 | SOUDE CAUSTIQUE <i>Kg/HL</i>              | 0,177   | 0,177  | -     | 0,980         | 0,980         | 0,980         |
| 05 | EAU m <sup>3</sup> /H                     | 5,42    | 5,42   | 5,42  | 3,30          | 3,30          | 3,30          |
| 06 | ELECTRICITE kwh/h                         | 9,30    | 9,30   | 9,30  | 0,118         | 0,118         | 0,118         |

##### 3.1.2 BOISSONS GAZEUSES

|    | <i>Matières Premières et Consommables</i> |             |               | <i>EN USD</i> | <i>EN USD</i> |
|----|-------------------------------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
|    |                                           | <i>COCA</i> | <i>ORANGE</i> | <i>COCA</i>   | <i>ORANGE</i> |
| 01 | CONCENTRES <i>Kg/HL</i>                   | 0,052       | 0,051         | 216,335       | 159,967       |
| 02 | SUCRE <i>Kg/HL</i>                        | 10,99       | 10,99         | 0,73          | 0,77          |
| 03 | SOUDE CAUSTIQUE <i>Kg/HL</i>              | 0,550       | 0,550         | 0,980         | 0,980         |
| 04 | EAU m <sup>3</sup> /H                     | 5,42        | 5,42          | 3,30          | 3,30          |
| 05 | ELECTRICITE kwh/h                         | 9,30        | 9,30          | 0,118         | 0,118         |

Les matières premières et consommables choisies dans les tableaux ci-dessus sont ceux-là qui sont nécessaires pour fabriquer les bières et boissons gazeuses. Ces dernières nous aideront formuler les contraintes.

#### 3.2 LA MARGE BÉNÉFICIAIRE RÉALISÉE SUR CHAQUE HECTOLITRE DE TYPE DE PRODUIT FABRIQUÉ ET RESSOURCES DISPONIBLES POUR LA FABRICATION DES PRODUITS AU COURS DE L'ANNÉE

##### 3.2.1 A. MARGE BÉNÉFICIAIRE

|            | Marges bénéficiaires en \$ |
|------------|----------------------------|
| PRIMUS     | 32                         |
| MUTZIG     | 51                         |
| TURBO KING | 9                          |
| COCA       | 65                         |
| ORANGE     | 68                         |

##### 3.2.2 RESSOURCES DISPONIBLES POUR LA FABRICATION DES PRODUITS AU COURS DE L'ANNÉE EN USD

|                       | BIERES    | BOISSONS GAZEUSES |
|-----------------------|-----------|-------------------|
| MALT PRINTEMPS        | 3 476 125 |                   |
| SUCRE                 | 3 476 125 | 835 971           |
| RIZ                   | 1 259 410 |                   |
| SOUDE CAUSTIQUE       | 57 832    | 547 475           |
| EAU m <sup>3</sup> /H | 6 684 509 | 1 816 727         |
| ELECTRICITE kwh/h     | 410 130   | 111 466           |
| CONCENTRES            | -         | 994 368           |

### 3.3 FORMULATION DU MODÈLE

#### 3.3.1 PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE DU MODÈLE

La Bralima siège de Bukavu fabrique des boissons gazeuses et des bières. Plus d'une dizaine de produits sont écoulés sur le marché. Au cours de l'exercice 2009, elle a fabriqué 8 types de produits et compte les produire au cours de l'exercice 2010. L'unité de mesure de la production est exprimée en hectolitre.

Chaque hectolitre de type de produit a sa marge bénéficiaire

Nous construisons les contraintes technologiques relatives à la consommation des matières premières, aux matières consommables, à l'énergie (eau et électricité).

La capacité de production installée est de 15.000 hectolitres de boissons gazeuses par mois et 35.000 hectolitres de bières le mois. L'autre élément à souligner est que les états financiers prévisionnels pour 2009 reflètent une rentabilité qui est tout au moins égale à celle de l'an 2010.

Ici le grand problème est de savoir comment la Bralima peut maximiser son profit avec sa production annuelle.

Le nombre de variables de décision sera égal au nombre de type de produits fabriqués par l'entreprise (l'unité statistique sera exprimée en hectolitre). L'entreprise est confrontée à 6 contraintes pour les bières et 5 contraintes pour les boissons gazeuses:

- contrainte liée à la consommation des matières premières ce qui correspond à 3 contraintes pour les bières et 2 les boissons gazeuses;
- contrainte liée à la consommation des matières consommables, ce qui correspond à 1 contrainte pour les bières et 1 autre pour les boissons gazeuses ;
- contrainte liée à consommation de l'énergie (eau et électricité), ce qui correspond à 2
- contraintes pour les bières et les BG.

Nous construirons deux modèles : un pour les bières et l'autre pour les boissons gazeuses, cette séparation se justifie par le fait que les bières et les boissons gazeuses n'ont pas les mêmes matières premières, consommables, etc.

##### 3.3.1.1 MODÈLE POUR LES BIÈRES

Dans cette catégorie, nous avons : la bière PRIMUS, TURBO KING et la bière MUTZIG

$$\text{Max } Z = c_j x_j$$

$$j = (1...3)$$

Avec  $c_j$  : marge bénéficiaire pour un hectolitre du produit  $x_j$

Sous contraintes :

- des matières premières ;
- des matières consommables ;
- de l'énergie.

Avec la condition de non négativité :

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Pour:  $x_1$ = Primus

$x_2$ = Turbo King

$x_3$ = Mutzig

### 3.3.1.2 MODÈLE POUR LES BOISSONS GAZEUSES

Dans cette catégorie, nous aurons deux produits, qui sont fréquemment fabriqués : COCA-COLA et FANTA-ORANGE. Le choix pour ces deux produits se justifie par le fait que les boissons gazeuses utilisent les mêmes matières premières. L'application du modèle pour les deux produits sera aussi valable pour les autres produits BG.

$$\text{Max } Z = c_j x_j$$

$$j = (1 \dots 2)$$

Avec  $c_j$  : marge bénéficiaire pour un hectolitre du produit  $x_j$

Sous contraintes :

- des matières premières ;
- des matières consommables
- de l'énergie.

Avec la condition de non négativité :

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Pour:  $x_1$ = COCA-COLA et  $x_2$ = FANTA-ORANGE

### 3.3.2 PRÉSENTATION DU MODÈLE

#### 3.3.2.1 BIÈRES

$$Z_{\max} = 32x_1 + 9x_2 + 51x_3$$

$$S/C : 9x_1 + 12x_2 + 7x_3 \leq 3.476.125$$

$$1,44x_1 + 2x_2 + 0x_3 \leq 522.400$$

$$3,24x_1 + 4,4x_2 + 3,6x_3 \leq 1.259.410$$

$$0,2x_1 + 0x_2 + 0,2x_3 \leq 57.832$$

$$17,886x_1 + 17,886x_2 + 17,886x_3 \leq 6.684.509$$

$$1,0974x_1 + 1,0974x_2 + 1,0974x_3 \leq 410.130$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

$x_1$ = PRIMUS,  $x_2$ = TURBO KING et  $x_3$ =MUTZIG

Les contraintes ont été formulées en prenant les matières premières nécessaires et lesquelles on ne peut pas se passer pour fabriquer les bières. Nous retrouverons dans cette catégorie le malte, le sucre, le riz. Nous avons les standards de consommation des matières premières des bières (la quantité de malte, de riz ou de sucre consommée pour produire un hectolitre de bière : voir tableau 3.1a) multiplié par les prix unitaires de ces mêmes matières premières (voir tableau ci-dessus 3.1.a) pour avoir ce qu'un hectolitre des bières (Primus, Turbo King ou Mutzig) consomme en terme de valeur même procédure pour les Boissons Gazeuses.

#### 3.3.2.2 BOISSONS GAZEUSES

$$Z_{\max} = 65x_1 + 68x_2$$

$$S/C : 11,23x_1 + 8,16x_2 \leq 994.368$$

$$8,03x_1 + 8,472x_2 \leq 83.597$$

$$0,539x_1 + 0,539x_2 \leq 547.475$$

$$17,886x_1 + 17,886x_2 \leq 1.816.727$$

$$1,0974x_1 + 1,0974x_2 \leq 111.466$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

$X_1$ = COCA COLA et  $X_2$ = FANTA ORANGE

### 3.3.3 APPLICATION OU RÉSOLUTION DU MODÈLE

#### 3.3.3.1 BIÈRES

##### A. ALGORITHME DE RESOLUTION

La résolution du modèle se fera par la méthode de simplexe.

La méthode de simplexe procède par itération. Ainsi, la méthode du simplexe prend pour point de départ une solution économique de base. Cette solution économique fera l'objet d'amélioration par un processus appelé processus d'itération jusqu'à ce que la solution ne puisse être améliorée. La dernière solution obtenue est la solution optimale. Ainsi, donc, la résolution du modèle pour les bières donne:

| Cj        | Var                    | P.O             | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | A <sub>5</sub> | A <sub>6</sub> |
|-----------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0         | A <sub>1</sub>         | 3476125         | 9              | 12             | 7              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>2</sub>         | 522400          | 1,44           | 2              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>3</sub>         | 1259410         | 3,24           | 4,4            | 3,6            | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>4</sub>         | 57832           | 0,2            | 0              | <b>0,2</b>     | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>5</sub>         | 6684509         | 18             | 18             | 18             | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 0         | A <sub>6</sub>         | 410129          | 1,1            | 1,1            | 1,1            | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              |
|           | <b>Z<sub>max</sub></b> | <b>0</b>        | <b>32</b>      | <b>09</b>      | <b>51</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       |
| 0         | A <sub>1</sub>         | 1452005         | 2              | 12             | 0              | 1              | 0              | 0              | -35            | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>2</sub>         | 522400          | 1,44           | 2              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>3</sub>         | 218 434         | -0,36          | <b>4.4</b>     | 0              | 0              | 0              | 1              | -18            | 0              | 0              |
| 51        | X <sub>3</sub>         | 289160          | 1              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 5              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>5</sub>         | 1479629         | 0              | 18             | 0              | 0              | 0              | 0              | -90            | 1              | 0              |
| 0         | A <sub>6</sub>         | 115185,8        | 0              | 1,1            | 0              | 0              | 0              | 0              | -5,1           | 0              | 1              |
|           | <b>Z<sub>max</sub></b> | <b>14747160</b> | <b>-19</b>     | <b>09</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>-255</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>       |
| 0         | A <sub>1</sub>         | 856276          | 2,90           | 0              | 0              | 1              | 0              | -2,73          | 14,09          | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>2</sub>         | 423112          | 1,60           | 0              | 0              | 0              | 1              | -0,33          | 8,18           | 0              | 0              |
| <b>09</b> | <b>X<sub>2</sub></b>   | <b>49644</b>    | -0,08          | 1              | 0              | 0              | 0              | 0,23           | -4,09          | 0              | 0              |
| <b>51</b> | <b>X<sub>3</sub></b>   | <b>289160</b>   | 1              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 5              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>5</sub>         | 586035          | 1,47           | 0              | 0              | 0              | 0              | -4,09          | -16,36         | 1              | 0              |
| 0         | A <sub>6</sub>         | 64548,8         | 0,08           | 0              | 0              | 0              | 0              | -0,23          | -0,93          | 0              | 1              |
|           | <b>Z<sub>max</sub></b> | <b>15193956</b> | <b>-18,3</b>   | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>-2,5</b>    | <b>-210</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>       |

Comme il n'y a pas d'éléments positifs et non nuls sur la ligne Z<sub>max</sub>, c.-à-d. que la solution optimale ne peut pas être améliorée.

##### B. INTERPRETATION

Comme nous pouvons le remarquer, X<sub>1</sub> n'apparaît pas sur toutes les colonnes « variables », cela veut dire que, la quantité de Primus produite par la Bralima ne peut pas être améliorée. Bref, elle est maximale vu les ressources disponibles et les capacités productives des machines. Par contre, la Bralima peut seulement augmenter la production de Mutzig et de Turbo King respectivement de l'ordre de 289160 Hls et de 49 644 Hls pour avoir un bénéfice supplémentaire optimal de l'ordre de :

- Primus : 306 990 Hls : bénéfice : 9 148 898 = (306 990\*32)
- Turbo King : 49 644 Hls : bénéfice : 446 796
- Mutzig : 289 160 Hls : bénéfice : 14 747 160

### 3.3.3.2 BOISSONS GAZEUSES

#### A. ALGORITHME DE RESOLUTION

Cfr bières

| Cj        | Var                  | P.O                        | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub>  | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | A <sub>5</sub> |
|-----------|----------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0         | A <sub>1</sub>       | 994368                     | 11             | 8              | 1              | 0               | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>2</sub>       | 835971                     | 8              | 9              | 0              | 1               | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>3</sub>       | 547475                     | 0,5            | 0,5            | 0              | 0               | 1              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>4</sub>       | 1816727                    | 18             | 18             | 0              | 0               | 0              | 1              | 0              |
| 0         | A <sub>5</sub>       | 111466                     | 1,1            | 1,1            | 0              | 0               | 0              | 0              | 1              |
|           |                      | <b>Z<sub>max</sub> = 0</b> | <b>65</b>      | <b>68</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>        | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       |
| 0         | A <sub>1</sub>       | 251283                     | 4              | 0              | 1              | -0,9            | 0              | 0              | 0              |
| 68        | X <sub>2</sub>       | 92886                      | 0,9            | 1              | 0              | 0,11            | 0              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>3</sub>       | 501032                     | 0,06           | 0              | 0              | -0,056          | 1              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>4</sub>       | 144785                     | 2              | 0              | 0              | -2              | 0              | 1              | 0              |
| 0         | A <sub>5</sub>       | 9292                       | 0,12           | 0              | 0              | -0,12           | 0              | 0              | 1              |
|           | <b>Zmax</b>          | <b>6316248</b>             | <b>4,55</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>-7,55</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       |
| <b>65</b> | <b>X<sub>1</sub></b> | <b>62820,5</b>             | <b>1</b>       | <b>0</b>       | <b>0,25</b>    | <b>-0,225</b>   | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       |
| <b>68</b> | <b>X<sub>2</sub></b> | <b>36347</b>               | <b>0</b>       | <b>1</b>       | <b>-0,225</b>  | <b>0,3125</b>   | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       |
| 0         | A <sub>3</sub>       | 497263                     | 0              | 0              | -0,015         | -0,0425         | 1              | 0              | 0              |
| 0         | A <sub>4</sub>       | 19143,5                    | 0              | 0              | -0,5           | -1,55           | 0              | 1              | 0              |
| 0         | A <sub>5</sub>       | 1753,51                    | 0              | 0              | -0,03          | -0,093          | 0              | 0              | 1              |
|           | <b>Zmax</b>          | <b>6554928,5</b>           | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>-1,1375</b> | <b>-6,52625</b> | <b>0</b>       | <b>0</b>       | <b>0</b>       |

#### B. INTERPRETATION

La Bralima doit fabriquer 62 820,5 Hls de Coca-cola et 36 347 Hls de Fanta orange pour réaliser un bénéfice optimal de l'ordre de :  $[62820,5 \times 65 + 36347 \times 68] = 6\,544\,928,5$  \$.

Pour les autres boissons gazeuses, on procède de la même façon. L'application reste la même.

Il sied de faire remarquer que le bénéfice total devient :  $6\,544\,928,5\$ + 24\,342\,854\$ = 30\,887\,782,5$  \$.

### 3.4 COMPARAISON DU RÉSULTAT DU MODÈLE À CELUI DE LA BRALIMA

D'après les données recueillies au département de finance de la Bralima le bénéfice réalisé en 2009 était de l'ordre de **8 389 331,69** \$.

Partant de notre modèle, le bénéfice à réaliser est de l'ordre de **30 887 782,5\$**. Il se dégage une différence de  $30\,887\,782,5\$ - 8\,389\,331\$ = 22\,498\,450,81\$$ .

Partant de ce chiffre, il sied de faire remarquer que notre modèle de production devient plus rentable et plus efficace que le modèle appliqué par la Bralima.

### 3.5 IMPACT SOCIO-ÉCONOMIQUE DU MODÈLE DANS LA VILLE DE BUKAVU

Tout habitant de la ville de Bukavu reconnaît combien de fois les produits Bralima sont indispensables dans la vie quotidienne. Il arrive de fois que la Bralima n'atteigne pas la production voulue avec comme conséquence l'imposition du goût au consommateur qui conduit à la fuite de la clientèle car par exemple ceux qui ne consomment pas la Primus vont se contenter de consommer d'autres produits de substitution. Cette situation conduit à des manques à gagner faute de non diversification

des produits sur le marché. Avec le nouveau modèle, il sera recommandé d'installer d'autres lignes de productions afin de diversifier les produits sur le marché et de mettre fin à l'imposition du goût au consommateur avec comme conséquences:

- La disponibilité des produits en grandes quantités et en bonne qualité dans les points de ventes (dépôts relais Bralima) et avec comme conséquence la diversification des produits Bralima sur le marché et la réduction sensible des lamentations des clients quant aux différentes carences et l'imposition du goût aux consommateurs mais aussi la réduction sensible de la consommation d'autres produits de substitution d'une part et d'autre part accroître la part du marché mais aussi penser à l'installation d'autres lignes de production à Goma et à UVIRA qui conduiront à l'embauche d'une partie de la population dans la lutte contre le chômage. Aussi, vu le résultat du modèle, la Bralima peut améliorer les conditions socio-économiques de ses employés existants.
- l'accroissement du chiffre d'affaires des vendeurs de dépôts relais et avec comme conséquence l'accroissement de revenus et ces revenus permettront de pouvoir subvenir aux différentes charges familiales telles que le logement ou construction, le mariage, le paiement des frais scolaires, l'habillement, la nourriture, les frais médicaux, l'épargne, ou la création d'autres petites activités génératrices de revenu telles que l'élevage, le transport en commun (taxi voiture ou motos), etc.

#### **4 CONCLUSION GENERALE**

L'étude qui a porté sur l'élaboration d'un modèle optimal de production d'une entreprise industrielle et son impact socio-économique dans la ville de Bukavu, avait comme objectif de construire un modèle linéaire d'un programme de production en recherche opérationnelle permettant de minimiser les coûts et maximiser le profit sur la production optimale pour chaque type de produit fabriqué par la BRALIMA mais aussi de démontrer l'incidence sociale et économique du résultat du modèle dans la ville de Bukavu. Le modèle guidera les décisions du responsable de la planification en fournissant les niveaux de production optimaux pour pouvoir maximiser le profit.

Pour y parvenir, nos investigations ont eu comme cible la Société Bralima. Après analyse et interprétation des résultats de nos enquêtes, il s'est avéré que l'application du modèle optimal conçu est très importante d'autant plus qu'il peut conduire :

- A la maximisation du gain de l'entreprise ;
- A d'autres investissements d'extension comme l'installation d'autres salles de brassages (à Bukavu, à Uvira, à Goma) ;
- A l'embauche d'une partie de la population (lutte contre le chômage) ;
- A la suppression du temps de changement de série à la Bralima grâce à l'installation d'autres lignes de production ;
- A la diminution des temps d'entretien et de la non utilisation ;
- A la diversification du goût aux consommateurs et la réduction sensible de la consommation d'autres produits de substitution ;

L'accroissement du chiffre d'affaires des vendeurs de dépôts relais et avec comme conséquence l'accroissement de revenus leur permettant de subvenir aux besoins familiaux et la création d'autres petites activités génératrices des recettes.

L'état Congolais devrait soutenir ce genre d'initiatives par l'allègement de taxation car ces genres d'activités contribuent au développement économique et social de la ville de Bukavu en particulier et de la Province du Sud-Kivu et de la RDC en générale.

#### **REFERENCES**

- [1] BAILLARGEON, G. : La programmation linéaire, aide à la décision économique et technique, les Editions SMG, Trois-Rivières, 1976.
- [2] 2. COURTOIS A. et AL., Gestion de production, Edition d'organisation, Paris, 2003
- [3] 3. DAYAN, A et alii, Manuel de gestion, volume 2, 2<sup>ème</sup> édition, Edition Marketing S.A, Paris, 2004
- [4] 4. DOFORMAN, R. : Programmation linéaire et gestion économique, Dunod, Paris, 1962
- [5] 5. GAUJET, C et NICOLAS, C. : Mathématiques appliquées, initiation à la recherche opérationnelle, Dunod, 3<sup>ème</sup> édition révisée, Paris, 19.

