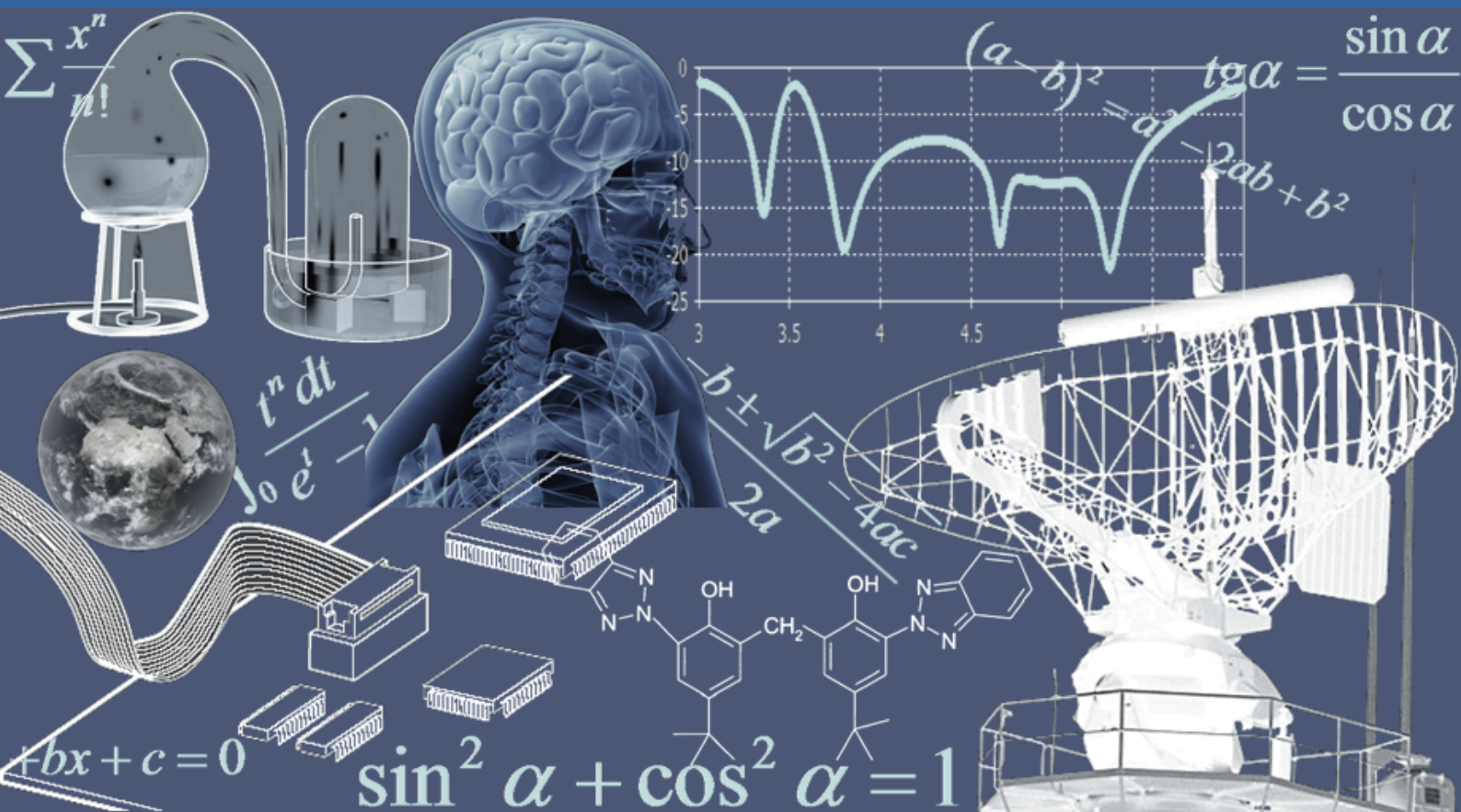


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 34 N. 4 November 2021



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Applied Studies***

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceuticals, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

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***

**Amir Samimi**, Ph.D. of Science in Chemical engineering, Process Engineer & Risk Specialist of Oil and Gas Refinery Company, Iran  
**Mahsa Ja'fari**, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran  
**Alin Velea**, Paul Scherrer Institute, Switzerland  
**Kamyar Hasanzadeh**, Aalto University, Finland  
**Ogbonnaya N. Chidibere**, University of East Anglia, United Kingdom  
**Oumair Naseer**, University of Warwick, United Kingdom  
**Wei Zheng**, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA  
**Hu Zhao**, University of Southern California, USA  
**Haijian Shi**, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA  
**Syed Ainul Abideen**, University of Bergen, Norway  
**Malika Maataoui**, Mohammed V University, Morocco  
**Fabio De Felice**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Giovanni Leonardi**, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy  
**Siham El Gouzi**, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain  
**Mohamed KOSSAÏ**, European Business School EBS Paris, France  
**Mustafa Batuhan AYHAN**, Marmara University, Turkey  
**Andrzej Klimczuk**, Warsaw School of Economics, Poland  
**Corinthias P. M. Sianipar**, Tokyo University of Science, Japan  
**Irfan Jamil**, Sinohydro Engineering, China  
**Sukumar Senthilkumar**, Chonbuk National University, South Korea  
**Bratu (Simionescu) Mihaela**, Bucharest University of Economic Studies, Romania  
**Mirela Maria Codescu**, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania  
**Milen Zamfirov**, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria  
**Svetoslava Saeva**, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria  
**Dimitris Kavroudakis**, University of the Aegean, Greece  
**Vaitsa Giannouli**, Aristotle University of Thessaloniki, Greece  
**Nataša Pomazalová**, Mendel University in Brno, Czech Republic  
**Hazem M. Shaheen**, Damanhour University, Egypt  
**Shalini Jain**, Manipal University Jaipur, India  
**Amin Jula**, National University of Malaysia, Malaysia  
**Mahdi Moharrampour**, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran  
**Ricardo Rodriguez**, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico  
**Yuniel E. Proenza Arias**, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba  
**Elizabeth Bissell Miller**, University of Missouri, Columbia  
**Bertin Désiré SOH FOTSING**, University of Dschang, Cameroon  
**Antonella Petrillo**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Hong Zhao**, The Pennsylvania State University, USA  
**Jianjun Chen**, The University of Chicago, USA  
**Shaju George**, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain  
**Chandrasekaran Subramaniam**, Kumaraguru College of Technology, India  
**Ilango Velchamy**, New Horizon College of Engineering, India  
**M. Kumaresan**, M.P.N.M.J. Engineering College, India  
**Mohammad Valipour**, University of Tehran, Iran  
**Mohameden Sidi El Vally**, King Khalid University, KSA  
**Mona Hedayat**, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA  
**Suresh Kumar Alla**, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA  
**Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari**, Babylon University, Iraq  
**Aziz Ibrahim Abdulla**, Tikrit University, Iraq  
**Khalid Mohammed Shaheen**, Technical College of Mosul, Iraq  
**Baskaran Kasi**, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia  
**Nurul Fadly Habidin**, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia  
**Adnan Riaz**, Allama Iqbal Open University, Pakistan  
**Syed Noor Ul Abideen**, KPK Agricultural University, Pakistan  
**Arab Karim**, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria  
**Zoubir Dahmani**, UMAB University of Mostaganem, Algeria  
**Mohsen Brahmi**, Sfax University, Tunisia  
**Mongi Besbes**, University of Carthage, Tunisia  
**Mai S. Mabrouk**, Misr University for Science and Technology, Egypt  
**Olfat A Diab Kandil**, Misr University for Science and Technology, Egypt

**Munir Ahmed G. Timol**, Veer Narmad South Gujarat University, India  
**Saravanan Vasudevan**, Arunai Engineering College, India

## Table of Contents

Young American's diet problem: A linear programming application	703-710
<i>Sawssan Boufous</i>	
Le travail en Afrique noire peut-il être un objet d'étude scientifique ?	711-720
<i>Raoul Nkuitchou Nkouatchet</i>	
Study of the bandwidth of an integrated micro-transformer	721-733
<i>M. A. Taha, A. Abderahim, O. B. Arafat, S. Capraro, P. David, and J. J. Rousseau</i>	
Radial and longitudinal variation of wood density and mixed equations for estimating biomass of pioneer species in secondary forests	734-744
<i>Samuel Severin Kenfack Feukeng, Olivier Clovis Kengne, Junior Baudoin Woukoue Taffo, Vivien Rossi, Roland Nnomo Douanla, Victor François Nguetsop, and Louis Zapfack</i>	
Fréquence de l'anguillulose chez les personnes vivant avec le VIH/Sida : Cas de l'Hôpital Général de Référence Pandji de Tshela, Territoire de Tshela, Province du Kongo Central en République Démocratique du Congo	745-749
<i>Nzuzi Phaka Bernadette</i>	
Propagande gouvernementale sur la télévision publique: Le Mode de nomination des responsables en question	750-757
<i>Abiatou Oumarou and Jean-Euloge Gbaquidi</i>	
Caméras pièges et monitoring de la faune dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière (RBT) du W Niger	758-768
<i>Yahou Harissou, Abdoulaye Amadou Oumani, and Mahamane Ali</i>	
Dispensing antibiotics for children in the City of Goma, DRC: A cross-sectional survey	769-778
<i>Emmanuel Busha Tibasima, Prudence Mitangala Ndeba, Olivier Vandenberg, and Baudouin Byl</i>	
Etude ethnobotanique des plantes médicinales traitant le diabète dans les communes de Kimbanseke & Selembao, Province de Kinshasa en République Démocratique du Congo	779-790
<i>Benjamin L. Mandjo, Patrick A. Dande, and Billin N. Iyuki</i>	
Etude sur la transmission culturelle des savoirs naturalistes parmi le peuple Ekonda dans un contexte de la division sexuelle du travail, Province de l'Equateur, en République Démocratique du Congo	791-802
<i>Benjamin L. Mandjo and Patrick A. Dande</i>	
Analysis of the perception of the scientific research ethics by academics: A case study from the University of Parakou, Benin Republic	803-813
<i>Adjovi Ingrid Sonya Mawussi, Kochoni Ranti, Idrissou Latifou, Assogba Claude Gervais, and Moumouni Moussa Ismail</i>	
Effet de la granulométrie de latérite sur la capacité épuratoire de réacteur garni de latérite et de sable	814-825
<i>A. Lydie C. Mangoua-Allali, Amidou Traore, Ali E. Kouadio, and Lacina Coulibaly</i>	
Les enjeux du journalisme provincial en période de transformations politiques	826-832
<i>Daniel Nsimba Bwanga</i>	
Intégration de l'approche psychosociologique de la communication dans la campagne de vaccination contre la Covid-19 en République démocratique du Congo	833-844
<i>Valery Ngoy Ndala, Benjamin Junior Ibimi Ngambun, Marie Mbantshiona Mundi, and Solange Mwanampulu Nda</i>	
Evaluation de l'efficacité du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) sous différentes pratiques de travail du sol en zone Sahélienne du Mali	845-857
<i>Aliou Badara Kouyate and Serme Idriss</i>	
Etude ethnobotanique des plantes médicinales vendues aux marchés de Kinshasa (RD Congo)	858-869
<i>Benjamin L. Mandjo, Jamelo B. Ifulu, and Patrick A. Dande</i>	
Profil glucidique et index glycémique du Dockounou : Un gâteau traditionnel à base de banane plantain sénéscente	870-877
<i>Kouamé Adam Camille, Aissatou Coulibaly, Abodo Rhedoor Jacko, N'Dri Yao Denis, and Amani N'guessan Georges</i>	
Adventices nuisibles de la culture de Manihot esculenta Crantz (Euphorbiaceae) dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire	878-887

Arnaud Freddy Yapi, Kra Frédéric Kouame, and Oueuga Florence Tialou

Composition et structure des peuplements ichtyologiques du fleuve Bandama dans la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (Centre-nord, Côte d'Ivoire) 888-895

Zamblé Bi Tah Thirolien, Allouko Jean-Renaud, Kressou Armand, and Bony Kotchi Yves

Dynamique de la germination et du développement des plants de *Piliostigma reticulatum* sous différents apports d'origine organique et minérale 896-905

Barthelemy Yélemou, Abdoulaye Tyano, and Mady Tiendrébéogo

## Young American's diet problem: A linear programming application

*Sawssan Boufous*

SWFREC, IFAS, University of Florida, USA

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

**ABSTRACT:** This study employs linear programming to find a healthy diet at minimum cost to avoid overweight and obesity that affect 9–18-year-old girls in U.S. The data includes the most consumed food in USA based on the USDA ERS data base, and nutrients that are selected from the Dietary Reference Intake Vitamins and Elements list: Protein, Calcium, Iron, Vitamin A, and Vitamin C.

**KEYWORDS:** Diet-problem, linear programming, USA, cost minimization.

### 1 INTRODUCTION

The nutrition problem is one of the most recurrent problems in the world ranging from the overweight in the US to underfed mothers in the third world (thesis). By nature, an individual doesn't necessarily know how to balance his diet, so it is essential to coordinate foods and their nutrients for planning nutritionally adequate diets.

From the early 30's and 40's, economists has been fascinated by the Diet Problem since it is a direct application of the constraint cost minimization procedure that is taught to students at all levels, and many mathematical methods are available which could perform the necessary calculations to find the changes to foods. The "Diet Problem" has a long history, whereas most solutions for comparable diet problems were developed in 2000 or later when more performing computers became accessible (Dooren, 2018).

The linear programming formulation of the diet problem demonstrates both the feasibility and the economic meaning of the notion of an adequate diet (Fare and Karagiannis, 2014).

Adolescence is a unique period that represents immense biological and socio-emotional development alongside with increased autonomy, thus, encouraging a healthy diet increase the probability to extend this practice to adulthood (Keats et al., 2018). In the United States, based on the 2013–2014 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 17.2% of children and adolescents aged from 2- to 19-year-old are obese and another 16.2% suffer from overweight. Thus, this study uses linear programming (LP) (Dantzig, 1963; Ignizio, 1982; Chvatal,1983) to address the problem of finding a healthy diet at minimum cost to avoid overweight and obesity that affects 9-18 years American girls. The food data used for this study is collected from the most consumed food in USA based on the USDA ERS data base (USDA ERS), and the nutrients considered are calories and 9 nutrients and elements that were selected from the Dietary Reference Intake Vitamins and Elements list: Protein, Calcium, Iron, Vitamin A, and Vitamin C.

### 2 BACKGROUND

The diet problem is one of the first optimization problems to be studied back in the 30's and 40's. The primal goal is to meet nutritional requirements while minimizing the cost. Many studies emerged in this area, but one of the first ones was George Stigler's work in 1945 that posed the following problem:

*“For a moderately active man (economist) weighing 154 pounds, how much of each of 77 foods should be eaten on a daily basis so that the man’s intake of nine nutrients (including calories) will be at least equal to the recommended dietary allowances (RDAs)<sup>1</sup> suggested by the National Research Council in 1943, with the cost of the diet being minimal?”.*

Stigler based this study on calories, protein, calcium, iron, Vitamin A, thiamine, riboflavin, niacin, and ascorbic acid. Using linear programming with trial and error, the result was an optimal yearly diet cost of \$39.93, that consists of 370 lbs. of wheat flour, 57 cans of evaporated milk, 111 lbs. of cabbage, 23LB of spinach and 285 lbs. of navy beans which responds to the nutritional requirements.

Almost a decade later, in 1947, his study was used by Jack Laderman from Mathematical Tables Project of the National Bureau of Standards to test George Dantzig’s simplex algorithm for linear programming, which gave a result of \$39.69, which is only 24 cents apart from Stigler’s optimal solution (Dantzig, 1990).

Since then, many studies developed diet problems and treated them from different aspects that extend or duplicate Stigler’s basic structure by using updated RDA’s values, prices or recalculated content of foods (Garner and Gass,2001).

Such as Smith’s diet problem (1963) which consists of a list of 73 foods that were commonly used by 176 families surveyed in the Lansing, Michigan area in 1955, subject to 13 constraints with bounds on fat and carbohydrate intake and upper bound on total calories. The recommended dietary allowances were set for a healthy and active family of two 45 year old adults and 18 year old daughter. His optimal solution was a daily cost of \$0.336 per person that refers to an annual cost of \$122.76 per person, comprising: milk (fresh, homogenized, plain), oleomargarine, fresh carrots, fresh potatoes, pork (picnic ham, cured butts), and flour (white, enriched).

We can also cite Beckmann’s work (1960), that used same Stigler’s nutrient amount but with updated RDA values to 1958, different food list and prices<sup>2</sup> and solved for both: a 45-year-old male, one at the 3000-calorie level and the other for 2200 calories. The optimal 3000 calories Beckmann diet included soybean meal, beef liver, lard, and frozen orange juice and had a daily cost of \$0.216 per day or an annual cost of \$78.99.

The literature is extensive, and we can cite many other diet-problem related studies such as Foytik (1981) who developed a least-cost diet using updated prices and 12 RDAs, Soden and Fletcher (1992), Hitomi (2015), and Darmon (2002).

### 3 DATA AND METHODOLOGY

#### 3.1 DATA

Our study gathers items from the five food groups as described by “The 2015-2020 Dietary Guidelines for Americans”:

- (1) Fresh Vegies
- (2) Fresh Fruits
- (3) Dairy
- (4) Grains
- (5) Proteins

Each group includes a variety of foods that are similar in nutritional makeup, and each group plays a key role in an overall healthy eating pattern. This classification simplifies dietary recommendations by focusing on foods instead of nutrients so, when individuals eat the recommended amounts, they can meet their nutritional needs without having to track dozens of individual nutrients.

That is, to make our first data selection, we used the “Packer 2017 Fresh Trends” that is based on the percentage of primary shoppers buying in the last 12 months in the U.S., to choose the most popular fruits and vegetables purchased, and we used the 2010 USDA ERS Food Availability (Per Capita) Data System and the Agricultural Research Service National Agricultural Library to find the most consumed food from dairy, grains and proteins food groups, to which we assigned its retail price based

---

<sup>1</sup> Where RDA’s are the levels of intake of essential nutrients that, on the basis of scientific knowledge, are judged by the Food and Nutrition board to be adequate to meet the known nutrient needs of practically all healthy persons” (National Research Council 1989).

<sup>2</sup> Food prices as found in Providence, Rhode Island in the fall of 1959

on the USDA ERS 2013 Data<sup>3</sup>, then, to simplify the calculation, we computed the average price of the items of each of the five food groups<sup>4</sup>.

For the use of our second data and following Stigler's work, we selected from the Dietary Reference Intake (DRIs) list: Calories, Iron, Protein, Vitamin C, Vitamin A, and Calcium, to which we allocated the lower bounds that correspond to the 9-18 years old girls range (table 1).

We should remind that it is not necessary for the individual to meet these allowances on average over a 5-8 day-period (Food and Nutrition Board, 1980, p 36).

**Table 1. Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Elements for 9-18 years girls**

Calcium (mg/d)	Calories (µg/d)	Vitamin A	Vitamin C (mg/d)	Iron (µg/d)	Protein
1,300	2350	700	65	15	40

### 3.2 METHODOLOGY

We used linear programming to find the minimum cost of the healthiest diet. The theory of linear programming is used to describe the interrelations of the components of a system and is concerned with scientific procedures for arriving at the best design, given the technology, the required specifications, and the stated objective, with respect to a certain assumptions of proportionality, nonnegativity, and additivity (Dantzig, 1968).

Before being used to solve Diet problems, this method has served industries and businesses by providing a novel view of operations, research in the mathematical analysis of the structure of industrial systems and being an important management tool to improve the efficiency of their operations (Dantzig, 1968).

Practically, linear programming minimizes a linear function (objective function) given a set of constraints (Snjadha et al., 2011), and for diet problem purpose, the objective function is the food expenditure subject to the constraints which are the required daily allowance of nutrients.

Our study follows Stigler's Diet problem formulation process with the aim to find the minimal cost of a healthy diet using linear programming. The objective is to minimize per capita per day food expenditure subject to the constraints of daily intake of calories, proteins, iron, calcium, vitamin A, and vitamin C.

The basic linear programming diet problem model is given by  $Min Cx$ , subject to  $AX \geq b$ ,  $X \geq 0$ , where  $c$  is a vector of prices for the foods  $X$ , each column of the matrix  $A$  contains the nutrient content of the corresponding food, and the vector  $b$  is the set of lower bounds for the RDAs. Let's specify that we set these constraints with lower limits because these nutrients are well tolerated in amounts that exceed the allowances by as much as two to three times, and a substantial proportion of the population commonly consume an excess over the RDAs for several nutrients without evidence of adverse effects (Food and Nutrition Board, 1980, p30).

The formulation of the final linear programming for our model is given by:

$$Min Total Cost \{Z\} = p_i x_i \quad (1)$$

subject to seven constraints:

- 1) Total Daily Calories requirements=  $ax_i \geq g$  (where  $g = 2350 \text{ kcal}$ )
- 2) Total Daily Proteins requirements=  $bx_i \geq h$  (where  $h = 40 \text{ mg}$ )
- 3) Total Daily Calcium requirements=  $cx_i \geq i$  (where  $i = 1300 \text{ mg}$ )
- 4) Total Daily Iron requirements=  $dx_i \geq j$  (where  $j = 15 \text{ mg}$ )
- 5) Total Daily Vitamin A requirements=  $ex_i \geq k$  (where  $k = 700 \text{ UI}$ )

<sup>3</sup> <http://supplementsos.com/nutrition-stats/most-consumed-foods/most-eaten-dairy-products-usa/>

Calculated by ERS, USDA from 2013 IRI Infoscan data; the USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26 (SR); and the 2009-2010 Food Patterns Equivalents Database (FPED) as well as the FPED's accompanying Methodology and User Guide.

<sup>4</sup> The group classification of foods follows USDA food classification

6) Total Daily Vitamin C requirements=  $fx_i \geq l$  (where  $l = 65 \text{ mg}$ )

7) And,  $X_j \geq 0$  (Non – negativity restriction),

where:

$Z$  = Per capita per day food expenditure,

$X_j$  = Decision variable, namely average per capita per day consumption of food group ( $j=1,\dots,5$ ), such as:  $x_1$  corresponds to vegetables,  $x_2$  corresponds to fruits,  $x_3$  corresponds to dairy,  $x_4$  corresponds to grains, and  $x_5$  corresponds to proteins.

$p_i$  = Market price per unit per food item consumed,

$a_{ij}$  = The  $i^{\text{th}}$  nutrient content of the  $j^{\text{th}}$  food item,

$b_i$  = Recommended dietary allowance of the  $i^{\text{th}}$  nutrient,

$I$  = corresponds to the six nutrients constraints (iron, calories, protein, calcium, vitamin A, vitamin C),

$j$  = 1, 2, ..., 5 food item.

The information for the  $A$  matrix were obtained from the weighted nutrients amount of each food group (Food and Nutrition Encyclopedia, pp.802-989). We are assuming two assumptions that under the ' $A$ ' matrix: all the items were to be consumed by the individuals in the quantities indicated, and the data used in the consumptions were both relevant and reliable, therefore the ' $A$ ' matrix should be generally applicable (Eckstein, 1983, p257).

Therefore, the matrices  $A$ ,  $X$  and  $b$ , for our case are given by:

$$A(*) = \begin{bmatrix} 144.65 & 229.74 & 676.94 & 1171.43 & 804.22 \\ 7.38 & 3.6 & 21.78 & 29.3 & 104.14 \\ 97.92 & 50.86 & 21.77 & 59.44 & 78.09 \\ 61.94 & 7.47 & 9.45 & 0.03 & 5.26 \\ 98.91 & 60.38 & 1.7 & 0 & 0 \\ 2.70 & 1.19 & 0.79 & 4.69 & 5.35 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} 2350 \\ 40 \\ 1300 \\ 15 \\ 700 \\ 65 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

(\*) The values in the matrix  $A$  are the average of nutrient amounts converted from milligram and microgram to pound to match the measurement unit of the food items.

#### 4 RESULTS

In this study, we found that for a daily cost of 13\$ (see output in table 2), a healthy diet that respects all the daily nutrients and calories intake could be attained. Moreover, this value means that with \$13.22 per day, a young girl can be provided by 0.23 lbs. of vegies and 21 lbs. of grains from the larger choice that is offered by the vegetables and grains food lists (see tables 2,3,4,5, and 6).

Table 2. List of most popular vegies in US ( $x_1$ )

Item	Price/lb	Calories	Protein	Calcium	Vitamin A	Vitamin C	Iron
Potato	0.56	77	2	12	2	19.7	0.8
Tomato	1.24	18	0.9	10	833	13.7	0.3
Onion	1.04	40	1.1	23	2	7.4	0.2
Carrot	0.74	41	0.9	33	1670	5.9	0.3
Lettuce	1.21	15	1.4	36	7405	9.2	0.9
Broccoli	1.64	34	2.8	47	623	89.2	0.7
Bell Pepper	1.41	20	0.9	10	370	80.4	0.3
Celery	1.11	16	0.7	40	449	3.1	0.2
Cucumbers	1.3	16	0.7	16	105	2.8	0.3
Corn	2.69	365	9	7	0	0	2.7
Mushrooms	3.41	22	3.1	3	0	2.1	0.5
Sweet Potato	0.92	86	1.6	30	1418	2.4	0.6
Spinach	3.83	23	2.9	99	9377	28.1	2.7
Green Cabbage	0.58	25	1.3	40	98	36.6	0.5
Green Beans	2.14	31	1.8	37	108	16.3	1
Cauliflower	1.23	25	1.9	22	0	48.2	0.4
Asparagus	3.21	20	2.2	24	756	5.6	2.1
MEAN	1.409429	31.89231	1.626462	21.58877	1365.647059	21.805882	0.595749

Table 3. List of most popular fruits in The U.S. ( $x_2$ )

Item	Price/lb	Calories	Protein	Calcium	Vitamin A	Vitamin C	Iron
Banana	0.53	89	1.1	5	64	8.7	0.3
Apples	1.57	52	0.3	6	54	4.6	0.1
Grapes	2.09	67	0.6	14	100	4	0.3
Strawberries	2.36	33	0.7	16	12	58.8	0.4
Oranges	1.04	47	0.9	40	225	53.2	0.1
Watermelon	0.33	30	0.6	7	569	8.1	0.2
Blueberries	4.73	57	0.7	6	54	9.7	0.3
Peaches	1.59	39	0.9	6	326	6.6	0.3
Cantaloupe	0.54	34	0.8	9	3382	36.7	0.2
Avocados	2.24	160	2	12	146	10	0.6
Pineapple	0.63	50	0.5	13	58	47.8	0.3
Cherries	3.59	50	1	16	1283	10	0.3
Pears	1.46	57	0.4	9	25	4.3	0.2
Raspberries	6.98	53	1.2	25	33	26.2	0.7
Blackberries	5.77	43	1.4	29	214	21	0.6
Plums	1.83	46	0.7	6	345	9.5	0.2
Nectarine	1.76	44	1.1	6	332	5.4	0.3
Grapefruit	3.59	42	0.8	22	1150	31.2	0.1
Mean	1.732154	50.65213	0.793672	11.2139	164.7396	13.31268	0.262604

Table 4. List of most popular Dairy in The U.S. ( $x_3$ )

Item	Price/lb	Calories	Protein	Calcium	Vitamin A	Vitamin C	Iron
Fluid Milk	0.41	42	3.4	125	47	0	0
Cheese	3.1	402	25	721	1002	0	0.7
Ice Cream	0.84	207	3.5	128	421	0.6	0.1
Butter	2.48	717	0.9	24	2499	0	0
Cottage Cheese	1.98	98	11	83	140	0	0.1
Yogurt	1.01	59	10	110	4	0	0.1
Sour Cream	2.99	193	2.1	110	623	0.9	0.2
Eggnog	0.77	88	4.6	130	206	1.5	0.2
MEAN	0.980954	149.24	4.805764	117.4246	208.4225	0.375	0.175

Table 5. List of most popular grains in The U.S. ( $x_4$ )

Item	Price/lb	Calories	Protein	Calcium	Vitamin A	Vitamin C	Iron
Wheat Flour		364	10	15	0	0	1.2
Rice	0.697	130	2.7	10	0	0	0.2
White Flour	0.52	364	10	15	2	0	4.6
MEAN	0.60203	258.255	6.463304	13.10371	0.66	0	1.03353

Table 6. List of most popular proteins in The U.S. ( $x_5$ )

Item	Price/lb	Calories	Protein	Calcium	Vitamin A	Vitamin C	Iron
Chicken	1.43	165	31	15	21	0	1
Beef	4.083	250	26	18	0	0	2.6
Pork	3.155	145	21	8	0	0	0
Turkey	1.558	189	29	14	39	0	1.1
Eggs	2.808	155	13	50	520	0	1.2
MEAN	2.40578	177.3034	22.96038	17.21513	116	0	1.18

The optimal choice: 0.23 lbs. of vegies and 21 lbs. of grains with no amount of other food groups, is a consequence of considering the mean of retail price of each group, and the mean of the nutrients, that have been used in the objective function "P", the matrices "A" and "b" calculation to simplify the linear programming application despite the own price or amount value of each element. The average price measures only the central tendency in a data and it is well-known that it is very sensitive to extreme values, which explains our results of zeros in fruits, dairy and proteins groups, and also in the daily cost amount.

It is believable that a vegan diet could seem healthy but a diet of 21 lbs. of grains is not reasonable, and studies show that cereal-based diets that are low in animal products, vegetables, and fruits cannot meet the nutritional recommendations for children (Brown 1991). That is, to fulfil the daily nutrients and calories intake requirement, a diet needs to contain elements from each of the five food groups.

## 5 CONCLUSION

The results of this study showed that linear programming can be used to assist in the formulation of nutritional recommendations with the use of data from local food consumption surveys. The findings confirms that with a daily cost of \$13, a healthy diet could be affordable for young American girls.

The applicability of linear programming depends on the validity of the nutritional constraints introduced into individual models ensuring that optimized diets meet the nutrient needs of most people in the population (Darmon N,2002). However, these constraints were based on assumptions that can be braved, such as: the population is healthy, nutrient requirements are independent, and the food-composition database is accurate.

The applicability and validity of linear programming in nutrition studies is determined by the availability of data for defining food consumption. In addition, for this study, we faced a lack of updated data and information of food consumption habits to ensure the palatability of the optimized diets, even though that the use of data may not be essential. For example, in Colombia, linear programming was used to identify a “food basket” providing a low-cost diet that supplied recommended energy and protein intakes for the average family where simple information on family food purchases was used to design this diet (Lareo, 1990). Similar pragmatic approaches could also be used, such as interviewing key informants or measuring the food consumption of a limited number of young girls from low-income families to quickly identify foods and the maximum quantities effectively eaten by young girls (Darmon, 2002).

By addressing young girls diet problem, this paper illustrates the linear programming method through one of its most famous application examples, that permits to represent a wide range of real-world situations in an easy, flexible and simple way. However, we believe that these optimal results can be improved by many ways such as: (1) each food element could be taken apart instead of considering the food group average, (2) evaluate the set of recommendations by using different sets of nutritional constraints based on recommendations from different committees to compare results, and (3) narrow the population targeted to a smaller age group.

## REFERENCES

- [1] Agricultural Marketing Service (AMS), Advertised Prices for Dairy Products at Major Retail Supermarket Outlets 12/16 to 12/27, National Dairy Retail Report, Dairy Market News Branch, USDA, Vol80, Number 52, December 26,2013.
- [2] Anjan Ghose, Method and system to determine a desirable diet, Int.CI, June 21,2007.
- [3] Brown KH, Dewey K, Allen L., Complementary feeding of young children in developing countries, World Health Organization, Geneva, 1998.
- [4] Brown KH. The importance of dietary quality versus quantity for weanlings in less developed countries: a framework of discussion. *Food Nutr Bull*, 1991; 13: 86–92.
- [5] Cheryl D.Fryar, Margaret D. Carroll and Cynthia L.Ogden, Prevalence of overweight and obesity among children and adolescents aged 2-19 years: united states, 1963-1965 through 2013-2014, Division of Health and Nutrition Examination Surveys, National Center for Health Statistics.
- [6] Daily Vitamin Intakes. [Online] Available: [www.nationalacademies.org/hmd/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRI-Tables/2\\_%20RDA%20and%20AI%20Values\\_Vitamin%20and%20Elements.pdf?la=en](http://www.nationalacademies.org/hmd/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRI-Tables/2_%20RDA%20and%20AI%20Values_Vitamin%20and%20Elements.pdf?la=en)
- [7] Dantzig, George B. “The Diet Problem.” *Interfaces* 20, no. 4 (1990): 43–47. <http://www.jstor.org/stable/25061369>.
- [8] Darmon N, Ferguson E, Briend A.,Linear and nonlinear programming to optimize the nutrient density of a population’s diet: an example based on diets of preschool children in rural Malawi, *The American journal of clinical nutrition*, 2002 February; 75 (2): 245-53.
- [9] Faiferlick, Christopher James Patrick Power, "Extensions of least-cost diets through linear programming: three essays", *Retrospective Theses and Dissertations*. (1985). 8691. <http://lib.dr.iastate.edu/rtd/8691>.
- [10] Food and Nutrition Board, Recommended Dietary Allowances, 10th edition, 1980.
- [11] Foytik, J.. “Very Low-Cost Nutritious Diet Plans Designed by Linear Programming.” *Journal of Nutrition Education* 13 (1981): 63-66.
- [12] George B.Dantzig, Linear programming and extensions, August 1963, R 366 PR,United States Air Force Project Rand.
- [13] Healthy US-Style Pattern-Recommended Intake Amounts. [Online] Available: [https://www.cnpp.usda.gov/sites/default/files/usda\\_food\\_patterns/NutrientProfiles.pdf](https://www.cnpp.usda.gov/sites/default/files/usda_food_patterns/NutrientProfiles.pdf)
- [14] Hitomi Okubo, Satoshi Sasaki, Kentaro Murakami, Tetsuji Yokayama, Naoko Hirota, Akiko Notsu, Mitsuru Fukui and Chigusa Date, Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for Japanese adults through the use of linear programming optimization models, *Nutrition Journal*, 2015.
- [15] Keats, Emily C., Aviva I. Rappaport, Shailja Shah, Christina Oh, Reena Jain, and Zulfiqar A. Bhutta 2018. "The Dietary Intake and Practices of Adolescent Girls in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review" *Nutrients* 10, no. 12: 1978. <https://doi.org/10.3390/nu10121978>.
- [16] L. J. Bassi, The Diet Problem Revisited, First Published October 1, 1976 Research Article.
- [17] Lareo LR, Gracia BN, Fajardo L, et al. From food basket to food security. The food factor in nutritional surveillance. *Arch Latinoam Nutr* 1990; 40: 22–43.
- [18] Meat Price Spreads. [Online] Available: <https://www.ers.usda.gov/data-products/meat-price-spreads/>.
- [19] Murphy SP, Yaktine AL, West Suitor C, et al., Child and Adult Care Food Program: Aligning Dietary Guidance for all, Institute of Medicine (US) Committee to Review Child and Adult Care Food Program Meal Requirements; editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011.

- [20] PM.Soden and LR Fletcher, Modifying diets to satisfy nutritional requirements using linear programming, *British Journal of Nutrition* (1992), 68; 565-572.
- [21] Rajeev A., Snigdha Parvathy Mohan, Pushpagiri, Optimized diet design using linear programming, *Medical Journal*, VOL 2, No.2, January-June 2011.
- [22] Ross AC, Taylor CL, Yaktine AL, et al., Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D, Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium; Washington (DC): National Academies Press (US), 2011.
- [23] Susan Garner Garille, Saul I. Gass, 2001, Stigler's Diet Problem Revisited. *Operations Research* 49 (1): 1-13.
- [24] Susan Garner Garille, Saul I. Gass, Stigler's Diet Problem Revisited, *Operations Research* 49 (1): 1-13. (2001) <https://doi.org/10.1287/opre.49.1.1.11187>.
- [25] The 2015-2020 Dietary Guidelines. [Online] Available: <https://health.gov/our-work/nutrition-physical-activity/dietary-guidelines/previous-dietary-guidelines/2015>.
- [26] The Most Consumed Dairy Products in the USA. [Online] Available: <http://supplementsos.com/nutrition-stats/most-consumed-foods/most-eaten-dairy-products-usa/>.
- [27] The Packer Fresh Trends.  
[Online] Available: <http://digitaledition.qwinc.com/publication/?m=40749&i=396233&p=6&ver=html5>.
- [28] VR Kiresur and Raghavendra Chourad, Nutrient intake optimization in Karnataka: a linear programming approach, *Agricultural Economics Research Review*, Vol28 (No1), January-June2015 pp147-156.  
DOI 10.5958/0974-0279.2015.00012.9.

## Le travail en Afrique noire peut-il être un objet d'étude scientifique ?

### [ Can work in Black Africa be an object of scientific study ? ]

*Raoul Nkuitchou Nkouatchet*

Equipe DIM – Maghtech – Axe 3, Labo. Clersé UMR 8019 CNRS, Bâtiment SH2, Cité scientifique, Université de Lille, 59650  
Villeneuve-d'Ascq, France

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

**ABSTRACT:** For a long time, work appeared to be *unthinkable* in sub-Saharan Africa, mainly because of the long exploitation of natural resources by the colonial powers, which made it something alien to human life. This is partly what justifies the questioning by an author who, some twenty years ago, wondered whether work could be an object of scientific study in the sub-Saharan context. The aim of this article is to answer this question. Through a review of the literature and a reasoning by analogy, we probe the situation in France at the end of the 19th and beginning of the 20th century, in order to feed a prospective reflection about work in sub-Saharan Africa today. Our main conclusion is that it is quite possible to isolate work from the daily experience of sub-Saharan Africans, and to make explicit the concepts with which one operates such an approach. This constitutes a scientific investigation of work.

**KEYWORDS:** work science, black africa, epistemology, institutions, policies.

**RESUME:** Le travail est longtemps apparu comme *impensable* en Afrique subsaharienne, en raison notamment de la longue exploitation des ressources naturelles par les puissances coloniales, qui en faisait quelque chose d'étranger à la vie des hommes. C'est en partie ce qui justifie l'interrogation d'une auteure qui se demandait, il y a une vingtaine d'années, si le travail peut être un objet d'étude scientifique dans le contexte subsaharien. L'objectif de cet article est de répondre à cette question. Grâce à une revue de la littérature et un raisonnement par analogie, nous sondons la situation de la France de la fin du XIX<sup>e</sup>-début XX<sup>e</sup> siècle, pour nourrir une réflexion prospective sur la situation du travail dans l'Afrique subsaharienne d'aujourd'hui. Notre principale conclusion est qu'il est tout à fait possible d'isoler le travail de l'expérience quotidienne des Subsahariens, et d'explicitier les concepts avec lesquels on opère une telle approche. Cette démarche constitue une investigation scientifique du travail.

**MOTS-CLEFS:** science du travail, Afrique noire, épistémologie, institutions, politiques.

## 1 INTRODUCTION

Au début des années 1950, Pierre Naville notait que l'Afrique subsaharienne est une terre à la fois inconnue et brûlante, où on trouve peu de documents et pas beaucoup de « penchant à enfermer dans des textes ce qui fait la matière d'une situation en plein mouvement » (Naville et al., 1952, p. 19). L'observation que faisait le sociologue reste d'actualité. L'exploitation des ressources naturelles pour les besoins des nations européennes a longtemps maintenu la vie laborieuse africaine en dehors du champ de l'analyse, car le travail se faisait exclusivement pour autrui (Ouédraogo et Fofana, 2009). Dans ce contexte et malgré une importance avérée de la question du travail, de l'emploi et du développement économique, d'aucuns estiment que le travail et les travailleurs de la région ne sont pas vraiment « à la mode » dans les sciences sociales (Chamoux, 1994; Roubaud et Torelli, 2013; Copans, 2014; BAD, 2020). Parce qu'il n'est très souvent que vaguement séparé des autres activités sociales,

n'apparaît pas clairement comme une valeur autonome, Monique Lakroum (2003, p. 43) ose une question incisive: « *le travail en Afrique noire peut-il être un objet d'étude scientifique ?* » La science procédant essentiellement d'un processus conscient de conceptualisation (Raffestin et Tricot, 1983), elle se demande s'il est possible d'isoler le travail de la vie quotidienne des Africains, de manière à expliciter les concepts avec lesquels il s'agit d'opérer une telle approche de la connaissance sur cet objet. L'étude scientifique du travail humain est ancienne, mais ce n'est qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle qu'on envisagea de mettre ce savoir au service du développement économique dans un pays comme la France. Ce décalage s'explique par l'histoire de l'organisation industrielle et du salariat. Certains auteurs interprètent le programme de ce qu'on appelait alors l'ergologie, comme une tentative de *chosification* du corps dans le but de le transformer en instrument du profit capitaliste, ou encore de support du contrôle disciplinaire de l'État (Saraceno, 2014). Aussi, le contexte social et politique qui s'incarne dans la création, en 1906, du ministère du Travail, permet de concevoir les bénéfices que la collectivité pourrait tirer de l'application d'une telle science à l'industrie (Vatin, 2008; Le Bianic, 2004). Bien que le projet d'une science sur cet objet apparaisse comme typique de la fin du positivisme, « l'étude de l'évolution et de l'échec de cette science fournit des outils » pour une discussion des enjeux épistémologiques, sociaux et politiques du travail à notre époque (Saraceno, 2014, p. 253). La tentative a certes échoué à fournir, comme elle y prétendait, des bases scientifiques neutres et rigoureuses pour arbitrer les conflits du travail, mais elle mérite une étude attentive, tant par ce qu'elle exprime de la réflexion sur le travail que de ce qu'elle dit du niveau de développement de la société (Vatin, 2008). Surtout, dirons-nous, dans des sociétés encore en transition vers l'industrie, comme c'est le cas dans la majeure partie de l'ASS.

On sait que « l'étude du monde du travail qui a accompagné le progrès de l'industrialisation en Occident est très dense » (Manvoutouka Roth, 2019, p. 8). C'est ainsi que des méthodes d'investigation scientifiques peuvent contribuer à sortir le travail d'une vision anthropologique, relativiste et politiste très largement en vigueur chez les chercheurs africains (Ouédraogo et Fofana, 2009; Vatin, 2011). Car, au-delà d'une « faiblesse globale des sciences sociales en Afrique subsaharienne », la question de l'utilisation des mêmes outils intellectuels que ceux qui servent à décrire les mondes du travail dans les pays industrialisés les plus avancés se pose. Le terrain africain gagnerait à bénéficier des méthodes d'investigation du travail adaptées aux réalités de la région, exactement comme on peut parler d'une sociologie française du travail, d'une approche britannique des questions du travail et des relations industrielles. Il s'agit d'une « sociologie qui rend compte des configurations singulières observées *hic et nunc* dans les pays africains » (Vatin, 2011, p. 282). C'est d'ailleurs cette invitation plus générale que fait Valentin-Yves Mudimbé, lorsqu'il dit que c'est par les sciences humaines et sociales qu'on peut saisir les tensions, « re-analyser pour notre compte les appuis contingents et les lieux d'énonciation, de savoir quel nouveau sens et quelle voie proposer à nos quêtes pour que nos discours nous justifient comme existences singulières engagées dans une histoire; prendre la parole et produire différemment » (Mudimbe, 1973, p. 35; Kalulu, 2000).

En procédant par une revue de la littérature, nous discuterons de manière un peu prospective de l'opportunité d'une approche plus méthodique, rigoureuse et ambitieuse des questions liées au travail humain dans la région. Aussi, grâce à un raisonnement par analogie, qui « consiste à mettre en relation un cas connu (la source) et un nouveau cas, moins bien connu (la cible), afin de faciliter la résolution ou la compréhension de la cible » (Ripoll & Coulon, 2001, p. 290), nous sonderons la situation de la France de la fin du XIX<sup>e</sup>-début XX<sup>e</sup> siècle, afin de nourrir la réflexion sur l'Afrique subsaharienne d'aujourd'hui. Etant donné sa fonction heuristique, sa capacité de suggestion et son rôle d'outil de découverte (Gineste, 1997; Leplat, 2002), cette méthode nous permettra d'explorer les propositions de ce qu'on a pu appeler la « science du travail » en France, en faveur de la situation plus hypothétique du travail en Afrique noire. Nous le ferons en trois temps. D'abord, parlant des sciences du contexte (Passeron, 1991; Merchiers & Troussier, 1988; Vatin, 2008), nous présenterons les difficultés de faire du travail un objet d'étude scientifique dans la région (2). Ensuite, il sera temps d'aborder quelques jalons épistémologiques d'une telle science (3). Enfin, et en nous appuyant sur le cas français, nous verrons quelles ressources institutionnelles et politiques ont besoin d'être mobilisées pour qu'une investigation scientifique du travail soit envisageable (4).

## 2 DES DIFFICULTÉS DE FAIRE DU TRAVAIL UN OBJET D'ÉTUDE SCIENTIFIQUE EN AFRIQUE

L'état du marché du travail a toujours constitué une préoccupation majeure pour les acteurs nationaux et les partenaires internationaux des pays d'Afrique subsaharienne (Thiaw & Cabral, 2019; Rospabé et al., 2005). Un peu partout dans la région, l'économie est essentiellement informelle, structurellement stagnante, dispose d'un faible niveau général des qualifications, avec une main-d'œuvre surabondante, marquée par l'arrivée chaque année de millions de nouveaux candidats à l'emploi (BAD, 2020). La précarité et l'hétérogénéité des acteurs et des unités de production rendent l'étude du secteur informel aussi riche que complexe. Pourtant, identifier et comprendre les blocages que présente ce secteur est d'une importance majeure pour la promotion du développement et l'émergence du continent (Berrou & Eekhout, 2019). Traiter du secteur informel en ASS est une autre façon d'aborder le dualisme du marché du travail. A de nombreux points de vue, ce secteur peut apparaître comme une meilleure alternative que le secteur formel; car certaines de ses activités sont préférables aux emplois du secteur formel (Flayols, 2015). L'informel permet à des millions de Subsahariens de survivre, mais il peine à apporter quelque chose de décisif

à la structuration de l'économie; même si en renversant la perspective, on peut prendre les activités informelles pour une modalité temporaire et imparfaite du développement (Lachaud et Penouil, 1986).

De l'Angleterre du XVIII<sup>ème</sup> siècle jusqu'aux plus récents tigres asiatiques, les faits conduisent souvent à considérer le développement comme synonyme d'industrialisation. De manière générale, la notion de changement structurel peut se définir comme le redéploiement de l'activité économique entre grands secteurs (agriculture, industries extractives, industries manufacturières et services). Plus précisément, un changement structurel traduit la réorientation de l'activité économique, des secteurs les moins productifs vers des secteurs plus productifs. Dans cette perspective, le secteur industriel (manufacturier) est appelé à jouer un rôle prépondérant de par ses importants effets de diffusion sur le reste de l'économie. Il présente un plus fort potentiel de création d'emplois que les autres secteurs. Si l'industrie manufacturière a traditionnellement été la première source d'innovation et de développement technologique dans les économies modernes, elle génère également de forts effets de diffusion, ce que les économistes appellent des externalités positives. Les liaisons en amont et en aval avec les autres secteurs sont particulièrement importantes, facilitant la diffusion des progrès de productivité à l'ensemble de l'économie (Rodrik, 2016; Berrou & Eekhout, 2019). Dans la plupart des pays aujourd'hui développés, la transformation structurelle a pris historiquement la forme d'un transfert de ressources du secteur primaire au secteur secondaire, puis tertiaire. Mais l'Afrique sub-saharienne semble avoir « contourné » le secteur secondaire. En effet, qu'il s'agisse d'emplois ou de valeur ajoutée, le secteur manufacturier ne s'est jamais réellement développé en ASS. Malgré l'amélioration récente du climat des affaires, peu de pays de la région offrent des conditions attractives aux investisseurs du secteur manufacturier par rapport aux localisations alternatives, en particulier en Asie du Sud-Est. Ainsi, avec une part moyenne dans l'emploi total de l'ordre de 7%, le secteur manufacturier ne semble pas constituer le gisement d'emploi qu'il a été pendant la phase d'industrialisation de la plupart des nations industrialisées d'aujourd'hui. Cela rend d'autant plus difficile l'absorption des entrants sur le marché du travail (Cadot et al., 2016).

L'amélioration des performances économiques des dernières années n'a pas suffi à créer les conditions d'un développement économique et social inclusif, notamment en raison du dynamisme démographique dans la plupart des pays (Boutin, 2010; Thiaw & Cabral, 2019). Les problématiques du travail étant inséparables des problèmes démographiques (Naville et al., 1952), la question critique de l'emploi auquel font face les gouvernements provient de la combinaison d'une démographie très dynamique (nombre de pays ont des taux de croissance annuelle de la population de l'ordre de 3%) et du formidable réservoir de main-d'œuvre excédentaire de l'agriculture, celle-ci employant encore la moitié de la force de travail en ASS. Si la transition démographique est nettement plus avancée dans les sous-régions d'Afrique du Nord et d'Afrique australe, le reste du continent, qui représente 90 % de la population totale, détient le record mondial de la fécondité, avec 5,5 enfants par femme, contre 6,7 en 1980. L'augmentation rapide de la population, projetée à plus de 1,3 milliard en 2030, devrait se traduire par une croissance de plus de 50 % des arrivées de jeunes sur le marché du travail. Actuellement, la population active de la région, mesurée par le nombre de personnes âgées entre 15 à 64 ans, augmente chaque année de 17,5 millions. Ce chiffre devrait atteindre 27 millions en 2030. La formulation de politiques de formation et d'emploi efficaces et la capacité des systèmes économiques à offrir des opportunités d'emplois décents et productifs se trouvent au cœur de ces défis économiques (Beaujeu et al., 2011). La transition démographique de l'ASS se trouve ainsi au centre des enjeux économiques. Malgré les progrès réalisés au cours des dernières décennies, le continent reste à la traîne des autres régions émergentes en matière d'éducation et de développement des compétences. Quel que soit leur revenu, la plupart des pays africains affichent un niveau d'instruction plus faible que celui des autres régions, tant sous l'aspect quantitatif (mesuré par la durée moyenne de scolarisation) que qualitatif (mesuré par les scores des tests ou par le niveau de scolarité « pondéré par la qualité »). En raison de la faible qualité de l'éducation, sa contribution à la croissance de la productivité du travail au niveau macroéconomique est limitée, de même que la médiocre complémentarité entre le capital humain et le capital physique constitue un frein dans cette perspective. Aussi, les compétences et l'éducation de la main-d'œuvre ne sont que rarement utilisées de manière adéquate sur le marché du travail. Toutes choses qui ont des effets néfastes sur les salaires, la satisfaction au travail et la recherche d'emploi (BAD, 2020).

Alors que les problèmes liés à l'emploi sont au cœur des débats sur les politiques économiques et au centre des préoccupations des ménages africains, on ne disposait jusqu'à une date récente d'aucun diagnostic du marché du travail à une échelle régionale. Cette absence tient avant tout au déficit d'information primaire, car très peu de pays africains disposent d'indicateurs d'emploi. Dans la base de données LABORSTA du Bureau international du travail (BIT) sur les statistiques du travail, les taux de chômage ne sont présentés que pour dix pays africains. Pire encore, quand ces indicateurs existent, on trouve des différences dans les définitions opérationnelles, la couverture, la période et le type de source primaire (enquêtes monde/recensements), qui rendent ces indicateurs difficilement comparables d'un pays à l'autre. C'est ainsi que différentes sources peuvent conduire à des diagnostics opposés sur l'emploi (Roubaud et Torelli, 2013). La multiplicité de ces définitions et l'extrême hétérogénéité de la réalité du travail dans la région sèment la confusion et représentent un obstacle important à la mise en place de politiques économiques pertinentes. A cela, il faut ajouter des difficultés majeures liées aux insuffisances

des cadres théoriques existant (Berrou & Eekhout, 2019; Zerbo, 2006). Les indicateurs traditionnels du marché du travail ne parviennent pas à saisir les caractéristiques distinctives des pays en développement (PED), ainsi que la manière dont ces marchés s'ajustent. L'absence d'assurance-chômage, l'importance de l'emploi dans le secteur informel, la faiblesse de la régulation par l'État, entre autres, impliquent que les indicateurs de quantité (mesurés par le taux de chômage) soient moins pertinents. Dans ce contexte, les changements de la qualité de l'emploi semblent jouer un rôle important, même si aucun indicateur officiel ne capture cette dimension (Roubaud et Torelli, 2013).

La plupart des individus en Afrique subsaharienne recherchent un emploi en passant par leurs amis, leurs parents ou leurs connaissances. Approcher la famille et les amis reste la démarche de recherche privilégiée de la majorité des chômeurs dans la région. Dans une enquête récente dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, moins de 10 % des jeunes chômeurs sont enregistrés dans une agence pour l'emploi afin de trouver du travail, et à peine 15,4 % utilisent l'approche plus formelle de répondre à des offres d'emploi (Elder et Siaka, 2014). L'absence de respect de la réglementation par le secteur informel crée une porosité entre ce secteur et l'inactivité, de sorte que la frontière entre activité et inactivité est floue et rend en partie invalide la notion de chômage, au sens habituel du terme tel que défini par le BIT. À défaut de chômage, on peut parler de sous-emploi ou d'emploi médiocre. Par exemple, selon les enquêtes 1-2-3, au début des années 2000, dans les capitales des sept pays francophones de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA), seuls 35 % des travailleurs occupés étaient salariés, les autres 65 % étant des travailleurs indépendants (petits patrons ou travailleurs à leur propre compte), qui avaient créé leur propre emploi, ou des auxiliaires familiaux non rémunérés. Rechercher un emploi revient souvent à s'appuyer sur un réseau informel pour recueillir les informations et le capital nécessaires au démarrage d'une petite activité de service ou de commerce sans échoppe (Roubaud et Torelli, 2013; Boutin, 2010). Une autre caractéristique du marché du travail dans la région est le poids du secteur public qui, dans certains pays et certaines zones urbaines, peut employer entre un actif sur trois et un actif sur cinq; le secteur privé formel y étant donc réduit à la portion congrue (Kuépié, Nordam, 2013). Toutes ces particularités et autres difficultés du contexte du travail en Afrique subsaharienne, rendent une approche scientifique du travail exigeante, acrobatique, mais plus que nécessaire.

### 3 QUELQUES JALONS ÉPISTÉMOLOGIQUES

L'objet d'une recherche consiste en la question générale que le chercheur s'efforce de satisfaire, l'objectif qu'il s'agit d'atteindre. C'est en quelque sorte la réponse à la question: « *Qu'est-ce que je cherche ?* » Élément clé du processus de l'enquête, l'objet traduit et cristallise le projet de connaissance; c'est au travers de celui-ci que le chercheur interroge les aspects de la réalité qu'il souhaite découvrir, qu'il essaie de développer une compréhension de cette réalité ou qu'il construit une autre réalité (Allard-Poesi et Garance, 2004). Entre la connaissance scientifique et la connaissance non scientifique, s'intercale un processus conscient de conceptualisation. L'explicitation implique une construction, et celle-ci est ce que le chercheur substitue à la réalité. Il substitue un objet à un autre, crée un nouveau champ d'action isolé de la réalité et caractérisé par des limites précises. C'est à l'intérieur de ce champ provisoirement clos que se pose la question des critères de vérité dans la science (Raffestin et Tricot, 1983). Si l'on recourt volontiers en sciences sociales à l'expression « invention de », pour signifier le caractère historique et localisé d'une notion, comme le marché ou le chômage, il peut sembler plus hasardeux de l'utiliser plus largement pour le travail, tant celui-ci paraît consubstantiel à la condition humaine. Et pourtant la question doit être examinée (Freyssenet, 1999). L'observation est encore plus vraie lorsqu'on parle du travail en Afrique. En effet, on ne peut pas parler des pratiques et des représentations du travail dans cette région sans revenir sur l'impact et les limites du modèle occidental, car la naissance d'une anthropologie du travail est étroitement liée à la question ouvrière dans le capitalisme industriel et aux besoins coloniaux de main-d'oeuvre indigène. Ce n'est qu'au cours des dernières décennies que le thème du travail s'est libéré de ce contexte pour donner naissance aux perspectives théoriques d'une science humaine du travail. Sans insister sur cette notion de la date de naissance, la question qui s'est longtemps posée est celle de savoir comment on passe de l'idée du travail pénible des champs à la notion de travail en général (D'Almeida-Topor et al., 2003).

Si on veut s'éloigner de deux clichés récurrents, celui d'une Afrique à l'écart du progrès général de l'humanité, et celui d'une Afrique considérée comme réservoir traditionnel d'un monde ancien, alors la question pertinente est de savoir « de quoi l'histoire du travail est-elle l'histoire ? » (Manvoutouka Roth, 2019, p. 57; Vatin, 2011). Une certaine tradition de la recherche considère que seules les sociétés occidentales distinguent le travail des autres activités sociales. Elle s'appuie notamment sur les réalités recouvertes et sur les mots qui ont été traduits par le terme de travail dans de nombreuses communautés, et fait remarquer que soit le terme et la notion sont absents, soit ils sont éclatés entre plusieurs mots et réalités, soit leurs contraires ne sont ni le repos ni le loisir, soit ils englobent indissolublement et explicitement des actes magiques ou religieux, soit encore ils ne comprennent pas des activités pourtant nécessaires à la vie matérielle comme la chasse. La notion de peine que l'on retrouve en revanche dans de nombreuses sociétés ne présente, elle aussi, aucune homogénéité ni dans la définition ni dans les activités ainsi désignées. La catégorie de travail se révèle donc difficilement saisissable empiriquement (Freyssenet, 1999). C'est ainsi que Marie-Noëlle Chamoux (1994), se demande si on peut dire que le travail existe quand il n'est *ni pensé ni vécu*

*comme tel*. Elle avance que les historiens et les anthropologues semblent à peu près tous d'accord pour dire que l'économique, la production, le travail tels qu'on les entend aujourd'hui, sont des notions et des domaines qui se sont constitués clairement à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle en Europe, avec la différenciation d'un marché capitaliste au sein du marché qui lui pré-existait. Avant, ces ensembles étaient encadrés, mélangés dans le politique ou le religieux, ou fusionnés avec eux. Depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, l'expression « science du travail » avait commencé à être utilisée. Le terme « ergologie » était apparu dans plusieurs pays européens vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, et, en 1904, une *Revue de la science du travail* était fondée en France. Mais cette ambition typique de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, de définir de nouveaux « domaines » de la science fera long feu, alors que le terme ergonomie réussira à s'imposer dans l'après-guerre – non pas comme expression d'une « science du travail », mais comme dénominateur commun de différentes techniques d'intervention sur les conditions de travail. L'historien des sciences aurait donc bien du mal à retrouver dans ces quelques apparitions éparses de l'expression « science du travail » un objet de recherche. Que désignerait une science du travail ? Une science censée découvrir l'objectivité d'un phénomène que l'on peut appeler « travail » ? Ou s'agirait-il plutôt d'une science qui étudie les conditions d'utilisation de l'homme dans un contexte productif – faisant donc du travail non pas l'objet, mais le terrain d'application de la connaissance ? (Saraceno, 2019, p. 1). A l'évidence, il n'est pas simple de saisir un objet spécifique pour une science du travail. Par la circularité constante entre son objet et ses instruments, la science du travail rappelle qu'à travers son activité, l'homme produit ses conditions d'existence. En faisant de l'activité l'objet d'une telle démarche, toute réflexion déborde d'une certaine manière pour toucher à la vie, puisque selon la science du travail, l'homme est un instrument dont il serait possible d'optimiser l'activité. C'est une « science-arbitre » (Saraceno, 2013, p. 142).

Contrairement à ce que peut laisser croire le sens commun, le maniement des concepts issus des sciences humaines et sociales est difficile. Et le travail, bien que partie prenante du monde ordinaire, fait surgir quantité de problèmes spécifiques qui sont insuffisamment analysés par la psychologie et la sociologie générales (Dejours, 1995). Lorsque vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la question se pose de la venue à maturité d'une *science du travail* qui rassemblerait ses composantes expérimentales, herméneutiques et critiques, ce qui caractérise cette tentative jusque-là, c'est « un souci d'efficacité pratique dans un flou épistémologique » (Davezies, 1991, p. 1). Au lieu de débattre du caractère scientifique ou non d'une discipline qui se propose d'analyser le travail, il nous semble qu'on devrait plutôt se demander « quel type de scientificité nous propose son discours et, principalement, quelles sont les questions qu'elle soulève pour les disciplines voisines » (Uchida et al., 2011, p. 30). Une démarche visant à élucider les enjeux du travail s'instruit naturellement dans « une épistémologie de terrain, relevant des sciences historico-herméneutiques et s'inscrivant dans le paradigme subjectiviste ». Ceci revient à dire que la conceptualisation et la théorisation partent de la pratique, laquelle est considérée comme lieu et processus de développement de la connaissance plutôt que comme lieu et processus d'application de la connaissance (Alderson, 2004, p. 244). Les recherches qui ont été menées ces dernières années dans le champ du travail conduisent, non seulement à de nouvelles questions, mais aussi et surtout à des énigmes, c'est-à-dire à des moments du raisonnement où l'objet même de la recherche paraît se dérober ou se dissoudre. Ces énigmes, loin d'être spéculatives, touchent à des problèmes essentiels du travail quotidien, de son efficacité, de son sens et de son devenir. Elles appellent de nouvelles conceptualisations pour être surmontées (Freyssenet, 1994).

Les sciences du travail se distinguent de l'organisation scientifique du travail [OST] sur deux points très directement liés : d'une part, l'exigence, proprement scientifique de ses promoteurs, en matière de mesure et d'analyse du travail, qui contraste avec l'empirisme d'un auteur comme Frederick Taylor ; d'autre part, le positionnement de ces disciplines à la marge de l'entreprise, plutôt dans des laboratoires publics d'étude, susceptibles de constituer des arbitres « neutres » entre direction des entreprises et organisations ouvrières (Vatin, 2008). Les sciences appliquées sont ces disciplines qui se consacrent à l'action, visant davantage la mise en œuvre, la transformation ou l'amélioration d'une situation de terrain que la production de connaissances. On les oppose aux sciences fondamentales, dans la mesure où ces dernières sont exclusivement destinées à la production de connaissances, indépendamment de toute préoccupation relative à leur utilité ou leur utilisabilité. Les sciences appliquées entretiennent avec les sciences fondamentales un rapport de subordination épistémologique. La justification de l'action sur le terrain est fondée sur la référence argumentée aux connaissances établies par les sciences fondamentales (Dejours, 1995, p. 5). Au moment où on s'est mis à songer à un dépassement de l'OST taylorienne en raison de ses impasses, le souci a été de ne pas se contenter du discours sans le confronter à la réalité de l'action. C'est par l'analyse du travail qu'une réponse a été apportée à cette préoccupation. Qu'entend-on par l'analyse du travail ? Littéralement, il peut y avoir autant de manières d'analyser le travail humain que de disciplines. On peut adopter une perspective physiologique et penser le travail comme dépense d'énergie et s'intéresser aux cycles de récupération pour mieux préserver le rythme de fonctionnement du moteur humain. Mais on peut aussi regarder le travail sous l'aspect de l'emploi et analyser comment certaines catégories de la population en sont privées, quelles formes prend cet emploi et analyser cela en termes d'évolution. La perspective économique peut elle aussi revendiquer de proposer une analyse du travail, tout comme la sociologie qui analysera le travail comme profession et distinguera différentes catégories socioprofessionnelles, analysera les stratégies d'accès à ces professions et interrogera les processus identitaires portés par celle-ci (Van der Maren et Yvon, 2008, p. 44 sq.).

Une question comme « *le travail relève-t-il des sciences de la nature ou des sciences humaines ?* » ne se pose pas pour l'analyse du travail. Car, grâce à la contribution essentielle de l'ergonomie, on sait que le *réel* est le concept principal du travail. Le réel a non seulement un contenu théorique et énigmatique, mais a aussi des implications épistémologiques majeures. Le réel peut se définir comme « *ce qui, dans le monde, se fait connaître par sa résistance à la maîtrise technique et à la connaissance scientifique* ». Le réel est ce qui nous échappe (Dejours, 1995). Comme objet, le travail analysé en ergonomie renvoie au travail réel ou au travail effectif. C'est l'activité matérielle, les opérations de travail, les gestes professionnels. Il est analysé dans sa matérialité concrète, opératoire. Pourquoi, pourrait-on alors se demander ? L'analyse du travail telle que développée en ergonomie trouve ici sa deuxième caractérisation: un changement de regard porté sur le travail humain. Autrement dit, il y a plus dans une séquence opératoire que la représentation spontanée que l'on s'en fait. Une grande partie de la force de l'ergonomie se situe dans cette manière particulière de regarder les opérations de travail (Leplat & Hoc, 1983). Le projet de l'ergonomie, qui émerge progressivement au Conservatoire national des arts et métiers (Paris) à partir des années 1950, vise davantage à *transformer l'environnement du travail humain* que l'homme au travail lui-même. Au lieu d'envisager les aptitudes individuelles et celles requises dans les postes de travail dans une perspective statique, où l'individu serait le réceptacle d'aptitudes qui devraient être ajustées à des situations de travail elles aussi immuables, l'ergonomie se penche au contraire sur la *relation* entre les caractéristiques individuelles et les milieux de travail (Le Bianic, 2004). A la question de savoir quelle vérité établit l'ergonome sur le travail, Philippe Davezies (1991) avance que la prétention scientifique de l'ergonomie est à ranger dans la catégorie des sciences critiques, au sens de la classification proposée par Habermas. « *Son objectif n'est pas directement la production des connaissances, mais la déconstruction d'une illusion* ». Elle vise, chez les organisateurs et concepteurs du travail, la libération d'une idéologie, et chez les opérateurs, l'émancipation de la réflexion et de la parole. La pratique ergonomique est donc particulière du point de vue pédagogique, puisqu'elle n'a pas pour ambition de connaître un objet extérieur. Elle vise chez l'interlocuteur dans l'entreprise, la connaissance de soi, la perception de ses limites et des illusions qu'il entretient sur la question du travail. Cette pratique subvertit les outils qu'elle a emprunté aux sciences expérimentales par une utilisation qui relève plus de la *métis*, de l'intelligence rusée que de la raison théorique. Pourtant en tant que science, elle doit produire des connaissances théoriques de valeur générale et, en tant que pratique critique, elle doit justifier la rationalité de son apport aux changements dans le travail. L'analyse de l'activité repose donc sur l'observation des actions de l'opérateur et sur la mise en relation de celles-ci avec les éléments de la situation de travail. L'enjeu c'est le développement d'une « science » critique orientée vers la construction dans l'entreprise d'un espace public autour de l'expérience du travail. Les scientifiques ne sont pas les seuls à vouloir accéder à la connaissance du travail. Les acteurs sociaux se livrent aussi à de telles investigations au moyen de méthodes dont on peut se demander en quoi elles se rapprochent ou diffèrent des méthodes des autres disciplines. Les objectifs poursuivis par l'enquête, les préoccupations ou questions de départ déterminent les modes de collecte et de traitement des données, de même que la nature des résultats obtenus (Merchiers & Troussier, 1988).

Ce qui définit et caractérise une intervention ergonomique, c'est sa capacité à organiser la participation et l'agir collectif des différentes parties prenantes du système de travail. Si l'ergonomie mobilise une grande technicité méthodologique de traitement, d'analyse, de modélisation, cette technicité est sans aucun intérêt si elle n'est pas couplée à une démarche d'intervention qui crée les conditions d'une implication effective et durable de l'ensemble des acteurs concernés. Une implication qui ne doit pas être finalisée par les seuls objectifs méthodologiques et adressée aux seuls intérêts de l'intervenant. Elle doit d'abord être finalisée par la création des conditions sociales d'un dialogue sur le travail, l'activité, l'organisation et le développement des personnes. L'une des finalités centrales de toute intervention en ergonomie est d'aboutir à la possibilité des accords de développement conjoint de la santé, de la performance, et des personnes (Guérin et al., 2001; Benckekroun, 2016). Et dans la mesure où c'est le *commentaire verbal* que produisent les travailleurs sur le contenu de leur demande qui intéresse principalement le chercheur, on peut considérer que le terrain africain est lui aussi pertinent pour une analyse de l'activité. L'objectivité des faits n'étant pas la préoccupation centrale de l'analyste du travail, qui est là essentiellement pour servir la défense du travailleur (Cazamian et al., 1987; Dejours, 2016). En effet, il n'est point besoin d'être à la pointe de la puissance industrielle et économique, pour envisager de faire du travail un objet d'étude scientifique.

#### 4 AU CROISEMENT DU SCIENTIFIQUE, DU SOCIAL ET DU POLITIQUE

Il est difficile de trouver une cohérence globale entre les faits qui ont concouru à la montée en puissance des différents modèles d'analyse du travail au tournant du XX<sup>e</sup> siècle, même s'il est vrai que les premières recherches menées par les physiologistes et psychologues du travail en France croisent rapidement l'intérêt du tout jeune Ministère du travail, qui place au premier rang de ses préoccupations la protection des salariés et la prévention des maladies professionnelles. Ce projet s'appuie sur une nouvelle conception de la société, l'ambition des dirigeants étant de changer le monde du travail grâce à la science. Et pour que cela advienne, il s'agit de mobiliser un certain nombre de ressources institutionnelles et politiques. A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la rationalisation du travail se présente comme une solution de la « question sociale » qui, depuis les années

1830-1840, préoccupait la société européenne. C'est la raison pour laquelle on peut dire que l'histoire de la science du travail croise l'histoire de l'hygiénisme positiviste, allant jusqu'à se superposer à celle-ci. Discours multiple prônant l'application des savoirs scientifiques à l'organisation sociale afin d'améliorer les conditions d'existence des individus, à des fins d'une stabilisation de la société, l'hygiénisme a joué un rôle primordial dans le développement des sciences humaines tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle (Saraceno, 2013, p. 139 sq.).

Le travail apparaissait comme étant la cause d'un grand nombre de troubles psychophysiologiques ayant un impact direct sur la stabilité sociale. On peut citer les troubles de la croissance liés au travail des enfants, les troubles de la conception liés aux empoisonnements des femmes enceintes, les accidents, maladies professionnelles, l'alcoolisme et d'autres troubles moraux liés aux conditions de vie désastreuses des travailleurs. En ce sens, tout au long du processus d'industrialisation, l'application des savoirs positifs aux conditions d'exercice du travail, accompagnée par la mise en place d'une moralisation des mœurs ouvrières et d'un assainissement des lieux de vie et de travail, apparaissaient ainsi comme « un projet politique au sens fort, visant à permettre la poursuite d'une industrialisation dont on découvre les revers en termes de coûts humains et d'atteintes portées à l'environnement » (Moriceau, 2009, p. 13). Alors que Frederick W. Taylor s'efforce d'atteindre le niveau de production *maximum*, les ergonomes recherchent plutôt la production *optimum*, à partir de mesures physiologiques précises de la fatigue au travail. Ils constatent, en effet, que le développement du machinisme dans l'industrie requiert une variété d'aptitudes, qui ne sont plus d'ordre exclusivement physiologique, mais également psychologique (capacité d'attention, d'observation, de coordination des mouvements...). Sur le plan des méthodes, les ergonomes se démarquent des ingénieurs tayloriens. Contrairement à ceux-ci, ils vont à la rencontre des travailleurs sur leurs lieux de travail eux-mêmes, munis de leurs dispositifs expérimentaux. Ils ne postulent pas non plus l'existence d'une « psychologie ouvrière », mais cherchent à mesurer, empiriquement, des phénomènes comme la fatigue, les méthodes et les rythmes de travail ou les aptitudes professionnelles (Le Bianic, 2008, p. 328). L'avènement des nouveaux modèles d'investigation du travail participe d'une œuvre, tout à la fois scientifique et sociale. Chez un homme comme Armand Imbert (1850-1922), le projet d'un arbitrage scientifique des conflits du travail ne s'oppose pas à la logique de la négociation sociale, mais au contraire, se combine étroitement avec elle. Si l'influence des sciences économiques et sociales au sein d'une institution comme l'Office du travail est désormais bien connue, il reste encore à mener une étude systématique des autres disciplines, notamment médicales, qui sont venues instrumenter l'action de l'administration du travail dans les multiples domaines d'intervention qui furent les siens au début du XX<sup>e</sup> siècle: hygiène et sécurité, prévention des accidents du travail, maladies professionnelles, règlement des conflits du travail, etc. De nouvelles disciplines comme l'hygiène industrielle, la bactériologie ou la physiologie ont beaucoup contribué à l'action réglementaire du ministère du Travail, ainsi que dans les pratiques de terrain de ses agents au sein des entreprises. Ces disciplines apportent à la jeune administration des méthodes d'observation, qui lui permettent de déployer son action législative sur des bases plus objectives, et de légitimer son intervention aux yeux des ouvriers et du monde patronal. La démarche d'Armand Imbert se situe aux antipodes de tout scientisme, car faisant du travailleur lui-même le meilleur connaisseur de sa physiologie, débouche sur une logique de « relations professionnelles » qui est soutenue, mais non close, par la science. Son cas n'est pas isolé; les milieux politiques de l'époque montrent un intérêt certain pour les travaux universitaires. Les socialistes notamment, y voient une légitimation scientifique de leurs revendications. Il en est de même des syndicats ouvriers, qui sont particulièrement favorables à l'idée d'un arbitrage scientifique des conflits du travail. Ils créent d'ailleurs à cette fin, en 1909, un laboratoire scientifique ouvrier d'études du travail, lieu d'une véritable contre-expertise ouvrière sur les questions d'hygiène et de sécurité (Le Bianic et Vatin, 2007).

La mise en place progressive d'un « État social » se traduit, concrètement, par des mesures susceptibles de protéger le salarié contre l'arbitraire patronal. Le développement des assurances sociales, de la négociation collective et surtout la loi de 1898 sur les accidents du travail, suscite l'intérêt de savants – médecins pour la plupart – qui entendent apporter dans le débat social des éléments positifs, susceptibles de prévenir ou de résoudre les conflits sociaux. L'Inspection du travail, créée en 1874, joue un rôle central dans l'application de ce nouveau droit au sein des établissements industriels (Le Bianic, 2008, p. 327). Dans l'esprit de nombreux savants tout autant que dans celui d'une partie de la classe politique, il existe une continuité entre l'équilibre du corps humain au travail et l'équilibre du corps social dans son ensemble (Le Bianic, 2004, p. 188-189). Le contexte est aussi celui qui préside à la naissance des institutions administratives publiques en charge du travail, soit, en France, le Conseil supérieur du travail et l'Office du travail, en 1891, puis, en 1906, le ministère du Travail, ce qui satisfaisait une revendication datant de 1848. La même année 1906 voit la promulgation d'un Code du travail, qui symbolise la reconnaissance du caractère juridique particulier du travail, dont on considère, dorénavant, qu'il ne peut plus relever, comme cela avait été le cas durant tout le XIX<sup>e</sup> siècle, du régime ordinaire des contrats du Code civil. Le « contrat de travail », qui n'avait, jusqu'alors, pas fait l'objet d'une réflexion juridique propre, est défini, en référence à la loi de 1898 sur les accidents du travail, par le principe de « subordination juridique et technique » à la personne de l'employeur, qui établit la responsabilité civile de ce dernier. Le principe du salariat, comme état de « subordination », c'est-à-dire la reconnaissance du caractère dissymétrique du contrat de travail, s'inscrit, ainsi, dans la loi. La contrepartie en est la nécessité d'une « protection » des travailleurs: protection juridique, qui s'incarne dans le droit du travail, protection administrative, avec la mise en place des services du ministère du Travail,

protection économique avec la reconnaissance du droit des travailleurs à s'associer dans des organisations susceptibles de passer des contrats ou conventions collectives avec les employeurs ou les syndicats d'employeurs. Le principe d'arbitrage juridique des conflits sociaux, sous l'égide de l'État, rencontra un large assentiment des organisations syndicales ouvrières, dont les cadres se sont, eux-mêmes, formés aux fines arcanes du droit, notamment, grâce aux Instituts des sciences sociales du travail. Ce prisme juridique, qui marque les relations sociales dans l'après seconde guerre mondiale, en France, est coextensif à la focalisation du débat sur le contrat de travail, comme dispositif d'échange économique et à des luttes sociales, principalement orientées sur des revendications de salaire (Vatin, 2008).

### 5 CONCLUSION

A la question de Monique Lakroum (2003, p. 43): « *le travail en Afrique noire peut-il être un objet d'étude scientifique ?* », nous répondons par l'affirmative. Car de tout temps, une double préoccupation s'est manifestée au sujet du travail: d'une part, améliorer son efficacité, et d'autre part, diminuer la peine de l'homme et prévenir les risques sur sa santé. Bien avant l'avènement de l'ergonomie, dans les années 1950, ceux qui se sont préoccupés d'une investigation scientifique du travail sont les travailleurs eux-mêmes, souvent de manière très empirique; des médecins et des hygiénistes; des ingénieurs et des organisateurs du travail qui s'intéressaient à définir quelle quantité de travail pouvait-on exiger d'un homme, sans le fatiguer ou l'user excessivement; et enfin, des chercheurs, physiciens, physiologistes et, plus récemment au XX<sup>e</sup> siècle, des praticiens des sciences de l'homme et de la société (Laville, 2004). Cette description est essentiellement vraie dans le cas d'une société industrialisée comme la France, qui a servi de point d'appui à notre raisonnement par analogie. Dans le cas de l'Afrique subsaharienne, faire du travail un objet d'étude scientifique s'avère un défi plus ardu, quoique nécessaire, dans la mesure où le progrès de l'industrialisation qui est l'une des conditions de son développement économique, requiert une étude plus méthodique et plus rigoureuse du travail et de l'emploi. Les conditions historiques, économiques et sociologiques dans lesquelles se déroule la vie laborieuse sur le continent, d'une part, et aussi la faiblesse des ressources institutionnelles et politiques sur lesquelles s'est appuyée l'émergence d'une « science du travail » dans les pays européens à la fin du XIX<sup>e</sup>-début XX<sup>e</sup> siècle, d'autre part, rendent l'exercice plus compliquée en Afrique. Mais pas impossible. Lorsqu'il y a quelques institutions dans la région, elles ne concernent généralement que le secteur formel qui emploie moins de 5 % de la population active dans la plupart des pays. L'essentiel de l'activité étant concentrée dans le secteur rural et dans le secteur informel urbain (Rospabé et al., 2005).

### REMERCIEMENTS

Nous remercions Bernard Dugué (Equipe d'Ergonomie des Systèmes Complexes, IMS – Bordeaux-INP) et Louis-Marie Barnier (LEST, UMR 7317, Aix-Marseille Université) de leur lecture et enrichissements sur une première version de ce texte.

### REFERENCES

- [1] Alderson M., « La psychodynamique du travail: objet, considérations épistémologiques, concepts prémisses théoriques », *Santé mentale au Québec*, 29 (1), pp. 243–260, 2004.
- [2] Allard-Poesi Florence, Marechal Garance, « Ch. 2. Construction de l'objet de la recherche », in Thiétart R.-A. (Ed.), *Méthodes de recherche en management*. Paris, Dunod, pp. 47-75, 2014.
- [3] Banque africaine de développement (BAD), *Perspectives économiques en Afrique 2020*, Abidjan, BAD Editions, 2020.
- [4] Beaujeu R., Kolie M., Sempere J.-F., Uhder C., *Transition démographique et emploi en Afrique subsaharienne*, Paris, AFD Editions, 2011.
- [5] Benchekroun T. H., « Intervenir en ergonomie: analyser le travail pour le comprendre et transformer le travail pour le concevoir », Actes du 51<sup>ème</sup> Congrès de la SELF, Marseille, 21-23/09/16, 2016.
- [6] Berrou J.-P. & Eekhout T., « L'économie informelle: un défi au rêve d'émergence des économies africaines ? », *Études internationales*, 50 (1), pp. 121–146, 2019.
- [7] Boutin D., « La transition des jeunes camerounais vers le marché du travail », document de travail, DT/152/2010, LARE-efi, Université Bordeaux Montesquieu-Bordeaux IV, 2010.
- [8] Cadot O., De Melo J., Plane P., Wagner L., Woldemichael M.T., « Industrialisation et transformation structurelle: l'Afrique sub-saharienne peut-elle se développer sans usines ? », *Revue d'Economie du développement*, (vol. 24), p. 19-49, 2016.
- [9] Cazamian P., Hubault F., Noulin M. (Dir.), *Traité d'ergonomie*, Marseille, Octarès Entreprises, 1987.
- [10] Chamoux M.-N., « Sociétés avec et sans concept de travail », *Sociologie du travail*, 36<sup>e</sup> année, hors-série, 1994. Les énigmes du travail. pp. 57-71, 1994.

- [11] Copans J., « Pourquoi travail et travailleurs africains ne sont plus à la mode en 2014 dans les sciences sociales. Retour sur l'actualité d'une problématique du xxe siècle », *Politique africaine*, 2014/1 (N° 133), pp. 25-43, 2014.
- [12] D'Almeida-Topor H., Lakroum M., Spittler G. (Dir.), *Le travail en Afrique noire: Représentations et pratiques à l'époque contemporaine*, Paris, Karthala, 2003.
- [13] Daniellou F., Béguin P., « Méthodologie de l'action ergonomique: approche du travail réel », in Falzon P. (Dir.), *Ergonomie*, Paris, PUF, pp. 335-358, 2004.
- [14] Davezies P., « Eléments pour une clarification des fondements épistémologiques d'une science du travail », Communication au Colloque National de la Société Française de Psychologie. Clermont-Ferrand, 1991.
- [15] Dejours C., *Le facteur humain*, Paris, PUF, Coll. Que sais-je ?, 1995.
- [16] Dejours C., « La méthodologie en psychopathologie du travail », *Travailler*, 1 (n° 35), pp. 125-144, 2016.
- [17] De Keyser V., Nyssen A-S., « Chapitre 1. L'analyse du travail: centrale ou simplement utile ? », in Valléry G. & Amalberti R. (Eds), *L'analyse du travail en perspectives: Influences et Evolutions*, Toulouse, Octares, pp. 7-15, 2006.
- [18] Dugué, B., « Les enjeux politiques de la participation des salariés dans les interventions en ergonomie. Dans Méthodes d'accompagnement et démarches participatives: nouvelles pratiques et nouveaux enjeux pour l'ergonome ? », Actes des journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie. Bordeaux, 2018.
- [19] Elder S. & Siaka K., *Transition vers le marché du travail des jeunes femmes et hommes en Afrique Sub-Saharienne*, BIT, Genève, 2014.
- [20] Flayols A., *Accumulation du capital humain et employabilité: une mise en perspective empirique*, thèse de doctorat en sciences économiques, Université de Toulon, 27 novembre, 2015.
- [21] Freyssenet M., « Invention, centralité et fin du travail », CSU, Paris, 15 p. Version française initiale non écourtée de Freyssenet M., "Emergence, Centrality and End of Work", *Current Sociology*, 1999, vol 47, n°2, pp 5-20, 1999.
- [22] Gineste M. D., *Analogie et cognition*, Paris, PUF, 1997.
- [23] Guérin F., Laville A., Daniellou F., Duraffourg J. & Kerguelen A., *Comprendre le travail pour le transformer: la pratique de l'ergonomie*, Lyon, ANACT, 2001.
- [24] International Labour Organization (ILO), *Resolution Concerning Statistics of Employment in the Informal Sector*, Fifteenth International Conference of Labour Statistics, Geneva, 1993.
- [25] Imbert A., « Rapport de la quatrième section: hygiène industrielle et hygiène professionnelle. Réponse à la troisième question », in *Congrès international d'hygiène et de démographie*, Bruxelles, Wessenbruch, 1903, pp.1-16, 1904.
- [26] Kalulu J., « V. Y. Mudimbe », *Cahiers d'études africaines* [En ligne], 160 | 2000, mis en ligne le 06 décembre 2004, consulté le 19 avril 2021.
- [27] Kuepie M & Nordman C. J., « Éducation et marchés du travail à Brazzaville et Pointe Noire (Congo-Brazzaville) », *STATECO N°107, 2012 – 2013*, Poverty Reduction and Economic Management Unit (Africa Region), World Bank, 2013.
- [28] Lachaud JP. & Penouil M., « Le secteur informel et le marché du travail en Afrique noire francophone », ILO Working Papers 992461983402676, International Labour Organization, 1986.
- [29] Lakroum Monique et al., *Le travail en Afrique noire: Représentations et pratiques à l'époque contemporaine*, Paris, Karthala, 2003.
- [30] Laville A., « 2. Repères pour une histoire de l'ergonomie francophone », in Pierre Falzon, *Ergonomie*, Presses Universitaires de France « Hors collection », 2004.
- [31] Le Bianic, T., « Le Conservatoire des Arts et Métiers et la « machine humaine » Naissance et développement des sciences de l'homme au travail au CNAM (1910-1990) », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, 2 (2), 185-214, 2004.
- [32] Le Bianic T. et Vatin F., « Armand Imbert (1850-1922), la science du travail et la paix sociale », *Travail et Emploi*, 111 | 2007, pp. 7-19, 2007.
- [33] Le Bianic T., « Les sciences du travail et la question sociale. Autour du ministère du Travail (1890-1950) », *Bulletin de psychologie*, 2008/4 (Numéro 496), p. 327-330, 2008.
- [34] Leplat J., « De l'étude de cas à l'analyse de l'activité », Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé [En ligne], 4-2 | 2002, mis en ligne le 23 septembre 2012, consulté le 28 janvier 2021.
- [35] Manvoutouka Roth T., *Analyser le travail en Afrique. Une approche ergologique du développement*, Toulouse, Octarès Editions, 2019.
- [36] Merchiers J. et Troussier J.-F., « L'analyse du travail: pratiques, concepts, enjeux », *Formation emploi*, n° 23 (juillet-septembre), 1988.
- [37] Moriceau C., « Les perceptions des risques au travail dans la seconde moitié du XIXe siècle: entre connaissance, déni et prévention », *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, 1 (1), 11-27, 2009.
- [38] Mudimbe V. V., *The Invention of Africa: Gnosis, Philosophy, and the Order of Knowledge*, Bloomington, Indiana University Press, 1973.
- [39] Naville P. et al., *Le travail en Afrique noire*, Paris, Présence Africaine/Éditions du Seuil, 1952.

- [40] Ouédraogo J.-B. et Fofana H. (Eds.), *Travail et société au Burkina Faso. Technique, innovation, mobilisation*, Paris, L'Harmattan, 2009.
- [41] Passeron J.-C., *Le raisonnement sociologique. L'espace non-popperien du raisonnement naturel*, Paris, Nathan, 1991.
- [42] Raffestin C. et Tricot C., « Le véritable objet de la science ? », in *Les critères de vérité dans la recherche scientifique: un dialogue multidisciplinaire*. Paris: Maloine, pp. 137-145, 1983.
- [43] Ripoll T., Coulon D., « Le raisonnement par analogie: une analyse descriptive et critique des modèles du mapping », *L'année psychologique*, vol. 101, n°2. pp. 289-323, 2001.
- [44] Rodrik D., « An African Growth Miracle? », *Journal of African Economies*, Dec. 9, pp. 1-18, 2016.
- [45] Rospabé S., Alby, P. & Azam, J., *Les institutions du marché du travail, la gestion du travail et le dialogue social en Afrique*. Washington DC, Banque Mondiale, 2005.
- [46] Roubaud F. & Torelli C., « L'emploi, le chômage et les conditions d'activités sur les marchés urbains du travail: principales spécificités », in De Vreyer P. & Roubaud F. (Ed.), *Les marchés urbains du travail en Afrique subsaharienne*, Marseille/Paris: IRD/AFD, pp. 53-96, 2013.
- [47] Saraceno M., *De la mesure du corps à la politique des corps: une histoire des sciences du travail (1880-1920)*, thèse, Ecole doctorale « Organisations, Economie, Société », Université Paris-Ouest Nanterre La Défense & Università di Pisa Corso di dottorato in discipline filosofiche e storia della scienza (M-STO/05), soutenue le 21 juin 2013 à l'Université di Pisa, 2013.
- [48] Saraceno M., « De la mesure du corps à la politique des corps: une histoire des sciences du travail (1880-1920) », *Bulletin de psychologie*, 2014/3 (Numéro 531), pp. 253-256, 2014.
- [49] Saraceno M., « Les mesures du corps en activité et la concrétisation de l'homme », *e-Phaïstos* [En ligne], VII-1 | 2019, mis en ligne le 06 avril 2019, consulté le 7 janvier 2021.
- [50] Thiaw M. & Cabral F. J., « Capital humain et emploi dans la zone UEMOA: Cas du Benin, du Burkina, du Niger et du Sénégal », *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 27, No. 2, Sep., pp. 563-576, 2019.
- [51] Uchida, S., Sznalwar, L. I., & Lancman, S., « Aspects épistémologiques et méthodologiques de la psychodynamique du travail », *Travailler*, 25, pp. 29-44, 2011.
- [52] Van der Maren J.-M. et Yvon F., « L'analyse du travail, entre parole et action », *Recherches qualitatives*, 7, pp. 42-63, 2009.
- [53] Vatin F., Les « sciences du travail »: une tentative de résolution positiviste de la question sociale (1890-1914), *Bulletin de psychologie*, 4 (4), pp. 331-340, 2008.
- [54] Vatin F., « Travail et société au Burkina Faso, technique, innovation, mobilisation, J.-B. Ouédraogo, H. Fofana (Eds.) », *Sociologie du travail*, Vol. 53 - n° 2 | 2011, pp. 282-284, 2011.
- [55] Zerbo A., « Marché du travail urbain et pauvreté en Afrique subsaharienne: un modèle d'analyse », document de travail, DT/129/2006, IFRéDE-GRES – Université Bordeaux IV, 2006.

## Study of the bandwidth of an integrated micro-transformer

M. A. Taha<sup>1,2</sup>, A. Abderahim<sup>1,3</sup>, O. B. Arafat<sup>1,2</sup>, S. Capraro<sup>1</sup>, P. David<sup>1</sup>, and J. J. Rousseau<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LabHC UMR 5516, CNRS, 42023 Saint-Etienne, JEAN MONNET University of Saint-Etienne, Saint-Etienne, France

<sup>2</sup>Departement of Electrical Engineering, National Institute of Science and Technology of Abeche, Abeche, Chad

<sup>3</sup>Departement of Science and Technology Department, University of N'Djamena, N'Djamena, Chad

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

**ABSTRACT:** This paper presents a study on the main characteristics of an integrated transformer i.e. the low and high cut-off frequencies ( $F_{CL}$  and  $F_{CH}$ ) and the voltage gain within the bandwidth ( $G_0$ ). After a description of the integrated transformer and its micro-fabrication, the measured transformer frequency response is given. An equivalent circuit is derived and the method to determine each element is shortly described. Then, the paper focuses on the influence of geometrical dimensions and a few characteristics of materials on the low and high cut-off frequencies ( $F_{CL}$  and  $F_{CH}$ ) and on the voltage gain ( $G_0$ ). An analytical expression is derived for  $F_{CL}$ ,  $F_{CH}$  and  $G_0$ . The aim of this article is to identify the main parameters that limit the bandwidth and the voltage gain.

**KEYWORDS:** Integrated transformer, bandwidth, cut-off frequencies, gain.

### 1 INTRODUCTION

In the field of embedded devices, the development of integrated magnetic components is essential to reduce both sizes and weight. Different approaches have been used for design and micro-fabrication of integrated magnetic components such as inductors and transformers:

- Numerous magnetic components were studied for very high frequencies between some tens of MHz and 1GHz. Such components do not use magnetic material [1], [2].
- Magnetic materials are used in order to increase inductance values or to reduce sizes but such devices are classically used at low frequency [3], [4].

We studied and micro-fabricated an integrated transformer with ferrite material [5]. This component which exhibits low sizes is fabricated with different stacked layers on a glass mechanical substrate: Yttrium Iron Garnet (YIG) ferrite for magnetic layers, spiral conductors in copper, insulator layer using SU8 epoxy-based negative photoresist.

Design and simulations were performed by using a commercial finite element method solver (HFSS). Characterizations were carried out with both impedance meter and Vector Network Analyzer (VNA).

The aim of this article is to discuss about the main characteristics of this transformer and their limits, i.e. low and high cut-off frequencies and the gain in bandwidth. Two approaches have been defined for this study:

- With the help of measurements using a VNA and simulations performed with HFSS, an equivalent circuit was defined and the equivalent circuit parameters have been determined. In this article, the influence of each parameter is studied in order to simplify the equivalent circuit in different frequency domain. An analytical expression is derived for cut-off frequencies and for gain.
- Simulations carried out with HFSS by changing geometric parameters and main characteristics of materials allow validating our results.

In the second paragraph, we give some information on the design and constitution of the transformer. Characterizations with low amplitude sinusoidal excitation are given as well. An equivalent circuit is defined in the third paragraph: the equivalent circuit is presented together with the parameter determination method. The two following paragraphs concern the bandwidth study depending on certain parameters of the transformer. The influence of some parameters on the low and high cut-off frequencies is discussed. The paragraph VI is about the voltage Gain  $G_0$  of the no-load transformer.

## 2 INTEGRATED TRANSFORMER FABRICATION

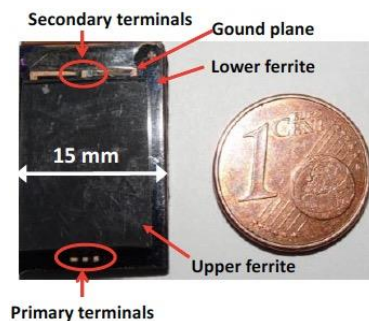
### 2.1 DEVICE DESCRIPTION AND MICRO-FABRICATION

The transformer is intended for driving power switches such as IGBT, Power MOSFET [6], [7], [8]. It was designed for a high coupling factor between primary and secondary windings, a high magnetizing inductance and a low coupling capacitance between primary and secondary windings.

The micro-fabricated transformer shown Fig. 1 is made with several stacked layers, insulator layer using SU8 epoxy-based negative photoresist, conductor layer based on copper and magnetic layer based on ferrite material. The transformer consists in two parts: Primary and secondary parts of the transformer are almost identical, which are separately fabricated. Each part is composed of:

- a mechanical glass substrate which can be removed at the end of the fabrication if necessary.
- a magnetic substrate with a thickness between 300 and 1000 $\mu\text{m}$  in various designs
- a coil made in copper
- an air-bridge to connect inner pad to the outer one

Finally, the two part are gluing assembled.



**Fig. 1. Photograph of Face to Face transformer**

Fig. 2 and illustrate the main geometrical dimensions of the transformer. The two coils exhibit the same number of turns  $n_1=n_2=15$  and are rotated by 45°.

In order to bury copper conductors inside the magnetic material, a laser Femtosecond laser micromachining was used. Copper deposition was performed by RF sputtering, followed by a step of photolithography and wet etching to obtain the spiral coil. In order to connect central pad to the outer pad an air-bridge was added by using the same previous steps insulator and copper deposition photolithography and wet etching). Fig. 3 shows a cross section of the transformer.

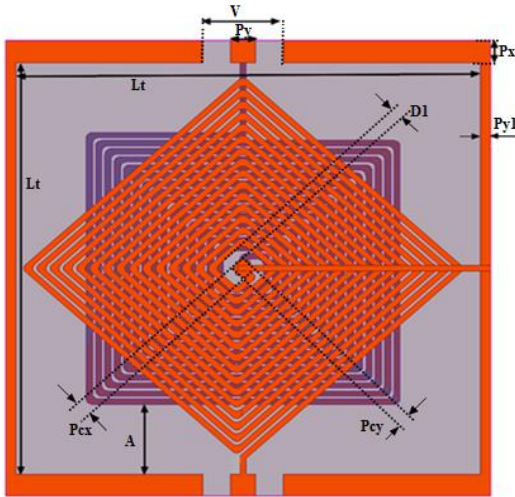


Fig. 2. Top view of the transformer [10]

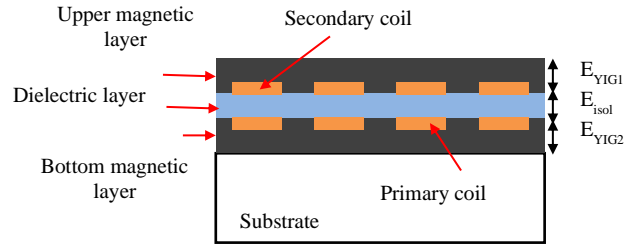


Fig. 3. Cross section of the transformer with primary and secondary coils buried in magnetic cores

Table 1. Transformer parameters [10]

N	Winding turn	15
w	Copper ribbon width	125 $\mu\text{m}$
D	Distance between turns	60 $\mu\text{m}$
D1	Distance between the central pad and the first turn	400 $\mu\text{m}$
A	Distance between the outside turn and the ground plane	1600 $\mu\text{m}$
V	Distance between ground plane	800 $\mu\text{m}$
Px=Py	Length and width of the outside pad	500 $\mu\text{m}$
PcX=PcY	Length and width of the central pad	300 $\mu\text{m}$
Py1	Width of the ground plane	200 $\mu\text{m}$
L <sub>T</sub>	Device length $L_T=2*(A+D1+N*W+(N-1)*D)$	9430 $\mu\text{m}$
e <sub>co</sub>	Conductor thickness	30 $\mu\text{m}$
E <sub>insul</sub>	Dielectric thickness	30 – 95 $\mu\text{m}$
E <sub>YIG1</sub> =E <sub>YIG2</sub>	Magnetic material thickness	300 – 1000 $\mu\text{m}$

## 2.2 AC CHARACTERIZATION

Measurements have been carried out to determine the transformer bandwidth and to compare these results with those obtained by simulation.

The frequency response of the transformer was measured by using the set-up defined Fig. 4.

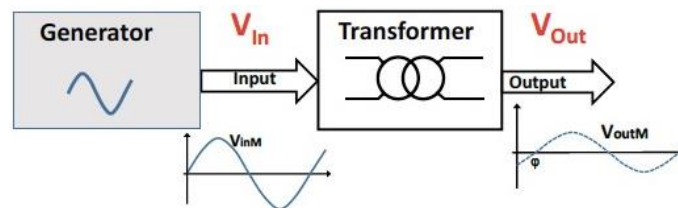


Fig. 4. Measurement set-up

The primary winding is supplied with a low amplitude sinusoidal waveform corresponding to a classical no-load transformer test. Both primary and secondary voltages are measured with an oscilloscope. The visualization of the two signal waveforms allows to control that all signals remain sinusoidal.

Fig. 5 shows the frequency response:  $(V_{out}/V_{in})$  dB versus frequency. The bandwidth is defined at  $\pm 3$ dB and ranges from 20kHz to 7MHz. The low cut-off frequency ( $f_{CL}$ ) is equal to 20kHz while the high cut-off frequency ( $f_{CH}$ ) reaches 7MHz. The gain  $G_0$  of the transformer, without any load, is equal to 0.86. One can also observe a resonance around 15MHz.

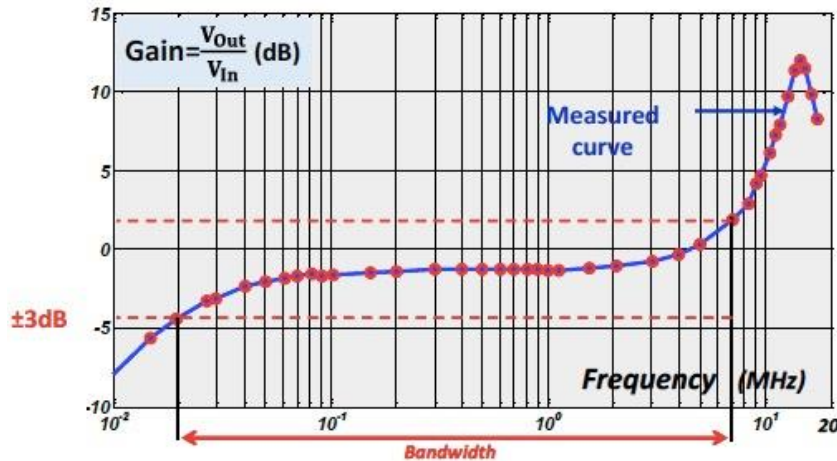


Fig. 5. Frequency response of the transformer [9]

The influence of both geometrical dimensions and main characteristics of materials on the main characteristics of the transformer will be studied in the next paragraph.

### 3 EQUIVALENT CIRCUIT

In order to determine which geometrical or physical parameters have an impact on the main characteristics of the transformer i.e. the cut-off frequencies ( $f_{CL}$  and  $f_{CH}$ ) and the Gain  $G_0$ , the following steps should be performed:

Step 1:

- Define an equivalent circuit for the transformer,
- Identify each element of the equivalent circuit.

Step 2:

For each main characteristic  $f_{CL}$ ,  $f_{CH}$  and  $G_0$

- Study the influence of each equivalent circuit parameter by using a simulation tool,
- Simplify the equivalent circuit for each frequency domain,
- Determine an analytical expression of  $f_{CL}$ ,  $f_{CH}$  and  $G_0$ ,
- Study the impact of some dimensions and main characteristics of materials.

#### 3.1 EQUIVALENT CIRCUIT

An electrical model has been defined (Fig. 6) in order to take into account the losses of the magnetic material according to the frequency ( $R_f$ ), the coupling between turns and ground plane ( $C_1$  and  $C_2$ ), the proximity and skin effects in the conductors ( $r_1$  and  $r_2$ ), and the coupling between primary and secondary inductors ( $C_{12}$ ).

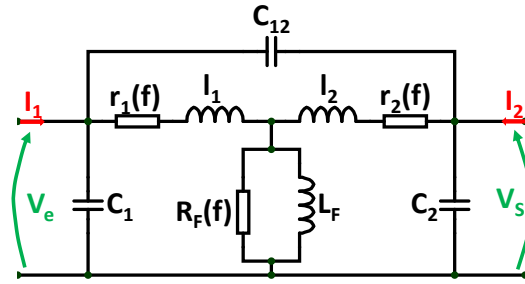


Fig. 6. Electrical model of the transformer [10]

3.2 IDENTIFICATION OF EQUIVALENT CIRCUIT ELEMENTS

In order to extract these parameters, it is considered that the transformer will not operate beyond 50 MHz. Under these conditions and according to the magnetic material properties, where the relative permeability is constant up to these frequencies, we can consider that  $l_1$ ,  $l_2$  and  $L_F$  are constant over the broad band frequency. One the other, we consider that capacitances  $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_{12}$  are independent of the frequency.

So as to extract these different elements, it is necessary to use impedance and admittance matrices obtained by measurements. The method to obtain parameters are summarized on table 2.

Table 2. Transformer parameters extraction [10]

Parameter	Matrix element	Extraction
$r_1$ and $r_2$	$Z_{11}$ , $Y_{11}$ and $Y_{12}$	Amplitude of the resonance
$L_{F0}$	$Z_{12}$	Slope of 20dB/dec
$l_{10}$	$Y_{11}$ and $Y_{12}$	Slope of 20dB/dec
$l_{20}$	$Y_{12}$	Slope of 20dB/dec
$C_{12}$	$Y_{12}$	At the resonance
$C_1$	$Y_{11}$	At the resonance
$C_2$	$Y_{22}$	At the resonance

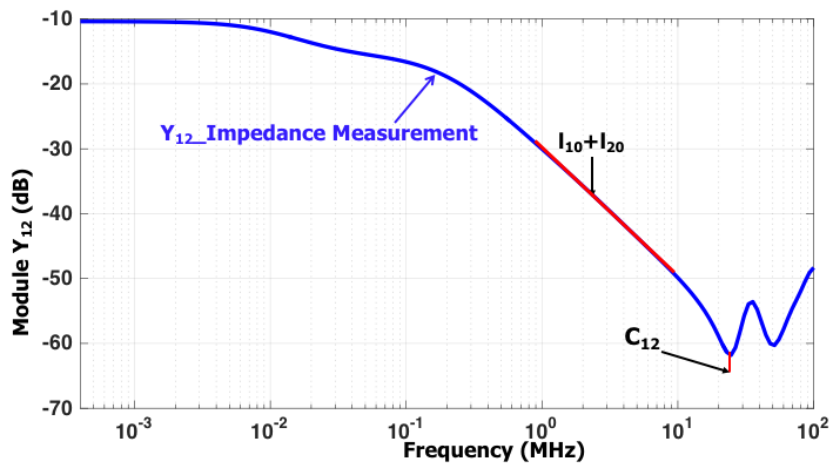


Fig. 7.  $Y_{12}$  parameter versus frequency

An example of the extraction of  $l_{10}$ ,  $l_{20}$  and  $C_{12}$  is given in figure 7 where the extraction of  $l_{10}$  and  $l_{20}$  are obtained by the slope of  $Y_{12}$  parameter for lower frequencies and the  $C_{12}$  parameter is obtained at the resonance frequency.

#### 4 THE LOW CUT-OFF FREQUENCY $f_{CL}$

In this paragraph, the influence of two equivalent circuit elements ( $r_1$  and  $L_F$ ), of a geometrical dimension ( $E_{insu}$ ) and of a material characteristic ( $\mu_r$ ) is studied.

##### 4.1 STUDY OF LOW CUT-OFF FREQUENCY VERSUS EQUIVALENT CIRCUIT ELEMENTS.

At low frequency, the three capacitors  $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_{12}$  can be neglected. If no load is connected to the secondary winding the secondary winding impedance does not impact low cut-off frequency [16]. Moreover, the core losses at low frequency are weak, that means the resistance  $R_F$  is very high and is neglected. Then simplified model suggested by Chris Trask [13], [14] is well suitable to describe the transformer behavior at low frequency.

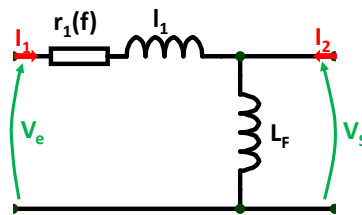


Fig. 8. Simplified model at low frequency

Then, only three elements define the low-cut frequency of the transformer as shown Fig. 8: the primary leakage inductance  $l_1$ , the magnetizing inductance  $L_F$  and the primary winding resistance  $r_1$ . The low cut-off frequency is expressed as follows:

$$f_{CL} = \frac{1}{2\pi * \tau_2} = \frac{1}{2 * \pi * \left(\frac{L_F + l_1}{r_1}\right)} \quad (1)$$

Some simulations are performed to illustrate the influence of these three elements:

##### 4.1.1 INFLUENCE OF THE RESISTANCE $R_1$

At low frequency, both skin effect and proximity effect can be neglected, then the primary winding resistance is independent of frequency. This resistance only depends on the material resistivity  $\rho$  and the conductor dimensions (length  $l$ , width  $w$  and thickness  $e$ ) [15].

$$R = \rho \frac{L}{l * e} \quad (2)$$

Fig. 9 shows the evolution of the frequency response for different values of the resistance which ranges from 1.5 to 6  $\Omega$ , the nominal value for the fabricated transformers is around 2  $\Omega$ . These simulations are performed with the equivalent circuit shown Fig. 6.

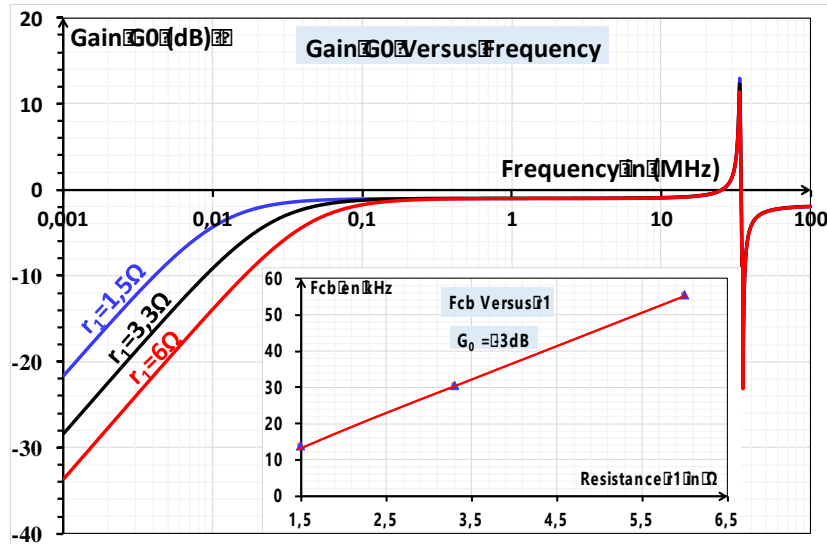


Fig. 9. Influence of the resistance  $r_1$  of the low cut-off frequency

The low cut-frequency linearly increases with the resistance  $r_1$  as given by equation (1).

4.1.2 INFLUENCE OF THE MAGNETIZING INDUCTANCE  $L_F$

The effect of the magnetizing inductance  $L_F$  on the low cut-off frequency  $F_{CL}$  is shown on Fig. 10. The same approach is implemented using the electrical model shown Fig. 6. For these simulations the magnetizing inductance ranges from 20  $\mu\text{H}$  to 30  $\mu\text{H}$  (the typical value for the fabricated transformer is around 15  $\mu\text{H}$ ).

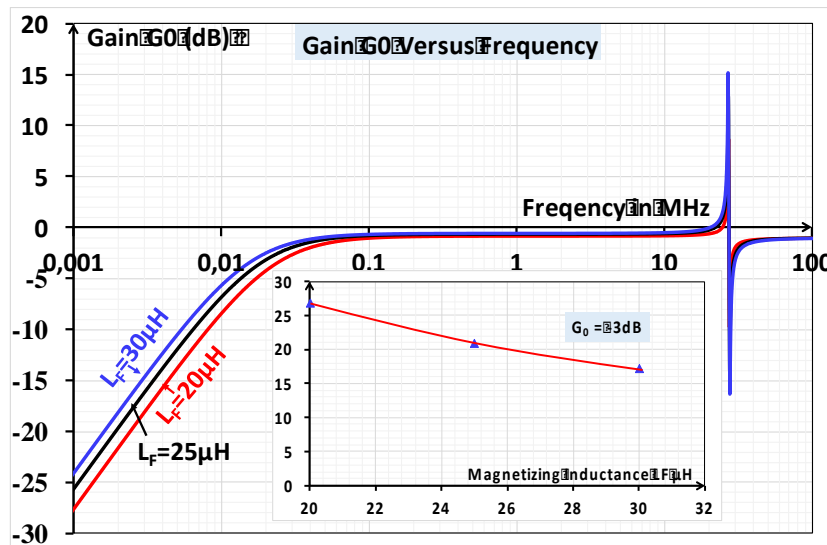


Fig. 10. Influence of  $L_F$  on the cut-off frequency ( $F_{CL}$ )

As expected, the low cut-off frequency decreases when the increasing of magnetizing inductance.

4.2 STUDY OF LOW CUT-OFF FREQUENCY VERSUS GEOMETRICAL AND PHYSICAL PARAMETERS OF THE TRANSFORMER

In order to confirm these results, different simulations are performed using HFSS software. Two of them are shown below, the first one concerns the influence of the air-gap and the second one is related to the permeability of the magnetic material.

4.2.1 INFLUENCE OF THE AIR-GAP THICKNESS ON THE LOW CUT-OFF FREQUENCY FCL

The air-gap between the two magnetic layers corresponds to the insulator layer made with the SU8 photoresist as shown on Fig.3 [10]. This SU8 layer insures a working insulation voltage around 100 V per some  $\mu\text{m}$ . Fig. 11 shows the effect of this air-gap on the low cut-off frequency. By increasing the SU8 thickness between 15 and 50  $\mu\text{m}$ , one can observe that the cut-off frequency increases due to the decrease of the magnetizing inductance.

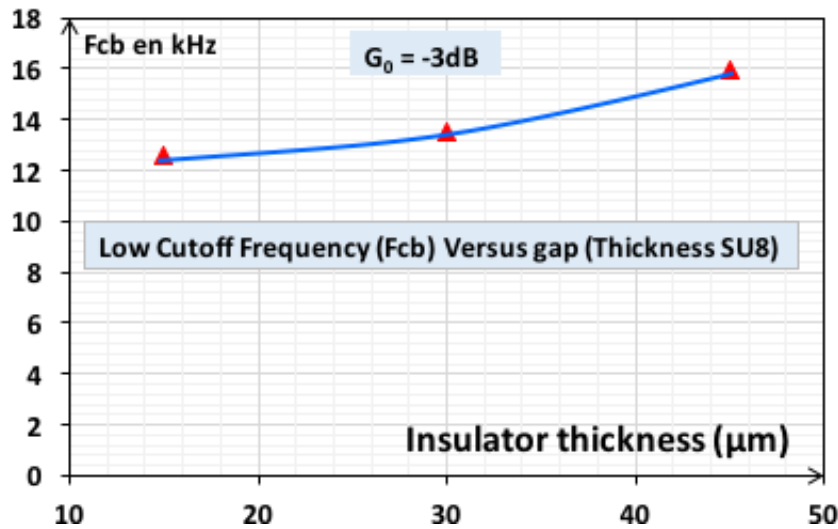


Fig. 11. Influence of the insulator thickness on the low cut-off frequency

4.2.2 INFLUENCE OF THE RELATIVE PERMEABILITY  $\mu_r$  ON THE LOW CUT-OFF FREQUENCY FCL

In this paragraph the influence of the magnetic material relative permeability is studied. For high frequency ferrite such as Yttrium Iron Garnet the relative permeability is quite low, classically less than 100. Fig. 12 shows the evolution of  $F_{CL}$  versus the relative permeability  $\mu_r$ . One can see that as the permeability rises, the cut-off frequency decreases. Indeed, if the permeability  $\mu_r$  increases the magnetizing inductance  $L_F$  increases as well. In these conditions, the cut-off frequency  $F_{CL}$  decreases as given by equation (1).

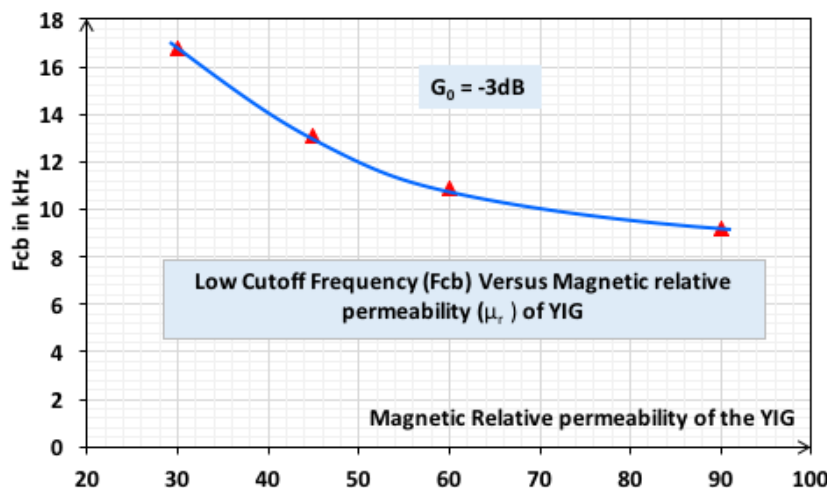


Fig. 12. Influence of the permeability  $\mu_r$  on  $F_{CL}$

As a conclusion, one can say that the low cut-off frequency  $F_{CL}$  only depends on three parameters of the equivalent circuit: the resistance of the primary winding  $r_1$ , the magnetizing inductance  $L_F$  and the leakage inductance  $l_1$  of the transformer primary. In order to decrease this low cut-off frequency, one can exploit several geometrical and physical parameters such as conductor dimensions, insulator thickness, relative permeability ...

5 THE HIGH CUT-OFF FREQUENCY  $F_{CH}$

In this paragraph, the influence of one equivalent circuit element ( $C_{12}$ ) and of a geometrical dimension ( $E_{insu}$ ) is considered.

5.1 STUDY OF HIGH CUT-OFF FREQUENCY  $F_{CH}$

At high frequency, the resistances  $r_1$  and  $r_2$  are neglected in comparison with the impedance  $l_1w$  et  $l_2w$ . The capacitor  $C_1$ , in parallel with the primary winding do not affect the high cut-off frequency. Then, the equivalent circuit shown in Fig. 13a is used to determine  $F_{CH}$ . By using the Kennelly's Star-Delta Transformation, the circuit shown in Fig. 13b is obtained. The expression of the three inductances  $L_{AB}$ ,  $L_{AC}$  and  $L_{BC}$  are the following:

$$L_{AB} = \frac{l_1 \times l_2 + l_2 \times L_F + L_F \times l_1}{L_F} \quad (3)$$

$$L_{BC} = \frac{l_1 \times l_2 + l_2 \times L_F + L_F \times l_1}{l_1} \quad (4)$$

$$L_{AC} = \frac{l_1 \times l_2 + l_2 \times L_F + L_F \times l_1}{l_2} \quad (5)$$

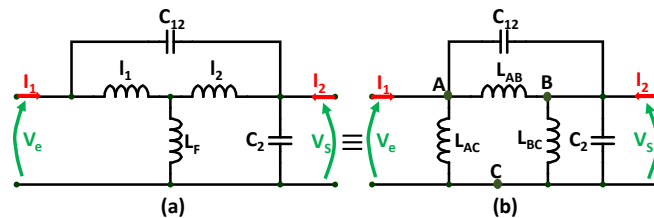


Fig. 13. Kennelly's Star-Delta Transformation: a) Star, b) Delta

The equivalent circuit shown in Fig. 3 is used to simulate the behavior of the transformer at medium and high frequencies as shown in Fig. 14. One can see that resonance frequency and high cut-off frequency are very close. An acceptable approximation is to consider  $F_{CH}=F_{reso}$ . In these conditions, an expression of high cut-off frequency is:

$$F_{CH} \approx F_{reso} = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{\left(\frac{L_{AB} \times L_{BC}}{L_{AB} + L_{BC}}\right) \times (C_{12} + C_2)}} \quad (6)$$

The resonance is due to the inductances  $L_{AB}$  in parallel with  $L_{BC}$  and the capacitances  $C_{12}$  in parallel with  $C_2$ .

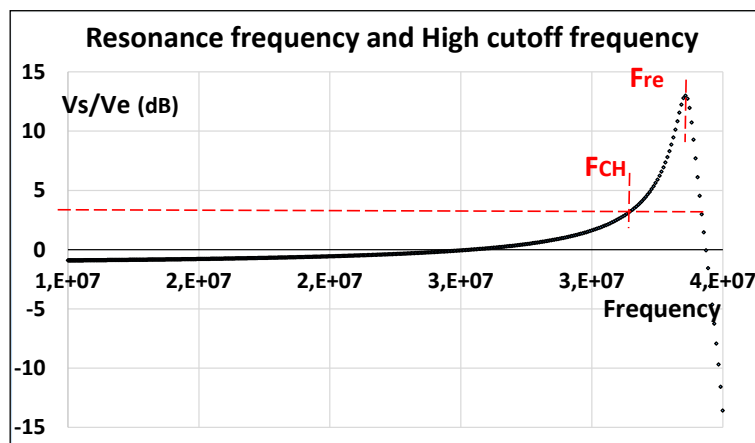


Fig. 14. Resonance and high cutoff frequencies

In order to validate this approximation, we compare in Fig. 15 the resonance frequency calculated with the formula (6) and the high cut-off frequency determined by simulation with the electrical circuit given in Fig. 3. For a capacitance  $C_{12}$  ranging from 6 to 9 pF, there is not significant difference between these two frequencies.

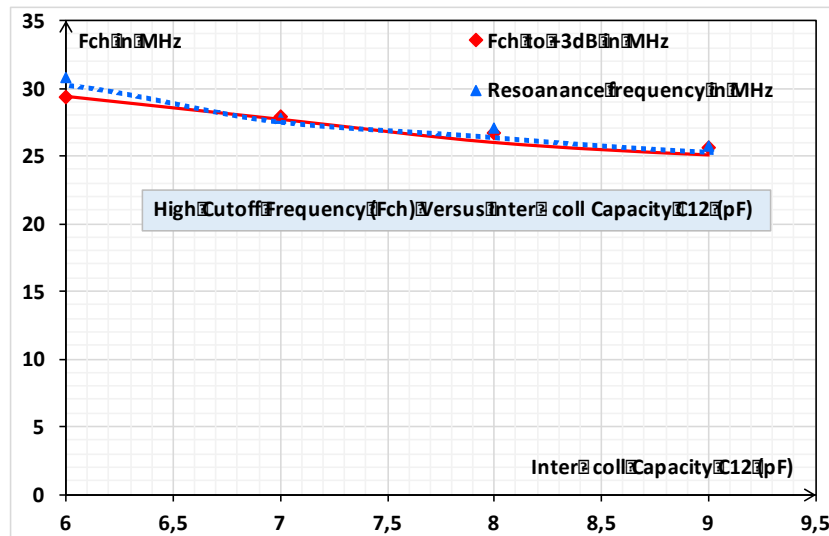


Fig. 15. Influence of  $C_{12}$

5.2 STUDY OF HIGH CUT-OFF FREQUENCY VERSUS SU8 THICKNESS

In order to confirm this result, different simulations are performed using HFSS software. The capacitance  $C_{12}$  depends on the insulator thickness between the two magnetic layers. An approximate formula for  $C_{12}$  is given using the formula of parallel plate capacitor. For this case  $d$  is equal to the insulator thickness  $E_{insu}$ .

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (7)$$

Thus, by simulation we varied the insulator thickness to study its influence on the high cut-off frequency. Fig. 16 shows the evolution of  $F_{CH}$  versus  $E_{insu}$  which ranges from 15  $\mu\text{m}$  to 45  $\mu\text{m}$ . The capacitance decreases when the insulator thickness  $E_{insu}$  increases. For low thickness, the total capacitance  $C_{12}+C_2$  decreases and the cut-off frequency increases as expected. But, for high thickness, the capacitance  $C_{12}$  becomes low and the total capacitance  $C_{12}+C_2$  remains quite constant, the cut-off frequency does significantly not change.

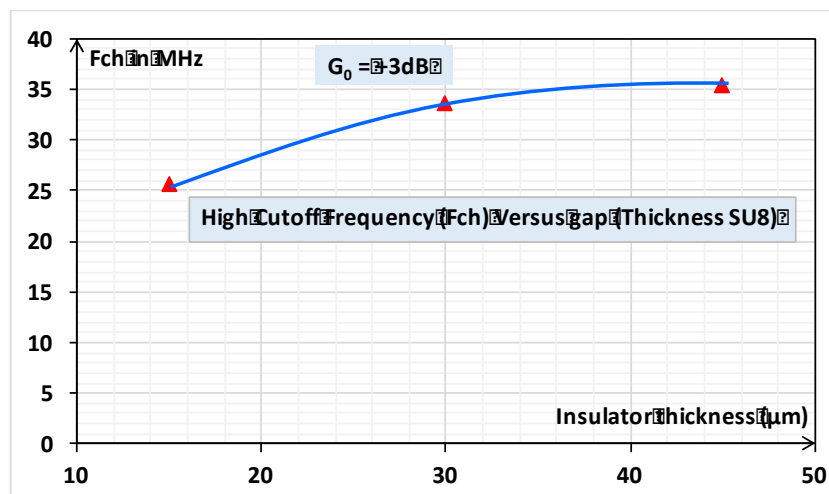


Fig. 16. High cut-off frequency  $F_{CH}$  versus insulator thickness  $E_{insu}$

In conclusion, the interwinding capacitance  $C_{12}$ , which is greater than  $C_2$  limits the bandwidth of the transformer. Moreover, for switch drivers,  $C_{12}$  must to be decreased as low as possible (few pF) [17].

### 6 THE GAIN $G_0$

The Gain  $G_0$  is the ratio between the secondary voltage  $V_s$  over the primary one for no load. This Gain is defined within the bandwidth.

$$G_0 = \frac{V_s}{V_e (i_s=0)}$$

In these conditions, one can simplified the equivalent circuit given in Fig. 6: Capacitors are removed and the secondary impedance as well (no load is connected) as shown Fig. 17.

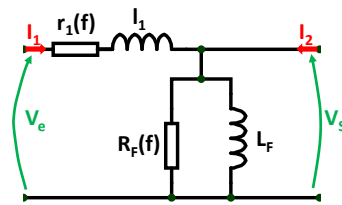


Fig. 17. Equivalent circuit within the bandwidth

Classically for these frequencies within the bandwidth, the resistance  $r_1$  is much smaller than the impedance  $l_1\omega$  ( $r_1 \ll j l_1\omega$ ) and the resistance  $R_f$  is greater than  $L_f\omega$  ( $R_f \gg j L_f\omega$ ) [14]. Thus, using voltage divider rule, the gain  $G_0$  is expressed as follows:

$$G_0 = \frac{L_F}{L_F + l_1} = \frac{1}{1 + \frac{l_1}{L_F}} \quad (8)$$

Thus, the gain  $G_0$  only depends on the ratio between the magnetizing inductance  $L_f$  and the leakage inductance  $l_1$  [15]. A simulation with the complete electrical model given in Fig. 6 was performed and the results shown Fig. 17, are compared to those obtained using formula (8).

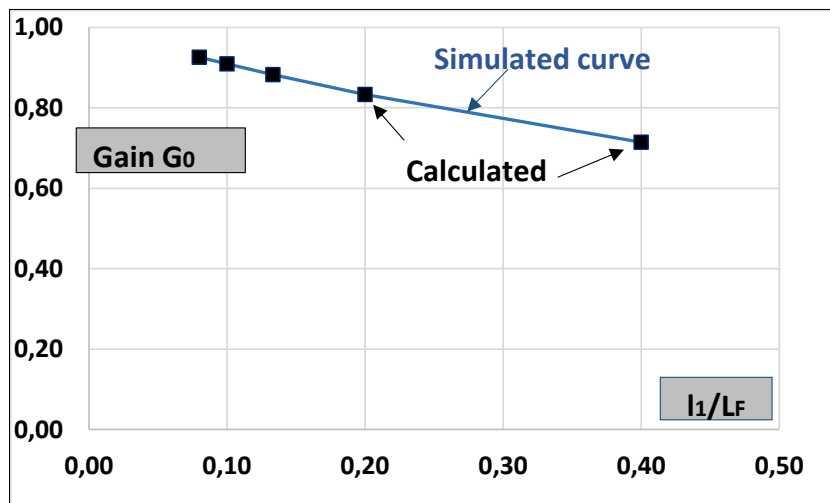


Fig. 18. Gain  $G_0$  versus the ratio  $l_1/L_f$

One can observe that the results given by the two approaches are identical. For a low ratio of  $l_1/L_f$  i.e. with few leakage flux, the Gain  $G_0$  tends towards the maximum value equals to 1 ( $n_1=n_2$ ). Conversely, a bad coupling between primary and secondary windings leads to decrease the gain.

- In order to confirm these results, simulations were performed by using HFSS. The influence of two parameters were studied: the insulator thickness between primary and secondary windings
- the magnetic material permeability  $\mu_r$ .

Fig. 19 illustrates the influence of the insulator thickness on the Gain  $G_0$  for reasonable thicknesses that ranges between 15 and 45 $\mu\text{m}$ . The increase of insulator thickness leads to a less good coupling between windings, which causes an increase of the leakage inductance and a decrease of the magnetizing inductance.

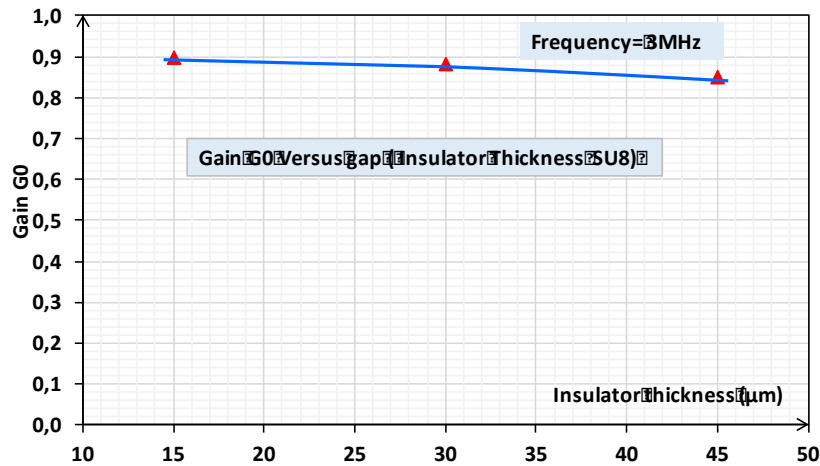


Fig. 19. Gain  $G_0$  versus SU8 insulator thickness

- The next figure shows the influence of magnetic permeability on the Gain. The higher the magnetic permeability, the less the leakage flux are important, then, the ratio  $I_1/L_f$  increases and therefore the gain as well.

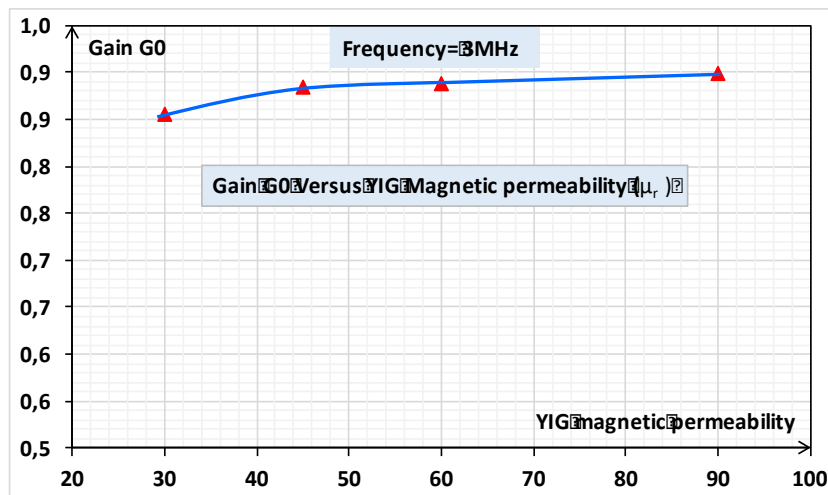


Fig. 20. Gain  $G_0$  versus magnetic permeability  $\mu_r$

## 7 CONCLUSION

The aim of this article was to identify the main parameters that limit the bandwidth and the voltage gain of an integrated transformer. First of all, the integrated transformer and some information about its fabrication were presented. Thus, a equivalent circuit was defined and its parameters were determined by using measurements. A study of influence of each element of the equivalent circuit was carried out and the main results were presented. An expression of cut-off frequencies and Gain of the transformer was determined. Simulations using a circuit simulation software and a finite element software were performed to confirm our results.

## REFERENCES

- [1] C.D. MEYER et al, "High-Inductance-Density, Air-Core, Power Inductors, and Transformers Designed for Operation at 100–500 MHz", *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol. 46, pp.2236-2239, June 2010.
- [2] Rongxiang WU, S.Y. Huil, "A Novel Silicon-Embedded Coreless Transformer for Isolated DC-DC Converter Application", *IEEE Proceedings of the 23rd International Symposium on Power Semiconductor Devices & IC's*, pp.352-355, May 2011.
- [3] Hideyuki ITO et al, "Fabrication of Planar Power Inductor for Embedded Passives in LSI Package for Hundreds Megahertz Switching DC–DC Buck Converter", *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol.47, pp.3204-3207, October 2011.
- [4] Ningning Wang, et al, "High Efficiency Si Integrated Micro-transformers Using Stacked Copper Windings for Power Conversion Applications", *IEEE Enterprise Ireland UTIM, PHMiS projects*, pp.411-416, 2012.
- [5] K. Youssouf, F. Kahlouche, M. Soultan, M. Youssouf, M.H. Bechir, S. Capraro, J.P. Chatelon, A. Sibli, J.J. Rousseau, "Design and study of interleaved and face to face magnetic microtransformers", *IEEE trans on electron devices*, vol. 61, pp. 2873-2878, August 2014.
- [6] Dejan VASIC, François COSTA, Emmanuel SARRAUTE, "A New MOSFET & IGBT Gate Drive Insulated By A Piezoelectric Transformer", *IEEE 32nd Annual Power Electronics Specialists Conference, 2001. PESC*, pp.1479-1484, Vol.3, 17-21 June 2001.
- [7] Ali Moazenzadeh, Fralett Suárez Sandoval, Nils Spengler, Vlad Badilita, "3-D Microtransformers for DC–DC On-Chip Power Conversion", *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 30, pp.5088-5102, 06 November 2014.
- [8] D.A. Frickey, "Conversions between S, Z, Y, H, ABCD and T parameters which are valid for complex source and load impedances", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 42, pp. 205-211, February 1994.
- [9] M. A. Taha, D. A. Oumar, A. Abderahim, S. Capraro, D. Pietroy, and J.J. Rousseau, "Simulation, Modeling, Manufacturing and Characterization of planar Magnetic Face to Face Integrated Transformer", *IEEE Transaction on Magnetics*, Vol. 54, october 2018.A.
- [10] T. Mahamat, B. Danoumbé, M. Youssouf, J. P. Chatelon, S. Capraro, and J.J. Rousseau, "Optimization of integrated magnetic planar transformer" in *Proc. Eur. Conf. Power Electron. Appl. (EPE)*, Karlsruhe, Germany, p1-8, Sep. 2016.
- [11] D. C. Laney, L. E. Larson, P. Chan, J. Malinowski, D. Haramé, S. Subbanna, R. Volant, et M. Case, "Lateral microwave transformers and inductors implemented in a Si/SiGe HBT process", in *Microwave Symposium Digest, 1999 IEEE MTT-S International*, vol. 3, p. 855-858, 1999.
- [12] Chris Trask, "Wideband Transformers: An Intuitive Approach to Models, Characterization and Design," *Applied Microwave & Wireless*, Vol. 13, No. 11, November 2001, pp. 30-41.
- [13] Chris Trask "Wideband Transformer Models: Measurement and Calculation of Reactive Elements", *earthlink.net*, 2008.
- [14] A. Abderahim, A. T. Mahamat, J. P. Chatelon, D. Pietroy, S. Capraro, and J. J. Rousseau, "Approach of copper losses determination in planar windings" *Electron. Lett.*, vol. 52, pp. 1050–1052, Jun. 2016.
- [15] Ningning Wang, Terence O'Donnell, Saibal Roy, Santosh Kulkarni, Paul McCloskey, and Cian O'Mathuna, "Thin Film Microtransformer Integrated on Silicon for Signal Isolation", *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol.. 43, No. 6, pp.2719-2721 June 2007.
- [16] John R. Long, "Monolithic Transformers for Silicon RF IC Design", *IEEE Journal Of Solid-State Circuits*, Vol. 35, No. 9, pp. 1368-1382, September 2000.
- [17] Aliakbar Ghadiri and Kambiz Moez, "Bandwidth Enhancement of On-Chip Transformers Using Negative Capacitance", *IEEE Transactions On Circuits And Systems—II: Express BriefsR*, Vol. 59, No. 10, pp.648-652, October 2012.

## Radial and longitudinal variation of wood density and mixed equations for estimating biomass of pioneer species in secondary forests

Samuel Severin Kenfack Feukeng<sup>1</sup>, Olivier Clovis Kengne<sup>2</sup>, Junior Baudoin Wouokoue Taffo<sup>3</sup>, Vivien Rossi<sup>4</sup>, Roland Nnomo Douanla<sup>1</sup>, Victor François Nguetsop<sup>1</sup>, and Louis Zapfack<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Biology, University of Dschang, P.O. Box: 67 Dschang, Cameroon

<sup>2</sup>Department of Life and Earth Sciences, University of Maroua, P.O. Box 55 Maroua, Cameroon

<sup>3</sup>Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Maroua, P.O. Box: 814 Maroua Cameroon

<sup>4</sup>RU Forests and Societies, CIRAD, P.O. Box: 2572 Yaounde, Cameroon

<sup>5</sup>Department of Plant Biology, University of Yaounde I, P.O. Box: 812 Yaoundé, Cameroon

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

**ABSTRACT:** The search for accuracy on biomass estimation is growing significantly, however density measurements are still essential to reduce bias in biomass estimations. The objective of this research was to: (1) test longitudinal and radial variations in wood density of *Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis*. (2) Fitting mixed models of secondary forests pioneer species. Data for density determinations and fitting allometric equations were obtained by destructive method, on a sample of 115 trees. Archimedes' principle applied to the biomass data yielded the average densities of the three respective species (0.726; 0.214 and 0.35 in g.cm<sup>-3</sup>). This variable associated with tree height, crown diameter and diameter at breast height were used to explain tree biomass through ten fitted mixed models. The model, Aboveground biomass =  $\text{Exp}(-0.85 + 2.19 \times \ln(\text{DBH}) + 1.1 \times \ln(\phi))$ , with a low Akaike Information Criterion (AIC = 78.76), the high correlation coefficient (Adjusted.R<sup>2</sup> = 96.4%), the low rate of residual standard error (RSE = 0.33) and the Relative Root Mean Square Error (RRMSE = 0.39), was selected as the best mixed model. The full model (Aboveground biomass =  $\text{Exp}(-0.84 + 0.63 \times \ln(\text{DBH}^2 \times H) + 0.85 \times \ln(\phi) + 0.54 \times \ln(C))$ ) under the validation criteria was found to be efficient (adjusted R<sup>2</sup> = 0.96; RRMSE = 0.41; average error = 15.95). However, density variations must be considered to reduce bias in the estimation. In addition, increased collection of large amounts of secondary forest data remains essential for fitting more robust mixed models.

**KEYWORDS:** allometric equations; pioneer species, secondary forests, biomass, wood density.

### 1 INTRODUCTION

Wood is the essential material of the trunk, it plays multiple functions such as the transport of raw sap from the roots to the aerial parts of the tree, the mechanical support of the tree and the storage of reserves. In addition to these functions, the wood with this mechanical property, physiologically influences the storage of carbon and makes forest ecosystems an excellent carbon sink. It's important to appreciate the effect of density variations in the estimation of tree biomass. Within each tree, wood density varies among compartments (branches, trunk, stump, and roots) and can also vary radially within the trunk during growth (Henry *et al.*, 2010). In a rainforest plantation in Venezuela in 2004, some authors reported a decrease in wood density from the bark to the heartwood, a decrease from the stump to the middle of the bole, and then an increase toward the top of the stem for *Gmelina arborea*. Furthermore Nogueira (2005) showed that along the same tree, wood density varies from the base to near the top, radially from the cambium to the heartwood. In the same facet, Djomo (2017) showed that this density decreased from the base towards the top. Different biological and eco-physiological aspects such as structural requirements, tree architecture, age, compartment where the sample was measured within the tree, phytogeography, light and rapid growth are reported to be responsible for variation in trunk density (Favrichon, 1994; Ter Steege *et al.*, 2001; Williamson, 1984) and would be related to density variations, a variable reported to be reliable in explaining biomass.

In Cameroon, studies on biomass estimates with the development of allometric equations are in full growth, however the available results are very weak, compared to the current need for biomass estimation which can be done not only at the tree scale but also at the stand or ecosystem scale by allometric equations or by remote sensing method (Goodman *et al.*, 2014; P. Ploton *et al.*, 2016). The models fitted up to

now are for the majority, those of a genus, species, ecosystem or a region. Beyond the work of Feukeng (2020) on single-species equations for estimating biomass of some pioneer species, very few studies have been done on allometric equations of secondary forests species. The development of allometric equations for biomass estimation is done by the destructive method, inventory data or dendrometric variables are converted to biomass through these equations once tested and validated (Chave *et al.*, 2014).

The objective of this study was to analyze radial and longitudinal variations in wood density of *Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis*, to associate *Polyscias fulva* and *Pycnanthus angolensis* with the above species to fit mixed models for estimating tree biomass in semi-deciduous forests.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 STUDY SITE

The study area is located in the Center region of Cameroon, specifically in the Mbankomo subdivision in the Mefou and Akono Division, about 22 Km from Yaounde. This subdivision covers an area of 1300 km<sup>2</sup> between 11°13' and 11°39' East longitude and between 3°37'30 and 3°52' North latitude. Phytogeographically, this area belongs to the domain of semi-deciduous forests with savannas included (Letouzey *et al.*, 1985). The intensity of human activity in this area is responsible for its overall appearance of secondary semi-deciduous forest, with altitude ranging from 650 to 900 m above sea level. Mbankomo is topographically located on the upper basins of the Nyong and Sanaga rivers (PNDP, 2011).

### 2.2 DATA COLLECTION

The collection of biomass data for the establishment of allometric equations and the study of density variations was obtained by the destructive sampling of 115 trees across a huge range of diameter (5 – 97.5 cm). Five pioneer species have been identified at the taxa level (*Distemonanthus benthamianus* (35 trees), *Musanga cecropioides* (38 trees), *Trema orientalis* (30 trees), *Polyscias fulva* (09 trees) and *Pycnanthus angolensis* (03 trees). Thus, each selected tree was felled at ground level, cut and then weighed separately according to the compartments. This collection had for objective to obtain the fresh weight of each compartment of the felled tree (stump, trunk, branches without leaves and isolated leaves). The weighing of the compartments required an electronic balance. Disc samples were collected from different levels of the stump, trunk and branches. These samples were immediately weighed using a high precision electronic balance and then taken to the Botany and Systematics Laboratory of the University of Yaoundé I where they were oven dried at 105° C for the woody samples and 70° C for the leaves samples until constant weight was obtained. The dry mass obtained for each fraction was used to estimate the total dry mass of each compartment and then that of the entire tree. In addition to the biomass data that were collected on each sampled tree, dendrometric parameters were also measured (diameter at breast height and total tree height). As for the crown diameter, the average of the crown diameters according to the orientations (North-South, East-West, North-East/South-West and North-West/South-East) was used to calculate the average crown diameter of the sampled tree.

### 2.3 DATA ANALYSIS

#### 2.3.1 WOOD DENSITY

The fresh weight was measured directly in the field and the volume was calculated using Archimedes principle. According to this principle, a solid immersed in water experiences an upward force equal to the weight of the water it displaces because the wood density of water is 1 g/cm<sup>3</sup> (Djomo *et al.*, 2017). For volume determination, each fresh sample was fully immersed in water on a graduated cylinder and the weight of displaced water was read on the electronic balance calibrated to 0. The dry weight was obtained by drying the samples in an oven at a constant weight for 48 to 72 hours depending on the type of species. The constant weight was obtained after several weighing of the samples at regular intervals every seven hours until weight stabilization. The volume and dry weight measurements were used to calculate the density of the wood using the formula:

$$\phi_i = \frac{M_i}{V_i} \text{ (Fearnside et al., 1997)}$$

Where  $M_i$  is the dry mass (g),  $V_i$  is the fresh sample volume in cm<sup>3</sup>, and  $WD_i$  is the wood density (g/cm<sup>3</sup>) of wood sample  $i$ . For each tree, densities at the base, mid-trunk, and crown portions were calculated. The average density of the tree is the average of the wood densities of the three levels.

$$\phi_{\text{mean}} = \frac{\phi_{\text{basis}} \times V_{\text{basis}} + \phi_{\text{middle}} \times V_{\text{middle}} + \phi_{\text{top}} \times V_{\text{top}}}{V_{\text{basis}} + V_{\text{middle}} + V_{\text{top}}} \text{ (Pearson et al., 2005)}$$

With  $\phi_{\text{basis}}$ ,  $\phi_{\text{middle}}$ ,  $\phi_{\text{top}}$  the densities respectively at the base of the bole, the middle of the bole and near the top;  $V_{\text{base}}$ ,  $V_{\text{middle}}$  and  $V_{\text{top}}$  the wood volumes respectively at the base of the bole, at the middle and the top (Nogueira *et al.*, 2007).

### 2.3.2 ALLOMETRIC EQUATIONS

For the establishment of the mixed allometric equations, we selected the variables diameter at breast height, total height, crown diameter and average wood density. The response variable was the total dry mass. To avoid problems of heteroscedasticity, we used the logarithm function to linearize the variables (Mascaro *et al.*, 2014; Xiao *et al.*, 2011), this is the most recommended function in the establishment of allometric equations for tree biomass estimation (Djomo *et al.* 2016; Picard *et al.*, 2012;).

We also did combinations of variables such as  $(DHP)^2 \times H$ ,  $(DHP)^2 \times C$ ,  $(DHP)^2 \times H \times C$ , and  $(DHP)^2 \times H \times C \times \phi$  in the case of multiple linear regression. Since logarithmic transformations introduce biases in the models, these biases were corrected using the correcting factor (CF) which is expressed by the relationship  $CF = (RSE)^2/2$  (Djomo *et al.*, 2016), RSE being the Residual Standar Error. Several additional tests that indicate the goodness of fit of the tested equations were also performed from this study. The following parameters were calculated: Akaike Information Criterion (AIC), RSE, adjusted  $R^2$  (Akaike *et al.*, 1974; Djomo *et al.*, 2017). Parameters such as the mean error and RRMSE (Relative Root Means Square Error) were also calculated for each model. These errors are calculated by the following formulas respectively:

$$\text{Average error or Deviation (\%)} = 100 \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_{pi} - M_i}{M_i} \right)$$

$$\text{RRMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_{pi} - M_i}{M_i} \right)^2}$$

$M_{pi}$  represents the dry weight of the tree predicted by the regression equation,  $M_i$  the observed weight and  $n$  the total number of trees.

$$\text{AIC} = 2k - 2 \ln L$$

$k$  - number of parameters in the regression model,

$L$  - probability of the fitted regression model (Nelson *et al.*, 1999; Basuki *et al.*, 2009)

## 3 RESULTS

The Archimedes principle described in the methodological section and applied to fresh samples of *D. benthamianus*, *M. cecropioides* and *T. orientalis* gave the average wood densities recapitulated in Table 1:

**Table 1.** Longitudinal Variation of the wood density of *Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis* species

Family	Scientific name	N	( $\phi_1$ )	( $\phi_2$ )	( $\phi_3$ )	$\phi$ mean GWD
Fabaceae	<i>D. benthamianus</i>	07	0,736	0,733	0,710	0,726 0,73
Cecropiaceae	<i>M. cecropioides</i>	08	0,232	0,210	0,200	0,214 0,22
Canabaceae	<i>T. orientalis</i>	09	0,371	0,348	0,331	0,350 0,37

$\phi_1$  = Wood density taken at the base,  $\phi_2$  = wood density taken from the middle of the bole,  $\phi_3$  = wood density collected at the crown,  $\phi$  mean = average wood density and GWD = represents the Global Wood Density (Zane *et al.*, 2009).

### 3.1 LONGITUDINAL VARIATION IN WOOD DENSITY

Figure 1a in *Distemonanthus benthamianus* shows drop in density from the base to the middle of the trunk and then from the middle to near the top (0.736 - 0.733 - 0.710) (Figure 1a). In *Musanga cecropioides*, the density decreased from the base to the middle of the trunk and up to near the top (0.232 - 0.209 - 0.200) (Figure 1b). The same observation was made in *Trema orientalis* (c) (0.365 - 0.347 - 0.331) (Figure 1c).

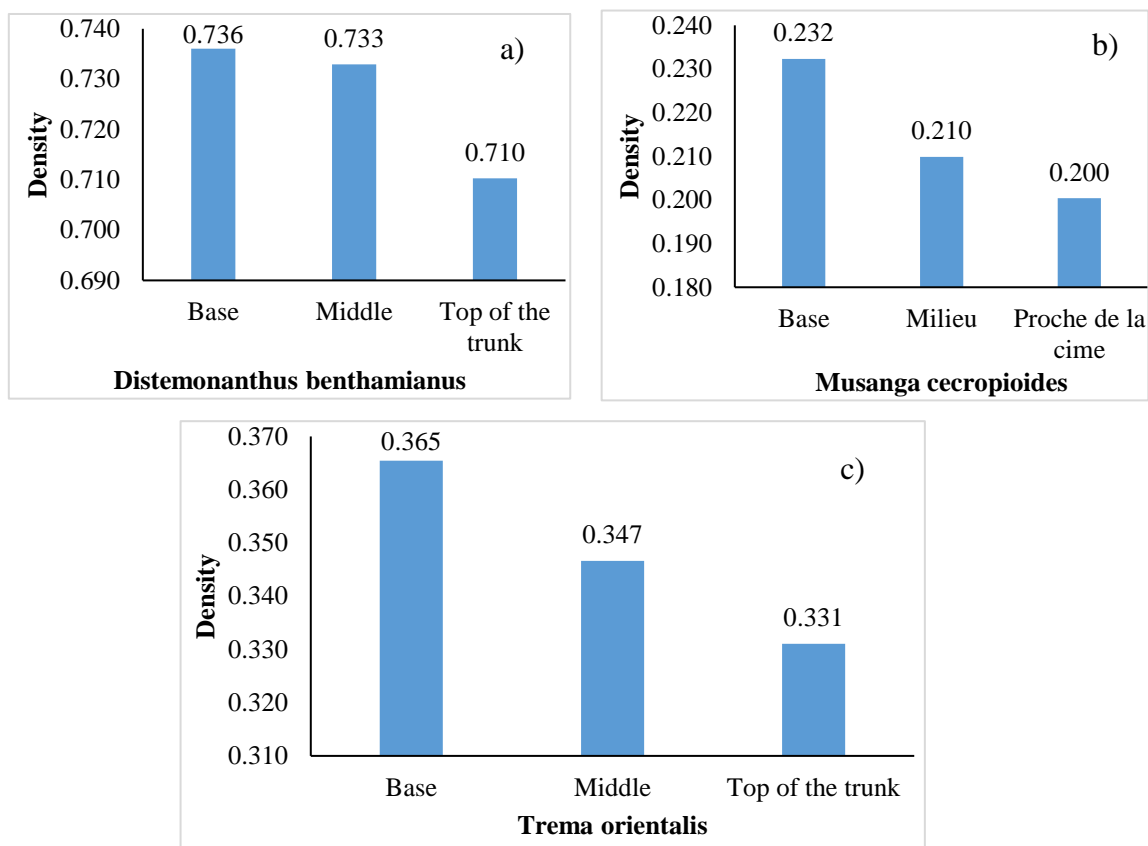


Fig. 1. Longitudinal density variation of *Distemonanthus benthamianus* (a), *Musanga cecropioides* (b) and *Trema orientalis* (c)

The Student's t test applied to the density data of the pairs (Base/Mid-bole), (Base/Near-top), and (Mid-bole/Near-top) yielded Table 2.

Table 2. Student's test for comparison of base, middle and top of the trunk wood densities for the three species (*Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis*).

***Distemonanthus benthamianus***

Pair of densities to be compared	t	df	p-value	Confidence interval	Average base	Average average Middle Top of the trunk	Test result
Base – Middle of the trunk	1.3546	11.228	0,2022	[-0.0018; 0.0078]	0.7360	0.7330 -	No difference
Base – Top of the trunk	4.7881	6.7904	0.0022*	[0.0130; 0.0387]	0,7360	- 0.7101	The densities are different
Middle of the trunk - Top of the trunk	4.1422	7.3407	0.0039*	[0.0099; 0.0357]	-	0.7330 0.7101	The densities are different

***Musanga cecropioides***

Base – Middle of the trunk	1.2599	7.6306	0.2449	[-0.0191; 0.0643]	0.232250	0.2096 -	No difference
Base – Top of the trunk	1.5718	11.194	0.1438	[-0.0126; 0.0764]	0.232250	- 0.2003	No difference
Middle of the trunk – Top of the trunk	0.85662	8.8646	0.4142	[-0.0152; 0.0337]	-	0.209625 0.2003	No difference

***Trema orientalis***

Base – Middle of the trunk	0.9993	9	0.3438	[-55.6514; 143.7277]	44.3847	0.3465 -	No difference
Base – Top of the trunk	0.9996	9	0.3436	[-55.6359; 143.7433]	44.3847	- 0.3310	No difference
Middle of the trunk - Top of the trunk	0.6807	15.848	0.5059	[-0.0329; 0.0640]	-	0.34655 0.3310	No difference

t is the student's statistic, df the degree of freedom, p-value is the degree of significance of the test, confidence interval of the difference of the means to 95%; average at the base of the trunk, in the middle of the trunk, and near the top of the trunk, test result.

### 3.2 DENSITY VARIATION OF WOOD IN THE RADIAL DIRECTION

Analyses are done to evaluate radial variations in wood density of the three species. The radial decrease in density is conspicuous in *D. benthamianus* from the 5% (D/2) position towards the center of the wood through the 50% (D/2) position (Figure 2a). In *M. cecropioides*, this variation is conspicuous; the drop goes from the 5% (D/2) position towards the center of the wood (Figure 2b). However, in *Trema orientalis*, after the fall from the position 5% (D/2) to 50% (D/2), there is a slight variation of this position from 50% (D/2) towards the center (Figure 2c).

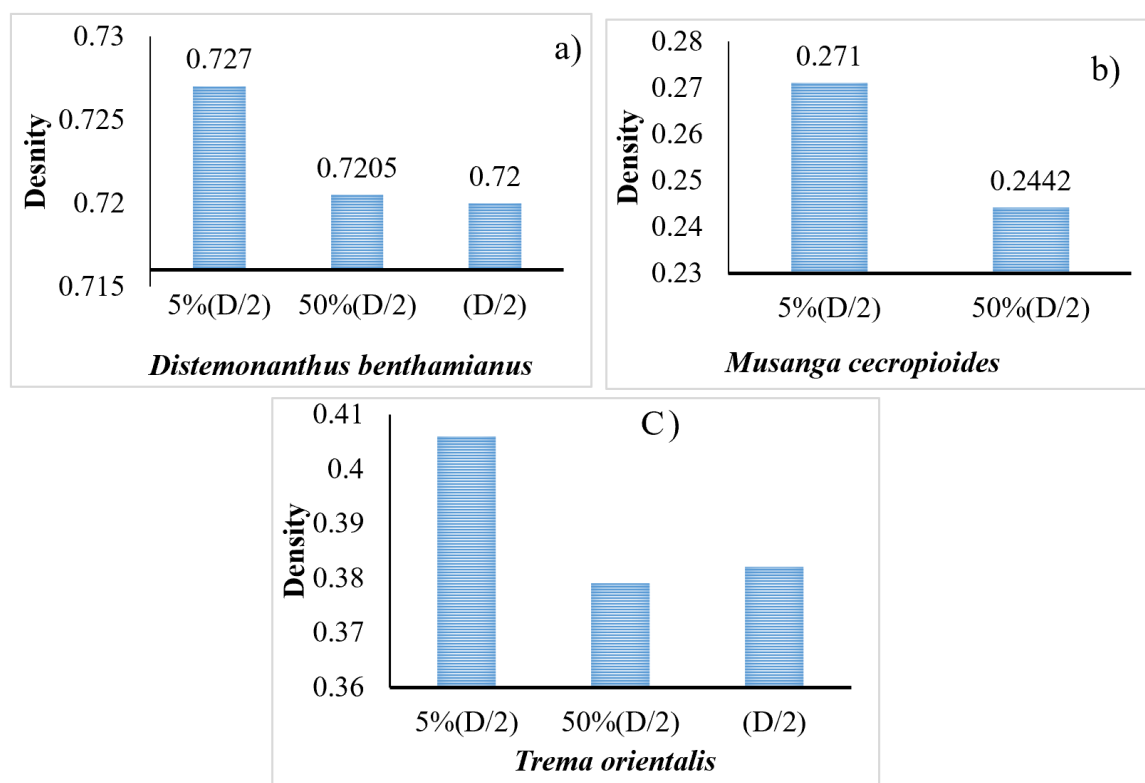


Fig. 2. Radial density variation in *Distemonanthus benthamianus* (a), *Musanga cecropioides* (b) and *Trema orientalis* (c)

The Student's test was also used to compare densities in the radial direction. The results of this test for the three species are reported in Table 3.

Table 3. Student's test for comparison of wood densities of the (5%D/2), (50%D/2) and D/2 levels, from the periphery to the center for the three species *Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis*

#### *Distemonanthus benthamianus*

Pairs to compared	t	Df	p-value	Confidence interval	Average 5% (D/2)	Average Average 50% (D/2) (D/2)	Test result
5% (D/2) - 50% (D/2)	0.6766	7.0889	0.5201	[-0.0103; 0.0186]	0.727	0.722 -	No difference
5% (D/2) - (D/2)	0.9408	7.9989	0.3743	[-0.0097; 0.0230]	0.726	- 0.720	No difference
50% (D/2) - (D/2)	0.4167	7.1352	0.6891	[-0.012; 0.0168]	-	0.722 0.720	No difference

#### *Musanga cecropioides*

5% (D/2) - 50% (D/2)	0.68803	5.9959	0.5172	[-0.0704, 0.1254]	0.272	0.244	No difference
----------------------	---------	--------	--------	-------------------	-------	-------	---------------

#### *Trema orientalis*

5% (D/2) - 50% (D/2)	1.1217	7.1631	0.2982	[-0.0296, 0.0835]	0.406	0.379 -	No difference
5% (D/2) - (D/2)	0.9264	6.6985	0.3864	[-0.0380, 0.0863]	0.406	- 0.382	No difference
50% (D/2) - (D/2)	-0.0946	7.8928	0.9270	[-0.0712, 0.0656]	-	0.379 0.382	No difference

Note: t is student's statistic, df is the degree of freedom, p-value is the degree of significance of the test, confidence interval of the difference of means at 95%.

### 3.3 MIXED ALLOMETRIC EQUATIONS

The second objective of this research was to associate *Polyscias fulva*, *Pycnanthus angolensis* with *Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis* to fit mixed models. Thus, a total of 115 trees were sampled to establish the allometric equations. In the fits, several models were tested. Figure 3 shows the scatter plot of the relationship between total dry above ground biomass and the main explanatory variable (DBH)

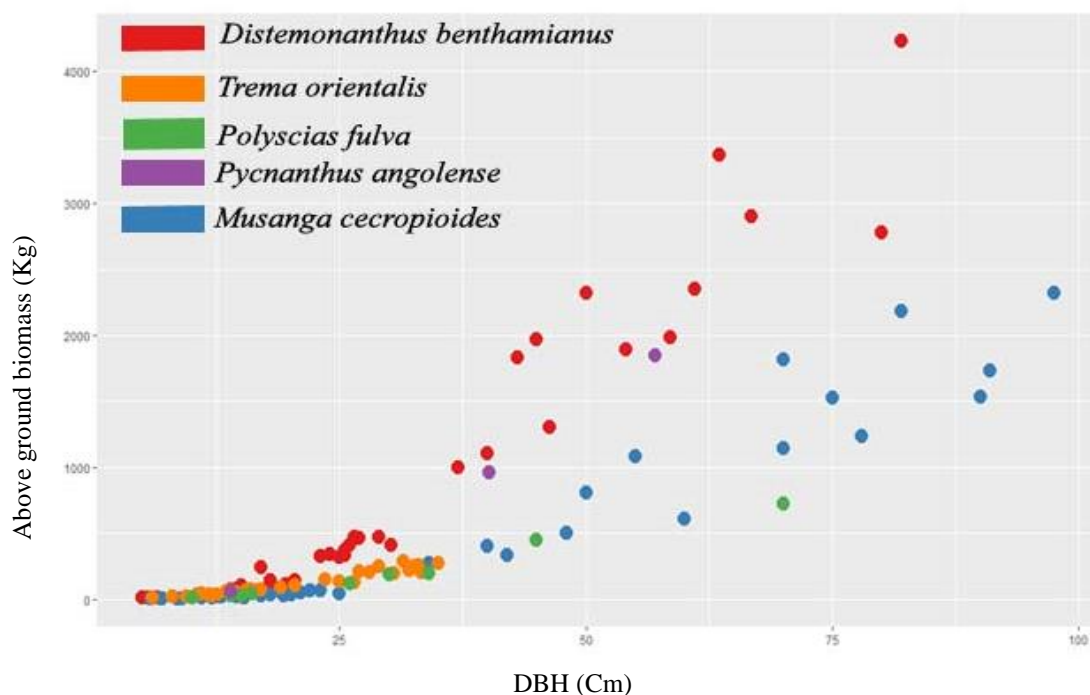


Fig. 3. Correlation between the diameter and aboveground biomass for the 115 trees sampled for mixed model fitting

In order to reduce the gaps and stabilize the variance, the transformation of the variables by the logarithm function allowed to refine the relationship. This linearization allowed us to obtain the figure 5.

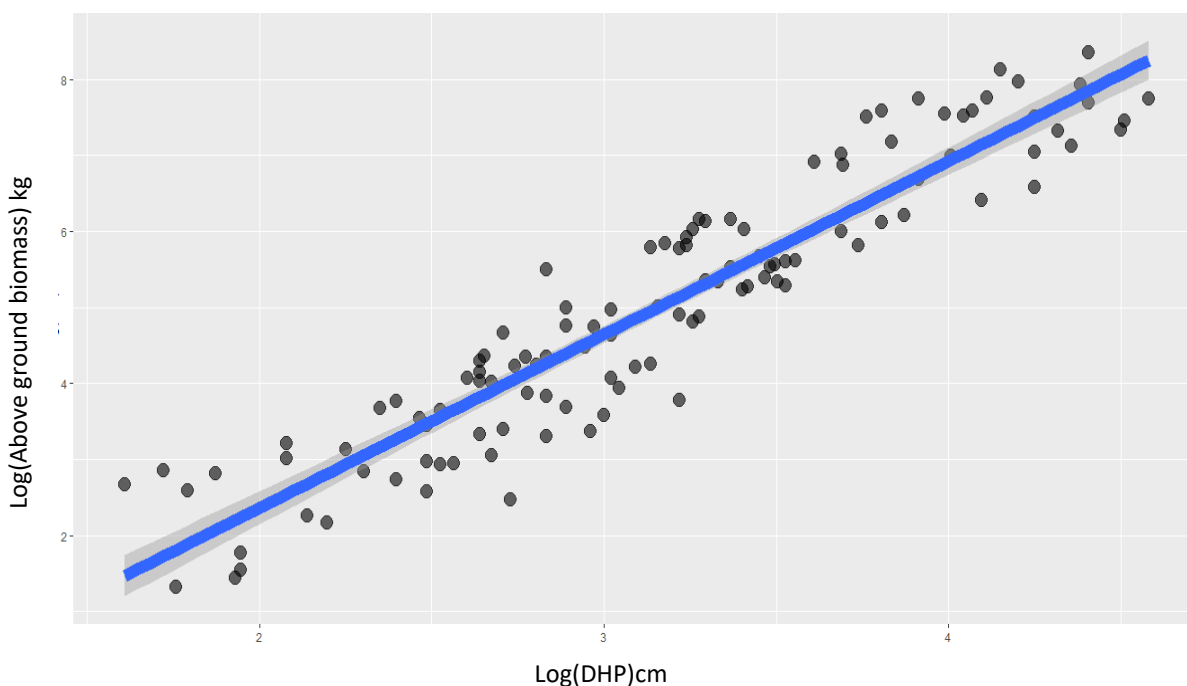


Fig. 4. Correlation between Log (DBH) and Log (Aboveground biomass) for the 115 trees sampled for mixed model fitting

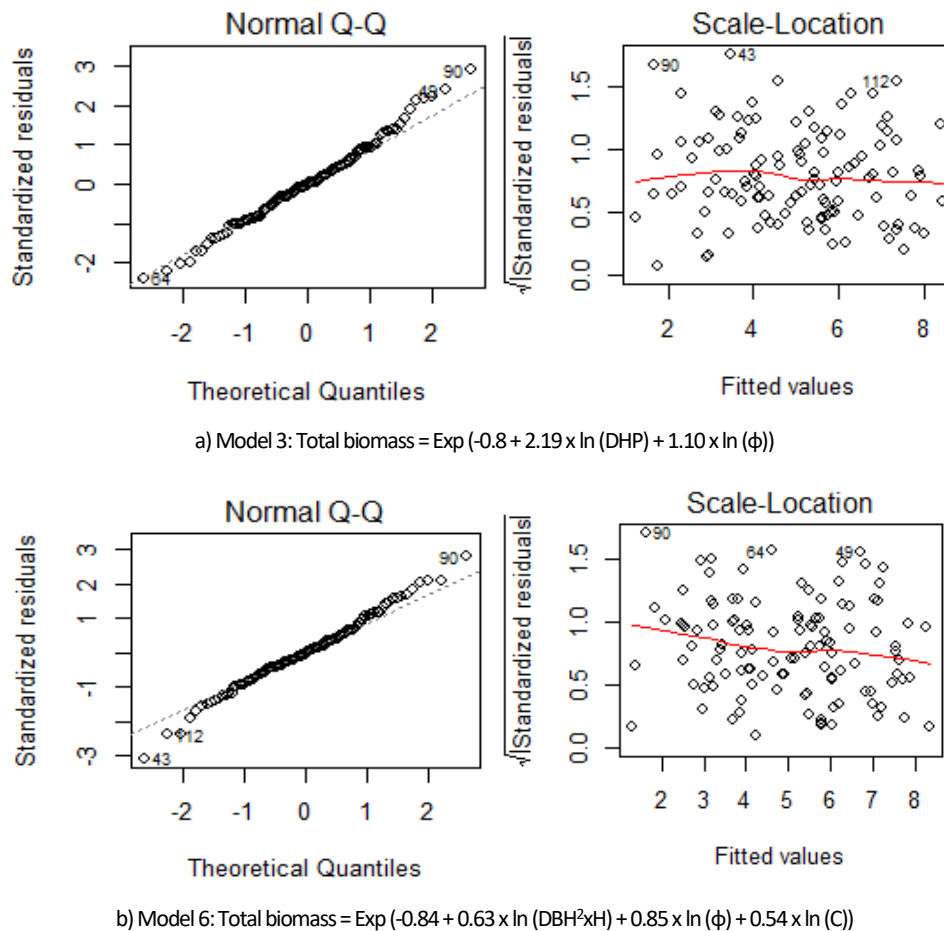
Correcting factor was calculated from the Residual Standard Error and used to correct biases generated by the log transformation. The AIC was also calculated for model comparison. The Relative root mean square error (RRMSE) was also calculated as well as the adjusted R<sup>2</sup>. The results of the mixed model fits are summarized in Table IV.

**Table 4.** Allometric equations for estimations of total aboveground biomass (M); DBH: Diameter of the trees analyzed (DBH); H: tree height; ϕ: wood density; C: crown diameter; N: the sample size; a, b, c and d are the model's fitted parameters; RRMSE: Relative Root Mean Square Error; RSE: Residual Standard Error of the estimate; Adj R<sup>2</sup>: coefficient of determination; AIC: Akaike Information Criterion and CF: correction factor

Models	N	DBH range	a	b	C	d	RRMSE	RSE	Adj.R <sup>2</sup>	AIC	CF
<b>DBH</b>											
M1 lnBtot = a + b x ln (DBH)	115	5-97.5	-2.204***	2.28***			1.02	0.62	0.874	220.94	0.19
M2 lnB = a + b x ln (DBH <sup>2</sup> x H)	115	5-97.5	-2.77***	0.86***			0.80	0.58	0.88	206.91	0.17
M3 lnBtot = a + b x ln (DBH) + c x ln (ϕ)	115	5-97.5	-0.85***	2.19***	1.10***		0.39	0.33	0.964	78.76	0.05
M4 lnBtot = a + b x ln (DBH) + c x ln (C)	115	5-97.5	-1.36***	1.54***	0.74***		0.75	0.55	0.89	196.83	0.15
M5 lnB = a + b x ln (DBH <sup>2</sup> xH) + c x ln (ϕ)	115	5-97.5	-1.84***	0.60***	0.70***		0.50	0.51	0.912	180.15	0.10
M6 lnB = a + b x ln (DBH <sup>2</sup> xH) + c x ln (ϕ) + d x ln (C)	115	5-97.5	-0.90***	0.63***	0.85***	0,54	0.41	0.34	0.96	81.54	0.058
<b>Crown diameter (C)</b>											
M7 lnBtot = a + b x ln (C)	115	5-97.5	1.076***	1.95***			1.41	0.76	0.81	266.75	0.28
M8 lnBtot = a + b x ln (C) + c x ln (H)	115	5-97.5	-1.702***	1.13***	1.64***		0.87	0.55	0.90	194.06	0.15
M9: lnBtot = a + b x ln (C) + c x ln (ϕ)	115	5-97.5	2.04***	1.85***	0.77***		1.38	0.67	0.85	239.32	0.22
M0: lnBtot = a + b x ln (C) + c x ln (H) + d x ln (ϕ)	115	5-97.5	-0.71***	1.14***	1.46***	0,54	0.68	0.49	0.92	169.69	0.12

Note: The statistical analyses are significant at 95% confidence interval. \*\*p < 0.01; \*p < 0.05; and ns (non-significant) p > 0.05. P-value of all models: 2.2e\_16. \*\*\*p < 0.001.

The Q-Q plot, showed a group of points that form a straight line, this is evidence of the normality of the residuals (Figure 5).



**Fig. 5.** Distribution of residues as a function of the predicted values (right) and of Q-Q graph (left) issued from the M3 and M6 mixed models.

Statistical tests were applied for validation the scattered residuals. The residuals follow a normal distribution with the mixed models, especially with the Q-Q plots. Visually the group of points forms a straight line. Moreover, in all models (M1 to M10) the p-value of the Shapiro-Wilk test is higher than 0.005, which is proof of the normality of the residuals (Table V).

Table 5. Statistical tests for model validation

Models	Shapiro-Wilk	p-value	Breusch-Pagan	p-value	Durbin-Watson	p-value
Mixed models						
M1	0.97786	0.05362	1.0448	0.3067	0.4404	< 2.2e-16
M2	0.97394	0.02417	3.9399	0.0471	0.7276	2.167e-12
M3	0.9924	0.786	4.348	0.430	1.3624	0.000175
M4	0.96537	0.004525	4.5846	0.1010	0.5967	6.878e-15
M5	0.99004	0.5698	9.8226	0.0074	1.4630	0.0012000
M6	0.99217	0.762	4.0748	0.2535	1.6749	0.0269000
M7	0.98694	0.3336	0.5524	0.4573	1.0741	0.0000002
M8	0.98889	0.4725	0.5523	0.4573	1.4305	0.0007960
M9	0.98777	0.388	5.8800	0.0528	1.3617	0.0001680
M0	0.99454	0.9357	1.3210	0.7241	1.6949	0.0352200

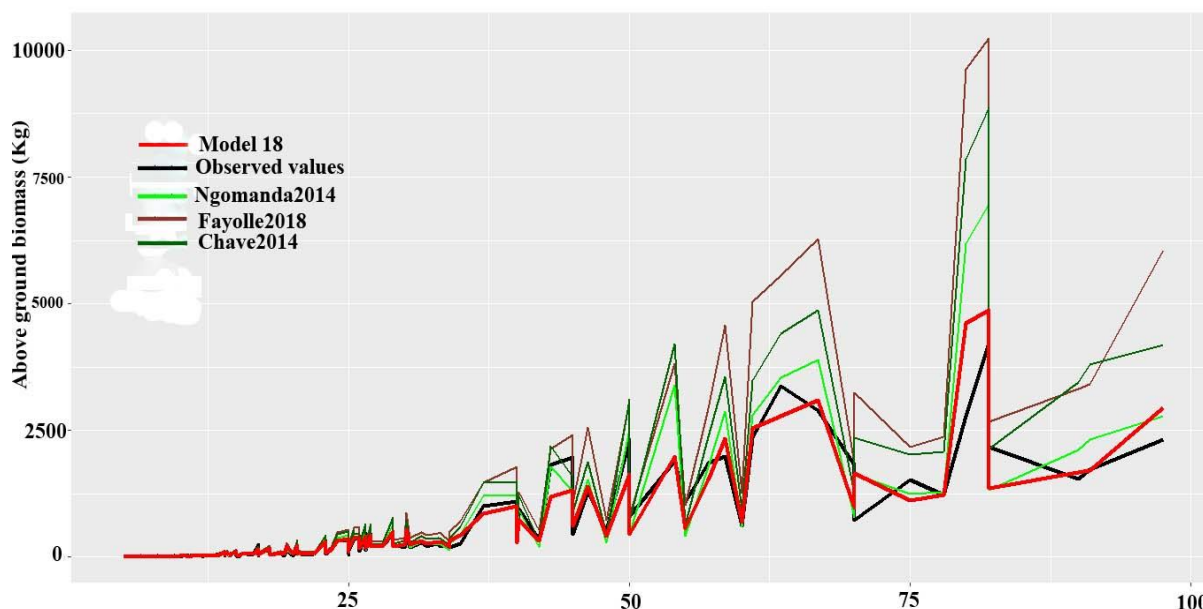


Fig. 6. Comparison of the mixed model M3 with the previous equations

## 4 DISCUSSION

### 4.1 RADIAL AND LONGITUDINAL VARIATION OF WOOD DENSITY

Concerning the densities of the species and their evolution in the radial and longitudinal directions, the results showed the mean values of densities at different levels were 0.736 g/cm<sup>3</sup>, 0.7323 g/cm<sup>3</sup> and 0.710 g/cm<sup>3</sup>, respectively at the base, middle and near the crown of *D. benthamianus*. The Student's test shows that in *D. benthamianus*, the density of wood at the base and that of the middle does not differ significantly (P-value > 0.05). It was observed that, the density of wood at the base and near the top (Base - top of the trunk) on the one hand, and the density of wood in the middle and near the top (Middle - near the top) on the other hand, showed a significant difference respectively, with P-value 0.002168 and 0.003911, both values lower than 0.05. These results reflected those of Djomo *et al.* (2017) who worked in the tropical rainforest. They showed that, of about 30 species studied, wood densities decreased significantly from the base to the middle and then to near the top. For the species *Guarea sp.*, these observations were slightly different (0.691 g/cm<sup>3</sup> at the base, 0.605 g/cm<sup>3</sup> in the middle and 0.648 g/cm<sup>3</sup> at the top); falling from the base to the middle and rebounding from the middle to the top (Nogueira *et al.*, 2005). In the same logic, Henry *et al.* (2010) showed that the density of the tree decreases with size as confirmed in this study.

In the other two species *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis*, from the base to the middle and from the middle to near the top, the density also decreased. However, statistically, these differences in density were not significant. All tests had a P-value greater than 0.05. Radially, there was no significant difference from the periphery of the wood to the center. Overall, variation in wood density between trees of different species is more significant than variation within individuals of the same species (Quentin *et al.*, 2013) in accordance with this study. Major environmental variations (abiotic and biotic factors) such as physiological, mechanical, anatomical, genetic and morphological stresses observed in a forest stand would explain the causes of wood density variation among species (Fearnside, 1997). Tree architecture, age, phytogeography and the compartment in which the sample was measured within the tree (Williamson, 1984) are thought to be related to density variations. In conclusion, different biological and eco-physiological aspects such as structural requirements, climatic zone, light and rapid growth are reported to be responsible for the variation in trunk density (Favrichon, 1994; Ter Steege *et al.*, 2001). Wood density is known to be a strong indicator of the successional state of tropical trees, with pioneer secondary forest species being lighter than trees belonging to other ecosystems. Their fast initial growth is responsible for the production of low-density wood (Wiemann and Williamson, 1998), as is the case in *Musanga cecropioides* and *Trema orientalis* in this study.

## 4.2 MIXED MODELS FOR BIOMASS ESTIMATION

### 4.2.1 ANALYSIS OF RESIDUALS DERIVED FROM THE MIXED MODELS M3 AND M6 FOR ESTIMATING PIONEER SPECIES BIOMASS

The best fit models, fitted to the pioneer species were confirmed by testing the regression hypotheses to provide all the conditions for its validation. Among these models tested, we have selected ten that are predictive, and the validation criteria of the models through the analysis of the residuals have been carried out. However, model 3 (Dry biomass =  $\text{Exp}(-0.85 + 2.19 \times \ln(D) + 1.1 \times \ln(\phi))$ ), based on the AIC comparison criterion, is considered more efficient. Djomo *et al.* (2016) had similar results, mentioning that the combination of DBH with wood density optimized the prediction of biomass. Studies on allometric equations for biomass estimation have shown that mono-specific models are more reliable than mixed models (Nelson *et al.*, 1999; Basuki *et al.*, 2009; Chave *et al.*, 2014; Djomo *et al.*, 2016). However, in the absence of mono-specific models, mixed models can be used, especially if they are efficient and eventually validated. The Shapiro-Wilk, Studentized Breusch-Pagan and Durbin-Watson tests were applied to the ten models to check the normality, heterogeneity and independence of the residuals. They are all predictive, this model overestimates the biomass by 0.098% with RRMSE = 0.39; RSE = 0.33 and adjusted  $R^2 = 0.964$ . At the same time, model 6, qualified as a full model integrating all the explanatory variables of this research (Biomass =  $\text{Exp}(-0.84 + 0.63 \times \ln(\text{DBH}^2 \times H) + 0.85 \times \ln(\phi) + 0.54 \times \ln(C))$ ) is also efficient (RSE = 0.34; AIC = 81.54; Adj  $R^2 = 0.96$ ; RRMSE = 0.41). Furthermore, the plot of residuals versus fitted values showed no particular trend (Picard *et al.*, 2012), this confirms the assumption of homoscedasticity of model 3, 6 and also those of the other eight predictive models. The hypothesis of independence was tested by the Durbin-Watson statistics, whose values vary between 0 and 4. However, the residuals are considered uncorrelated (independent) if the Durbin-Watson statistic is between 1.5 and 2.5 (Field, 2009). The Durbin-Watson statistic for the mixed models is less than 2.5; this indicates that the residuals for all models are uncorrelated. Therefore, the independence assumption is met in this modeling.

### 4.2.2 COMPARISON OF THE MIXED PIONEER SPECIES MODEL TO PREVIOUSLY PUBLISHED EQUATIONS

The models of Ngomanda *et al.* (2014), Chave *et al.* (2014) and Fayolle *et al.* (2018) estimate with biases of the order of -4.8%, 29.77% and 60.22% respectively. Given the low rate of bias in Ngomanda (-4.8%), this model is efficient. On the other hand, the models of Chave (2014) and Fayolle (2018) tested in this comparison are not reliable, their biases are 29.77% and 60.22% hence the gap between their curve and that of the biomass really observed. Model 3 (Btot =  $\text{Exp}(-0.8 + 2.19 \times \ln(\text{DHP}) + 1.10 \times \ln(\phi))$ ) and model 6 (Biomass =  $\text{Exp}(-0.84 + 0.63 \times \ln(\text{DBH}^2 \times H) + 0.85 \times \ln(\phi) + 0.54 \times \ln(C))$ ) tested and validated are recommended for the prediction of biomass of *D. benthamianus*, *M. cecropioides* and *T. orientalis*, *P. fulva* and *P. angolensis* species.

## 5 CONCLUSION

The objective of this work was to establish mixed allometric equations for the species *Distemonanthus benthamianus*, *Musanga cecropioides*, *Trema orientalis*, *Polyscias fulva* and *Pycnanthus angolensis*, to estimate the biomass of the pioneer species in the zone of semi-deciduous degraded forest. Among the models selected by their efficiency, we had under the adjusted  $R^2$ , AIC, RSE, RRMSE, residual error comparison criteria, retained two mixed models for the estimation of the biomass of these pioneer species of secondary forests (M3: Dry biomass =  $\text{Exp}(0.85 + 2.19 \times \ln(D) + 1.1 \times \ln(\phi))$ ) and (M6: Dry biomass =  $\text{Exp}(-0.84 + 0.63 \times \ln(\text{DBH}^2 \times H) + 0.85 \times \ln(\phi) + 0.54 \times \ln(C))$ ). In order to avoid an underestimate prediction, the application of the correcting factor allowed for a considerable reduction of the biases coming from the logarithmic transformation, so that about ten models were retained, predictive with high correlation coefficients and with relatively low residual errors. Density measurements are essential to reduce uncertainties in carbon stock estimates, the density of the studied species was also calculated and the existence of a radial and longitudinal variation gradient within the wood was shown for the species *D. benthamianus*, *M. cecropioides* and *T. orientalis*.

## PERSPECTIVES

In a large scale, important data on pioneers of semi-deciduous forests as well as several other ecosystems, remain essential for the fitting of mixed models with a large sample. This being the case, in order to optimize the effort to improve the estimates, it would also be necessary to set up a data archiving system, which would be the starting point for the improvement of future predictions as initiated in the PREREDD+ platform. This work through the MRV protocol is a main objective of the REDD+ mechanism and would effectively contribute to climate change mitigation.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors also are grateful to the local people who have exposed valuable information of plant species and facilitate all way throughout the study.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

## REFERENCES

- [1] Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M. & Saint-Andre, L., 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management*, doi: 10.1016/j.foreco.2010.07.040, 260, 1375–1388.
- [2] Nogueira, E.M., B.W. Nelson and P.M. Fearnside, 2005. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 208 (1): 261–286.
- [3] Djomo AN, Chimi DC. Tree allometric equations for estimation of above, below and total biomass in a tropical moist forest: Case study with application to remote sensing. 2017: 191 P. *Journal of forest*. DOI: 10.18488/journal. 101.2017.42.16.26.
- [4] Favrichon, V., 1994. Classification des espèces à grave arborées en groupes fonctionnels en vue de la réalisation d'un modèle de dynamique de peuplement en forêt Guyanaise. *Revue d'Ecologie Terre et Vie*, 49: 379–402.
- [5] Ter Steege, H. and D.S. Hammond, 2001. Character convergence, diversity, and disturbance in tropical rain forest in Guyana. *Ecology*, 82 (11): 3197–3212.
- [6] Williamson, G.B., 1984. Gradients in wood specific gravity of trees. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 111: 51–55.
- [7] Goodman Rosa C., Oliver L. Phillips, and Timothy R. Baker, 2014. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates, *Ecological Society of America* 24 (4), 2014, pp. 680–698 2014.
- [8] Pierre Ploton, Nicolas Barbier, Stéphane Takoudjou Momo, Maxime Réjou-Méchain, Faustin Boyemba Bosela, Georges Chuyong, Gilles Dauby, Vincent Droissart, Adeline Fayolle, Rosa Calisto Goodman, Matieu Henry, Narcisse Guy Kamdem, John Katembo Mukirania, David Kenfack, Moses Libalah, Alfred Ngomanda, Vivien Rossi, onaventure Sonké, Nicolas Texier, Duncan Thomas, Donatien Zebaze, Pierre Couteron, Uta Berger, and Raphaël Pélissier, 2016. Closing a gap in tropical forest biomass estimation: taking crown mass variation into account in pantropical allometries. *Biogeosciences*, 13, 1571–1585, 2016. doi: 10.5194/bg-13-1571-2016.
- [9] Feukeng Kenfack Samuel Severin, Nicole Liliane Maffo Maffo, Victor François Nguetsop, Vivien Rossi, Cédric Djomo Chimi, Junior Baudoin Wouokoue Taffo, Olivier Clovis Kengne and Louis Zapfack, 2020. Single-species allometric equations for above-ground biomass of most abundant long-lived pioneer species in semi-deciduous rain forests of the central region of Cameroon. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2020, 07 (02), 336–348.
- [10] Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, S.M., Delitti, B.C. W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, M.P., Goodman, C.R., Matieu, H., Martinez-Yrizar, A., Mugasha, A.W., Muller-Landau, C.H., Mencuccini, M., Nelson, W.B., Ngomanda, A., Nogueira, M.E., Ortiz-Malavassi, E., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, M.C., Juan, G., Saldarriaga, G.J., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical. *Global Change Biol.* <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12629>.
- [11] Letouzey, R., 1985. Notice de la carte topographique du Cameroun au 1/50000. Domaine de la Forêt dense humide toujours verte. Toulouse, France: IRA-Yaoundé, Institut International de la Végétation. pp: 95-142. Kuo W.L., Y.L. Huang, S.T. Wang, C.L. Ni, B.J. Shien et C.C. Chen, 2007. Chemical constituents of *Trema orientalis*. *J.Chin Med.* 18 (1, 2): 27- 36.
- [12] PNDP, 2011. Plan communal de développement de Mbankomo. PNDP/CPDD, Mbankomo, Cameroun. 151p.
- [13] Fearnside, P.M., 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *For. Ecol. Manage.* 90, 59–87.
- [14] Pearson, T. et Brown, S., 2005. Guide de mesure et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses. Report, Winrock International, Arlington, Virginie, États-Unis. 30.
- [15] Nogueira, E.M., P.M. Fearnside, B.W. Nelson and M.B. Franca, 2007. Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation: Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 248 (3): 119–135.

- [16] Mascaro J, Litton CM, Hughes F, Uowolo A, Schnitzer SA. 2014. Is logarithmic transformation necessary in allometry? Ten, one-hundred, one-thousand-times yes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 111: 230–233. DOI: 10.1111/bij.12177.
- [17] Xiao, X., White, P.E., Hooten, M.B., Durham, L.S., 2011. On the use of log transformation vs. Non linear regression for analyzing biological power laws. *Ecology* 92 (10), 1887–1894.
- [18] Djomo, N.A., N. Picard, A. Fayolle, M. Henry, A. Ngomanda, P. Ploton, J. clellan, J. Saborowski, I. Adamou and P. Lejeune, 2016. Tree allometry for estimation of carbon stocks in African tropical forests. *Forestry*, 89 (4): 446-455.
- [19] Picard N, Saint-André L, Henry M, 2012. Manuel de Construction d'Equations Allométriques pour l'Estimation du Volume et la Biomasse des Arbres: de la Mesure de Terrain à la Prédiction. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, et Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement: Rome, Montpellier; 220.
- [20] Field, A, 2009. *Discovering Statistics Using SPSS*, 3rd Edition. London: Sage. (820 pages).
- [21] Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19 (6): 716–723. 156.
- [22] Nelson, W.B., Mesquita, R., Pereirab, L.G.J., Silas arcia Aquino de Souza, S.G.A., Batista, T.G., Couto, B.L., 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *For. Ecol. Manage.* 117, 149–167.
- [23] Basuki, T.M., Van Laake, P.E., Skidmore, A.K., Hussin, Y.A., 2009. Allometric equations for estimating the aboveground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257: 1684-1694.
- [24] Zanne, A.E., G. López-González, D.A. Coomes, J. Ilic, S. Jansen, S.L. Lewis, R.B. Miller, N.G. Swenson, M.C. Wiemann and J. Chave, 2009. Data from: Towards a world-wide wood economics spectrum. South Africa: Dryad Digital Repository.
- [25] Quentin, M., R. Vivien and B. Lilian, 2013. Error propagation in biomass estimation in tropical forests. *Methods in Ecology and Evolution*, 4 (2): 175–183.
- [26] Wiemann, M.C., Williamson, G.B., 1988. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. *Wood Fiber Sci.* 20, 344–349.
- [27] Breusch, T. S., and Pagan, A. R, 1979. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica* 47, 1287–1294.
- [28] Ngomanda, A., Engone Obiang, N.L., Lebamba, J., Moundounga Mavouroulou, Q., Gomat, H., Mankou, G.S., Loumeto, J., Midoko Iponga, D., Kossi Ditsouga, F., Zinga Koumba, R., 2014. Site-specific versus pantropical allometric equations: which option to estimate the biomass of a moist central African forest? *For. Ecol. Manage.* 312, 1–9.
- [29] Fayolle, Ngomanda A, Mbasi M, Barbier N, Bocko Y, Boyemba F, Couteron P, Fonton N, Kamdem N, Katembo J, Kondaoule HJ, Loumeto J, Maïdou HM, Mankou G, Mengui T, Mofack G, Moundounga C, Moundounga Q, Nguimbous L, Norberto Nsue Nchama NN, Obiang D, Meye AOF, Picard N, Vivien R, Senguela YP, Sonké B, Viard L, Yongo OD, Zapfack L, Medjibe VP, 2018. A regional allometry for the Congo basin forests based on the largest ever destructive sampling. *Forest Ecology and Management*. 2018; 430: 228–240.
- [30] Fearnside, P.M., 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 90 (1): 59–87.
- [31] Pearson, T., Walker, S. and Brown, S. 2005. Sourcebook for land-use, land-use change and forestry projects. Winrock International and the Bio-carbon fund of the World Bank. Arlington, USA, Pp. 57.
- [32] Pierre Ploton, Nicolas Barbier, Stéphane Takoudjou Momo, Maxime Réjou-Méchain,.
- [33] Faustin Boyemba Bosela, Georges Chuyong, Gilles Dauby, Vincent Droissart, Adeline Fayolle, Rosa Calisto Goodman, Matieu Henry, Narcisse Guy Kamdem, John Katembo Mukirania, David Kenfack, Moses Libalah, Alfred Ngomanda, Vivien Rossi, onaventure Sonké, Nicolas Texier, Duncan Thomas, Donatien Zebaze, Pierre Couteron, Uta Berger, and Raphaël Pélissier, 2016. Closing a gap in tropical forest biomass estimation: taking crown mass variation into account in pantropical allometries. *Biogeosciences*, 13, 1571–1585, 2016. doi: 10.5194/bg-13-1571-2016.

## Fréquence de l'anguillulose chez les personnes vivant avec le VIH/Sida : Cas de l'Hôpital Général de Référence Pandji de Tshela, Territoire de Tshela, Province du Kongo Central en République Démocratique du Congo

### [ Frequency of anguillulosis in people living with HIV/AIDS : Case of the Pandji General Reference Hospital in Tshela, Tshela Territory, Kongo Central Province in the Democratic Republic of Congo ]

*Nzuzi Phaka Bernadette*

Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM), Tshela, RD Congo

---

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

**ABSTRACT:** Contributing to the determination of the frequency of anguillulosis in people living with HIV/AIDS, in the reduction of this helminthiasis in this category of people at the Pandji General Reference Hospital in Tshela in the DRC, is the main goal of this research.

Sixty stool samples, taken from people living with HIV/AIDS in consultation at the Pandji General Reference Hospital in Tshela and analyzed in the laboratory of the said HGR, according to WHO standards in this area. Indeed, the results of the analyses of these stool samples showed that 8 samples were positive out of a total of 60 or 13%. In addition, the female sex was the most affected with 6 cases out of a total of 8 or 75%. The most infested age group was 41 to 49 years with 4 cases out of 8 or 50%. The danger remains among pVVs, so it is imperative and urgent to consider health education, recall the notions of basic hygiene to pVVs in Tshela Territory in particular and those of Kongo Central in general, if we want to still see PVVs with longevity.

**KEYWORDS:** Frequency, anguillulosis, people, HIV/AIDS.

**RESUME:** Contribuer à la détermination de la fréquence d'anguillulose chez les personnes vivant avec le VIH/SIDA, dans la réduction de cette helminthiase dans cette catégorie des personnes à l'hôpital Général de Référence Pandji de Tshela en RDC, est le but principal visé dans cette recherche.

Soixante échantillons des selles, prélevés chez les personnes vivant avec le VIH/SIDA en consultation à l'hôpital Général de Référence Pandji de Tshela et analysés dans le laboratoire dudit HGR, selon les normes de l'OMS en la matière. En effet, les résultats des analyses de ces échantillons des selles ont montré que 8 échantillons étaient positifs sur un total de 60 soit 13%. En outre, le sexe féminin était le plus touché avec 6 cas sur un total de 8 soit 75%. La tranche d'âge la plus infestée était celle de 41 à 49 ans avec 4 cas sur 8 soit 50%.

Le danger reste chez les PVV, il est donc impérieux et urgent d'envisager une éducation sanitaire, rappeler les notions d'hygiène de base aux PVV de Territoire de Tshela en particulier et à ceux de Kongo Central en général, si l'on veut voir encore les PVV avec une longévité.

**MOTS-CLEFS:** Fréquence, anguillulose, personnes, VIH/Sida.

## **1 INTRODUCTION**

L'anguillulose est une helminthiase des pays tropicaux et subtropicaux rencontrée chez les sujets migrants ou ayant séjourné en zone d'endémie [2,3].

Après pénétration transcutanée et migration tissulaire des larves, la présence de femelles adultes parthénogénétiques dans l'intestin grêle permet au parasite de se multiplier et de persister pendant de très nombreuses années [5,8].

Habituellement asymptomatique ou peut être responsable de troubles digestifs mineurs et plus rarement, de signes cutanés. C'est une parasitose unique et complexe qui se distingue pourtant de toutes les autres helminthiases digestives [10].

Elle est de ce fait, la seule helminthiase opportuniste en cas d'immunodépression. La migration des larves au cours du cycle endogène (auto – infestation) favorisée par un ralentissement du transit peut entraîner des manifestations cutanées: larva curens, urticaire [8].

Cependant, les situations d'immuno dépressions médicamenteuses notamment avec les corticoïdes ou rétroviraux avec HTLV – 1 et le VIH peuvent favoriser l'augmentation du cycle d'auto – infestation et entraîner une dissémination massive des larves et aboutir à une strongyloïdose maligne [10].

La létalité importante des formes malignes est liée à la dissémination des bactéries entériques transportées par les larves strongyloïdes vers les différents compartiments (sang, poumon, méninge) provoquant ainsi de septicémie et de détresse respiratoire aiguë [8].

Les autres rapportent une observation d'anguillulose maligne au cours du SIDA. Au niveau mondial, une revue systématique a recensé 244 cas graves d'anguillulose publiés entre 1991 et 2011

Plusieurs formes graves ont été rapportées en France chez des patients bénéficiant d'une corticothérapie, originaires ou ayant séjourné en zone d'endémie pendant plusieurs dizaines d'années auparavant.

En plus, selon les données recueillies par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès, 40 décès sont imputables à une strongyloïdose en France entre 2000 et 2014.

Par ailleurs, les auteurs rappellent le caractère exceptionnel de cette association malgré la fréquence de deux infections en Afrique tropicale où en 1995, 20 cas seulement étaient publiés [5].

Nonobstant la rareté actuelle de cas, cependant l'extension massive d'une anguillulose peut mettre en jeu le pronostic vital.

Notre observation souligne la gravité de cette infection en cas d'immunodépression ce qui impose la recherche systématique d'anguillules dans les selles des personnes vivant avec le VIH/Sida.

## **2 METHODOLOGIE**

Afin d'atteindre les objectifs assignés, nous avons fait recours à une étude rétrospective et prospective. La partie rétrospective a consisté à récolter les données dans le cahier registre ou fiche de PVVIH au laboratoire de l'hôpital général de référence Pandji de Tshela dans l'ex- cité de Tshela, Territoire du même nom, Province du Kongo Central en R.D.Congo en fin d'avoir les informations relatives à notre étude. La récolte de données et analyses ont couvert la période allant de février en octobre 2021.

La partie prospective s'est attelée à prélever les échantillons de selles chez les PVVIH suivie d'analyse parasitologie au laboratoire précité.

## **3 RESULTATS**

Cette étude dont le but principal était de déterminer la fréquence d'anguillulose chez les personnes vivants avec le VIH; dans la réduction de cette pathologie dans cette catégorie de personnes.

Ainsi, les résultats de notre recherche sont repris dans les tableaux ci – après:

**Tableau 1. Présentation des cas selon l'âge et le sexe des enquêtes**

Sexe/Âge/ans	Effectif	Sexes	
		Masculin	Féminin
≤ 31	14 (23%)	6 (10%)	8 (13%)
32 - 40	18 (30%)	8 (13%)	10 (17%)
41 - 49	24 (40%)	10 (17%)	14 (23%)
≥ 50	4 (7%)	0 (0%)	4 (7%)
Total	60 (100%)	24 (40%)	36 (60%)

Il ressort de tableau que la tranche d'âge la plus représentée est celle de 41 à 49 ans avec 24 cas soit 40% et la moins fréquente est celle ≥ 50 ans avec 4 cas soit 7%;

L'analyse croisée montre que le sexe féminin est beaucoup plus fréquente avec 36 cas soit 60% contre 24 cas de sexe masculin soit 40%.

**Tableau 2. Résultats de selles des PVVIH parasités par l'anguillule**

Paramètres	Nombre de cas	%
Selles parasités	8	13
Selles non parasités	52	87
Total	60	100

Ce tableau stipule que sur 60 échantillons examinés, 8 ont été parasités par l'anguillule soit une fréquence de 13%. Par contre, 52 échantillons ont été déclaré non parasités avec une prévalence de 87%.

**Tableau 3. Résultats de la répartition d'anguillule selon la tranche d'âge**

N°	Age/ans	Effectif	%
1	≤ 31	0	0
2	32 - 40	2	25
3	41 - 49	4	50
4	≥ 50	8	25
	Total	8	100

Ce tableau indique que parmi les 8 échantillons parasités par l'anguillule, la tranche d'âge la plus touchée est celle de 41 à 49 ans avec 4 cas soit 50%. Par contre les tranches de 32 – 40 ans et de ≥ 50 ans sont les moins infestées avec 2 cas chacun soit 25%.

Aucun sujet de la tranche d'âge inférieure ou égale à 31 ans, a été parasité par l'anguillule.

**Tableau 4. Répartition des anguillules isolées selon le sexe**

N°	sexe	Effectif	%
1	Masculin	2	25
2	Féminin	6	75
	Total	8	100

Au regard des résultats observés dans ce tableau, nous constatons que le sexe féminin est plus infesté avec 6 cas soit 75% contre 2 cas de sexe masculin, soit 25 % parmi les 8 échantillons des PVV parasités par l'anguillule.

#### **4 DISCUSSION**

De cette étude sur la fréquence de l'anguillulose chez les personnes vivant avec le VIH/sida à l'Hôpital Général de Référence Pandji de Tshela, nos analyses ont révélés ce qui suit:

- Le tableau I sur la présentation des cas selon l'âge et de sexe des enquêtés montre que la tranche d'âge la plus représentée est celle de 41 à 49 ans avec 24 cas soit 40% et la moins fréquente est celle  $\geq 50$  ans avec 4 cas soit 7%.
- L'analyse croisée a montré que le sexe féminin était beaucoup plus fréquente avec 36 cas soit 60% contre 24 cas de sexe masculin soit 40%.
- Nos résultats ne convergent dans le même sens que ceux de NDELE LELA qui trouva un taux de 23,3% à l'issue d'une étude menée en 2015 sur la recherche d'anguillules. Chez les PV.V toujours à l'Hôpital Général de Référence de Kizu de Tshela en 2015.
- L'effectif élevé observé de sexe féminin dans ce tableau est confirmé par le PNMLS préconisant que les femmes sont probablement plus susceptibles d'être infectées par le VIH/Sida au cours de n'importe quel genre de rapports sexuels que les hommes en raison de divers facteurs biologiques. En outre, nous pensons que cette fréquence élevée chez les femmes serait due probablement à l'insuffisance d'observation des règles d'hygiène environnementale, à l'affaiblissement du système immunitaire, mais aussi aux activités de ménages et des champs qui exposent les femmes à l'infestation.

Concernant la fréquence d'anguillules isolées selon les tranches d'âges au tableau 3, nous avons constaté que dans les 8 échantillons analysés positifs pour l'anguillule, les sujets se trouvant dans la tranche d'âge allant de 41 à 49 ans étaient les plus touchés avec une fréquence de 50%. Par contre les sujets les moins touchés sont ceux de la tranche d'âge de 32 à 40 ans et ceux  $\geq 50$  ans avec 2 cas soit 25%.

Après nos recherches nous n'avons pas rencontré d'autres auteurs appuyant soit affirmant nos résultats hormis NDELE LELA 2015.

Pour ce qui est de la fréquence d'anguillules isolées selon le sexe repris dans le tableau 4, le sexe féminin est le plus touchée avec 6 cas soit 75% contre 25% pour le sexe masculin.

Nos résultats confirment aux obtenus par NDELE LELA qui a trouvé une prédominance sur la recherche des larves des strongyloïdes stercoralis chez les PVV à Tshela (2015).

Après nos recherches et analyses nous avons constaté que la littérature présente plus les données sur l'anguillulose ou la recherche des anguillules chez les immunocompétents que chez les immunodéprimés.

A l'instar de l'étude menée sur l'anguillulose intestinale rebelle à l'albendazole chez une malade immunocompétente:

A propos d'un cas, par H.BEN Brahim et al.

#### **5 CONCLUSION**

L'anguillulose existe même chez les PVV, car elle a présenté une fréquence non négligeable de 13 % soit 8 cas positif sur un total de 60.

Ainsi l'anguillulose demeure une parasitose opportuniste chez les immunodéprimés.

## REFERENCES

- [1] A. Van KUIJK, P. Kersteus, R. Perenbo, T. Tsai et al. Presenting feature of intestinal infection with *Strongyloides stercoralis*. *Rheumatol* 2003.
- [2] ANOFEL, Anguillulose, 2014.
- [3] Bernard et Geneviève, Dictionnaire médicale pour les régions tropicales, BERPS Kangu Mayumbe, 2002.
- [4] G. Forzy, J. Dhondt, O. Leloire, J. Shayeb et al: Reactive arthritis and *Strongyloides*. *JAMA* 1988.
- [5] Gentilini M, Médecine tropicale, 5ème éd. Flammarion, Médecine sciences, Paris, 1992.
- [6] JP Nozais, M. Thellier, A. Datry, M. Danis: Disseminated strongyloidiasis. *Presse Med* 2001.
- [7] M. Dorris, M.E. Veney, M.L. Blaxter: molecular phylogenetic analysis of the genus *Strongyloides* and related nematodes. *Int J. Parasitol* 2002.
- [8] M. Ashraf, Claque, M. Baddour: strongyloidiasis refractory to treatment with ivermectin. *Am J. Med Sci* 1996.
- [9] Me Azab, NH Mohamed, SA Saleur, EH Safar et al: Parasitic infections associated with malignancy and leprosy. *J Egypt Soc Parasitol* 1992.
- [10] NDELE L. Recherche des larves d'anguillules chez les personnes vivant avec VIH/Sida à l'HGR/KIZU de Tshela, 2015.
- [11] Nicolas X, Chevalier B, Klotz F, Anguillulose et anguillulose. *Encycl Méd. Chir. Maladies infectieuses*, 2004.
- [12] ONU SIDA, Rapport sur la transmission du VIH/Sida dans le monde 2000.
- [13] P. Aubry, F. Klotz, C. Nguemby – Mbina: Anguillulose, *Encycl. Med chir. Paris: Elsevier sas; maladies infectieuses*, 1987.

## Propagande gouvernementale sur la télévision publique: Le Mode de nomination des responsables en question

### [ Government propaganda on Benin's public television: Questioning the method of appointing the channel's officials ]

*Abiatou Oumarou and Jean-Euloge Gbaguidi*

Laboratoire d'Etude des Médias, de l'Information et de la Communication, Département des Sciences du Langage et de la Communication, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

---

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

**ABSTRACT:** Benin has been a democratic country since 1990. Freedom of expression and of the press are guaranteed to every citizen by the Constitution of December 11 of the same year. The plurality of opinions that has become the norm on the national television has helped create a space for citizen discussion that is indispensable for political debate, a sign of the vitality of democracy. But this freedom of the press is progressively monitored and even completely confiscated on this statutory agency. Similarly, information is replaced by government propaganda. The television's managers appointed by the President of the Republic, following a procedure led by the High Authority for Audiovisual and Communication, are not sufficiently independent to open the television to all the components of the nation.

**KEYWORDS:** Propaganda, public television, information.

**RESUME:** Le Bénin est un pays démocratique depuis 1990. La liberté d'expression et de presse, y sont garanties à chaque citoyen par la constitution du 11 décembre de la même année. La pluralité d'opinions devenue entre-temps l'habitude sur la télévision a contribué à créer un espace de discussion citoyen indispensable au débat politique, signe de la vitalité de la démocratie. Mais cette liberté de presse devient progressivement surveillée puis complètement confisquée sur cet organe de service public. De la même façon l'information est remplacée par la propagande gouvernementale. Les responsables de la télévision publique nommés par le président de la République, à l'issue d'une procédure pilotée par la Haute autorité de l'audiovisuelle et de la communication, ne sont pas suffisamment indépendants pour ouvrir les antennes de la télévision à toutes les composantes de la nation.

**MOTS-CLEFS:** Propagande, télévision publique, information.

## 1 INTRODUCTION

Baromètres de la démocratie, les médias sont prépondérants dans les sociétés qui ont fait le choix du gouvernement du peuple par le peuple et pour le peuple. Dans les démocraties, les médias, c'est-à-dire la presse écrite, la radio et la télévision ont pour principale mission d'informer le public. Les médias ont une grande influence sur l'opinion publique. Ce qui fait d'eux un contre-pouvoir.

L'histoire de la télévision en Afrique de l'Ouest est très récente, comparativement à celle de la radio et surtout de la presse écrite. En effet, la naissance de la presse écrite dans cette partie du monde date de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et la radio des environs de la moitié du XX<sup>ème</sup> siècle.

La télévision en effet, connaît ses heures de gloire en Afrique de l'Ouest à la fin des années 1970 et au début des années 1980. Pour DIOH Tidiane (2009) <sup>1</sup> « *En ces temps-là, posséder sa propre télévision nationale est gage de souveraineté et signe de puissance diplomatique et économique. Cette opposition prend encore plus de relief lorsqu'elle concerne deux pays frontaliers appartenant à des aires linguistiques* ». Presque tous les Etats de l'Afrique de l'Ouest se bousculent pour se doter de ce médium. Dans la foulée, la Côte d'Ivoire, la Haute Volta (actuel Burkina-Faso), la Guinée, le Sénégal, le Togo, le Dahomey (Benin), le Niger, le Mali. etc se lancent dans l'aventure de la création d'une télévision nationale, au prix d'énormes sacrifices financiers.

Les contextes politiques de création de ces nouvelles télévisions ont déterminé la mission qui leur est assignée. L'information sur ce média était contrôlée. Les nouvelles télévisions sont chargées de la propagande gouvernementale afin de consolider l'unité nationale des nouveaux Etats pour la plupart en proie à des contradictions internes.

Le vent de démocratisation qui a soufflé sur le Bénin et sur plusieurs pays africains dans les années 90, et les mutations sociopolitiques qui s'en sont suivies ont bouleversé partout le paysage médiatique avec l'émergence d'une presse privée plurielle: journaux, radios, télévisions. Le monopole des organes d'Etat sur l'Office de Radiodiffusion et de Télévision du Bénin (radio et télévision) tombe. Ainsi la télévision comme les autres organes gouvernementaux, sont devenus des médias de service public. Les journalistes de la télévision nationale ont profité du vent de démocratisation qui a commencé par souffler sur le Bénin pour arracher une précaire liberté d'expression. Selon TOZZO, E. (2005) <sup>2</sup> « *les journalistes de l'Office de radiodiffusion et télévision du Bénin (ORTB) se sont engouffrés dans la brèche ouverte par la Conférence nationale de février 1990 pour s'affranchir du parti-État. Ils ont contribué au succès de ce forum national en ouvrant leurs antennes à toutes les sensibilités politiques* ».

La libéralisation et la démonopolisation de l'espace audiovisuel ont créé les conditions devant favoriser un environnement concurrentiel. Le citoyen devrait ainsi avoir accès à une information diversifiée. La parole est libérée sur la télévision nationale.

Mais au fil des années et des alternances au pouvoir, progressivement la télévision nationale a été assujettie au pouvoir exécutif avec une prédominance de l'institutionnel dans la grille de ses programmes. C'est de ce constat que parle GBAGUIDI J-E (2002- 2004) <sup>3</sup> lorsqu'il écrit: « *la télévision béninoise n'est qu'un bouillon de compte-rendu de séminaires, d'ateliers, de journées de réflexion, d'inauguration de classes, de marchés de téléphones et autres choses de la rubrique information institutionnelle* ».

Tous les régimes qui se sont succédé depuis 1990, de différentes manières et à des degrés divers, ont essayé de contrôler la télévision nationale. La chaîne publique est assimilée à la caisse de résonance de l'exécutif. Plusieurs raisons sont avancées pour justifier le phénomène. Au nombre de celles-ci, le mode de nomination des responsables de l'ORTB. Comment reformer le mode de nomination des responsables de l'ORTB en général et ceux de la télévision nationale en particulier, pour garantir un accès équitable et surtout l'information équilibrée à tous les béninois ? C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude dans laquelle nous avons réalisé l'état des lieux du processus de nomination des responsables de la télévision et fait des propositions pour le retour de l'équilibre de l'information sur la télévision de service public.

## 2 HISTORIQUE DE LA TELEVISION NATIONALE ET LE PROCESSUS DE NOMINATION DE SES DIRIGEANTS

### 2.1 HISTORIQUE DE LA TELEVISION NATIONALE

La télévision nationale est un des organes de l'Office de Radiodiffusion et Télévision du Bénin (ORTB), initialement Office de Radiodiffusion et Télévision du Dahomey (ORTD). Le Dahomey change de nom et devient le Bénin. La dénomination de l'organe s'adapte à ce changement et devient l'Office de Radiodiffusion et Télévision du Bénin (ORTB) par l'ordonnance 75-43 du 21 juillet 1975.

Mais c'est le 30 décembre 1978 que la télévision nationale émet pour la première fois avec des équipements en noir et blanc. Les prémices de l'ouverture de cette chaîne de télévision étaient annoncées depuis 1964. Après une première tentative en 1969, dans le cadre de la coopération avec la France, le Dahomey d'alors, bénéficie des infrastructures de production et de

<sup>1</sup> DIOH, T. (2009). Histoire de la télévision en Afrique noire francophone, des origines à nos jours. Paris. Éditions Karthala.

<sup>2</sup> TOZZO, A. (2005). La réforme des médias publics en Afrique de l'Ouest: Servir le gouvernement ou le citoyen? in Média, Journalisme et espace public, Politique africaine N°97. Éditions Karthala.

<sup>3</sup> GBAGUIDI, J-E. (2002-2004). Télévision Béninoise: susciter une réflexion stratégique in Essai sur les médias en Afrique I.

diffusion télévisuelles. Le Gouvernement dahoméen crée alors l'Office de Radiodiffusion et de Télévision du Dahomey (ORTD) par la loi 72 - 43 du 20 octobre 1972. Le 26 octobre 1972 un coup d'état porte le Commandant Kérékou au pouvoir. Le lancement de la télévision sera gelé. Cette deuxième tentative sera sanctionnée aussi par un échec. Il faudra attendre 6 ans après sa création pour que la télévision publique béninoise calquée sur le modèle de l'office de radiodiffusion et télévision française (ORTF), fonctionne.

A l'avènement de la télévision le 30 décembre 1978, elle sera fusionnée avec la radio qui existait déjà depuis le 7 Mars 1953 par l'ordonnance 79-12 du 23 mars 1979.

L'évolution de l'information sur la télévision nationale du Bénin est tributaire des contingences socio politique. Créée pendant la révolution, la télévision était l'organe de propagande du Parti de la Révolution Populaire du Bénin (PRPB). Avec la démocratisation des années 1990, elle est devenue un organe de service public où la liberté d'expression est garantie pour tous par la constitution du 11 décembre 1990.

## **2.2 LE CADRE LEGAL**

La constitution du 11 décembre 1990, issue de la conférence des forces vives de la Nation de février 1990, proclame la liberté de la presse en République du Bénin. Pour consolider cette liberté, la Haute Autorité de l'Audiovisuel et de la Communication, HAAC a été instituée. L'article 24 de la constitution à cet effet est explicite. « *La liberté de la presse est reconnue et garantie par l'Etat. Elle est protégée par la Haute Autorité de l'Audiovisuel et de la Communication dans les conditions fixées par une loi organique* ».

La Haute Autorité de l'Audiovisuel et de la Communication est créée le 21 août 1992. La HAAC a été officiellement installée le 14 juillet 1994. Les attributions de la HAAC sont clairement définies par la constitution du 11 décembre 1990 en son article 142 qui stipule: « *la haute autorité de l'audiovisuel et de la communication a pour mission de garantir et d'assurer la liberté et la protection de la presse, ainsi que de tous les moyens de communication de masse dans le respect de la loi. Elle veille au respect de la déontologie en matière d'information et à l'accès équitable des partis, des associations et des citoyens aux moyens officiels d'information et de communication*».

La loi organique n° 92-021 du 21 août 1992 de la HAAC, stipule en son article 4 que: « *La Haute Autorité de l'Audiovisuel de la communication est une institution indépendante de tout pouvoir politique, de tout parti politique, association ou groupe de pression de quelque nature que ce soit* ».

Entre autres attributions énumérées dans l'article 6 de sa loi organique, la HAAC, « *Propose à la nomination par le Chef de l'Etat en Conseil des Ministres, les Directeurs des Organes de presse publique* ». Au nombre des directeurs d'organes de service public, il y a les responsables de l'ORTB dont celui de la télévision.

## **2.3 LE PROCESSUS DE NOMINATION DES RESPONSABLES DE LA TELEVISION**

La procédure de nomination des responsables de la télévision nationale est la même pour tous les directeurs des organes de service public. Au niveau de l'Office de Radiodiffusion et Télévision du Bénin, cinq postes sont à pourvoir: celui du directeur général, celui du Secrétaire général, ceux des directeurs de la Radio, de l'antenne régionale et celui de la télévision nationale. La procédure Elle se déroule en deux étapes: la phase de la sélection et celle de la nomination.

La sélection commence par l'appel à candidature de la HAAC. Les postulants déposent leurs dossiers au siège de l'instance de régulation. Le dossier en question est composé de plusieurs pièces qui prouvent la compétence professionnelles et l'aptitude des candidats et surtout le projet de développement de l'organe choisi. Il y a ensuite la présélection. A ce stade, les conseillers de la HAAC procèdent à l'élimination des dossiers incomplets où qui ne respectent pas les normes édictées par l'instance. Le grand oral où les postulants soutiennent leur projet devant les neuf conseillers au complet est la dernière étape de la phase de sélection. A l'issue de cet exercice, les candidats par rapport à la note obtenue sont classés par ordre de mérite. La liste des trois premiers de chaque poste sollicité est transmise au chef de l'Etat.

La deuxième étape de cette procédure consiste en la nomination des directeurs d'organes en conseil des ministres. Dans la proposition à nomination faite par la HAAC, le choix du chef de l'Etat, ne tient pas compte de l'ordre de mérite. Un postulant sélectionné comme le premier peut ne pas être nommé.

### 3 CADRE CONTEXTUEL ET THEORIQUE

#### 3.1 CADRE CONTEXTUEL

Cette étude a eu pour cadre le Bénin. Le Bénin est situé en Afrique de l'Ouest, précisément dans le Golfe de Guinée. Avec une superficie de 114 764 km, il s'étend sur 700 km de long, du fleuve Niger au nord, à la côte Atlantique au sud. Ses voisins sont: le Togo à l'ouest, le Nigeria à l'est, au nord le Niger et le Burkina-Faso et au sud l'océan Atlantique. Le Bénin compte 11 millions habitants selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2013.

L'actuelle République du Bénin, autrefois République du Dahomey est une ancienne colonie française. Le Bénin a accédé à l'indépendance le lundi 1er août 1960. Dès les premières heures de son indépendance, ce pays a été secoué par une instabilité politique caractérisée par des coups d'Etat à répétition. Membre de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) et de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA), le Bénin est un pays démocratique depuis 1990.

#### 3.2 CADRE THEORIQUE

Deux approches théoriques sous-tendent notre réflexion. Ce sont:

- L'approche fonctionnaliste;
- L'approche de l'agenda setting.

##### 3.2.1 APPROCHE FONCTIONNALISTE

Pour les fonctionnalistes la société est un système dans lequel chaque élément remplit une fonction. Selon ce courant de pensée, la relation Médias / société se pose en termes de besoins d'une communauté à satisfaire par le biais de prestation de service d'un type spécifique: l'intermédiation, l'information. Le fonctionnalisme s'inscrit dans une rationalisation de résolution des problèmes et l'adaptation du message pour réduire les distorsions qui existent entre son émission et sa réception.

Cette théorie résume le rôle des médias dans la société en trois fonctions principales à savoir: la surveillance de l'environnement par le traitement de l'information, la mise en relation des composantes de la société et la transmission de l'héritage social. Ces différentes fonctions de l'approche, surtout celle informative, permet aux médias et en particulier à la télévision nationale du Bénin de véhiculer des informations que le public reçoit comme des certitudes.

##### 3.2.2 L'APPROCHE DE L'AGENDA SETTING

C'est une des approches critiques utilisées plus particulièrement quand, il s'agit de la notion de propagande. Cette théorie pose la question du rôle des médias dans une société démocratique. Elle identifie à cet effet, à un processus qui implique des interactions entre trois acteurs principaux: les détenteurs du leadership, les médias et les citoyens.

L'agenda-setting postule que l'importance de l'influence des médias se trouve dans le travail qu'ils font sur les images de la réalité. Ainsi, les médias impactent les jugements prédominants.

La domination de l'agenda est un moyen d'exercer un pouvoir, d'agir sur l'opinion publique en contrôlant les questions à l'ordre du jour ou du moment.

De l'analyse de l'influence des médias, la télévision constitue une, des premières sources de l'agenda-setting de la vie publique.

### 4 METHODOLOGIQUE

La méthodologie adoptée est basée sur l'approche qualitative et quantitative. Les postes objet d'appel à candidature de la HAAC au niveau de l'ORTB sont: le Directeur Général, le Secrétaire Général, le Directeur de la Télévision, le Directeur de la Radio et le Directeur de la Station Régionale de Parakou, pour un mandat de trois ans pour les tous les directeurs et de quatre ans pour le directeur général et le secrétaire général. Les mandats sont renouvelables sans limite

Ainsi, pour comprendre ou expliquer le phénomène objet de notre recherche, nous avons effectué des recherches documentaires à travers la lecture des articles scientifiques, des textes réglementaires, des mémoires et des livres relatifs au sujet. De même, nous avons eu des entretiens avec la population cible de notre étude à savoir les candidats recalés ou admis

aux différents postes objet d'appel à candidature de la HAAC et des conseillers de la HAAC. Le tableau n°1 présente la population cible de notre étude.

Tableau 1. Population de l'étude

Cibles	Effectif	Proportion (%)
Candidats recalés aux différents postes	25	50%
Candidats admis aux différents postes	15	30%
Conseillers de la HAAC de différentes mandatures	10	20%
TOTAL	50	100%

## 5 RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATION

### 5.1 RESULTATS

#### 5.1.1 CREDIBILITE DE LA PROCEDURE DE NOMINATION DES RESPONSABLES DE L'ORTB

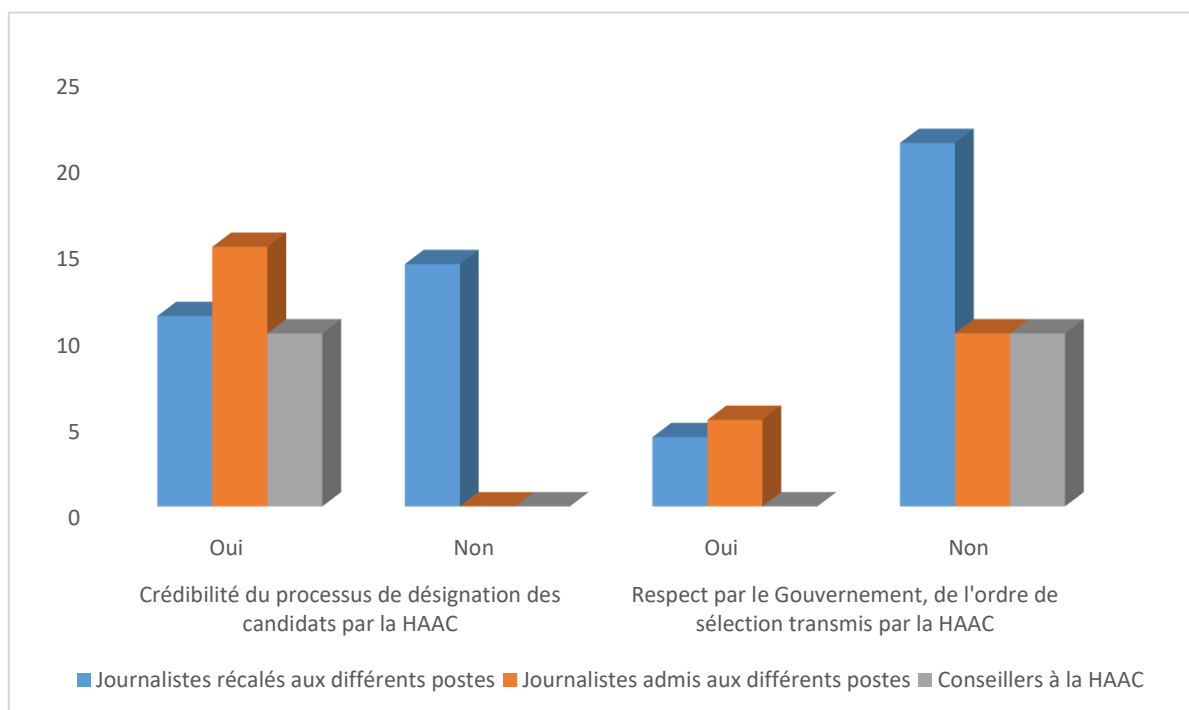


Fig. 1. Crédibilité du processus de nomination des responsables de l'ORTB

Source: Oumarou 2021: enquête de terrain

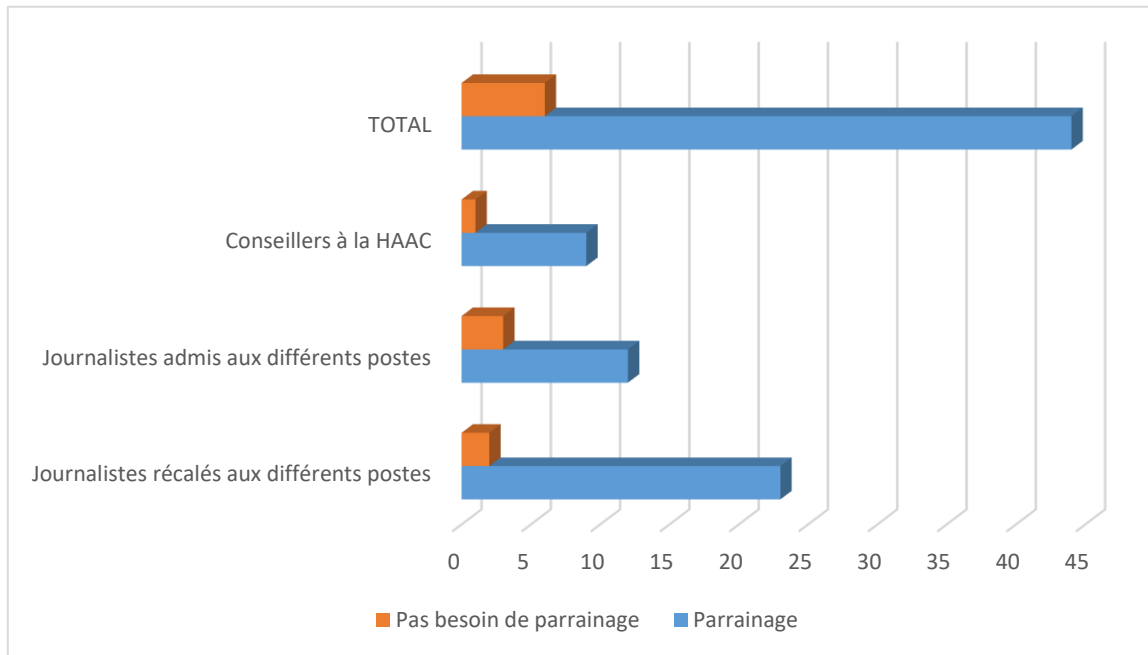
Le processus de sélection des postulants, selon 72% de notre population cible, est crédible. Seulement 14 personnes sur une population cible de 50, pensent le contraire. Une analyse par catégorie d'acteurs permet de constater qu'en dehors des conseillers à la HAAC enquêtés, les journalistes admis à la sélection pensent unanimement que le processus est crédible. Ceux qui contestent la crédibilité du processus des journalistes recalés et cette appréciation ne font pas l'unanimité dans cette catégorie d'acteurs enquêtés.

Cependant, 82% des acteurs enquêtés reconnaissent que le Chef de l'Etat ne respecte pas l'ordre de sélection transmise par la HAAC. Les Conseillers à la HAAC étant dans le secret de délibération, les 10 enquêtés reconnaissent à l'unanimité que le Gouvernement passe outre l'ordre de sélection transmis par la HAAC.

Si le mécanisme de sélection de la HAAC qualifié de parcours de combattant par certains acteurs enquêtés ne rassure pas le Gouvernement au point de passer outre ses propositions et de choisir parmi les moins méritants, la question est de savoir : quel est alors le critère de désignation du Gouvernement ?

**5.1.2 NECESSITE DE PARRAINAGE POUR ÊTRE NOMME EN CONSEIL DES MINISTRES.**

Le graphique n°2 présente le traitement des données relatives à la place du parrainage politique dans la désignation des responsables à divers niveau de l’ORTB.



**Fig. 2. Rôle du parrainage politique dans la nomination des dirigeants**

Source: Oumarou 2021: enquête de terrain.

Tous les enquêtés, toutes catégories confondues, reconnaissent dans leur grande majorité (88,0%), qu’il faut un parrain politique pour être nommé à un poste de Directeur d’organe de presse de service public.

**5.1.3 UN RESPONSABLE NOMME, AU BOUT DU PROCESSUS EST –IL SUFFISAMMENT INDEPENDANT POUR GARANTIR À TOUS UN ACCES ET SURTOUT ÉQUITABLE SUR L’ORGANE DE SERVICE PUBLIC ?**

	Journalistes recalés aux différents postes	Journalistes admis aux différents postes	Conseillers à la HAAC	TOTAL	
				Effectif	%
Les responsables nommés sont indépendants	3	3	1	7	14%
Les responsables nommés ne sont pas indépendants	22	12	9	43	86%
<b>TOTAL</b>				<b>50</b>	<b>100%</b>

Pour 86% des enquêtés toutes catégories confondues, il est impossible pour un responsable nommé d’être indépendant et de garantir à tous les citoyens un accès et un traitement équitable de l’information. Par contre, 14% pensent qu’un responsable nommé peut être indépendant.

## **5.2 ANALYSES ET INTERPRETATIONS**

La procédure de nomination des directeurs d'organes du service public de l'audiovisuel au Bénin, est défini par la constitution du 11 décembre 1990. Même si dans le déroulement de la procédure tout est correct en surface au premier niveau de filtrage, c'est-à-dire les différentes étapes de la Haute autorité de l'audiovisuelle de la communication, comme l'ensemble de la procédure d'ailleurs apparaît comme un labyrinthe favorable à toutes sortes de tractations. C'est pourquoi sur la question de la crédibilité de la sélection au niveau de la HAAC, 60% des journalistes recalés soutienne qu'il n'y a pas de crédibilité à ce niveau. Le non-respect par le chef de l'Etat de l'ordre de sélection transmis par la HAAC obéit à des considérations politiques au détriment du mérite professionnel et le profil du candidat.

Le parrainage politique pèse lourdement dans le choix des directeurs d'organes de service public, dès lors que la décision finale revient au chef de l'Etat. Les postulants s'engagent dans la course du parrain le plus proche possible du président de la République avant même le dépôt de leur dossier. Les lettres de recommandations une des pièces du dossier de candidature renseignent à souhait sur l'interventionnisme du politique dans le choix de ces directeurs. C'est d'ailleurs l'efficacité d'un parrain ou son poids politique auprès du président de la République qui peut expliquer le fait qu'un postulant arrivé troisième par ordre de mérite dans la sélection de la HAAC transmise au chef de l'état, soit nommé directeur. La compétence technique professionnelle, n'est plus un critère suffisant pour être nommé directeur de la télévision publique par exemple. L'engagement politique du postulant semble peser beaucoup plus dans la balance. Le phénomène du parrainage est si évident que, à 88% les enquêtés toutes catégories confondues, reconnaissent l'impossibilité de se faire nommer sans un lobbying politique. Les manquements observés sur la télévision nationale sont entre autres les conséquences du système de parrainage politique.

Il apparaît clairement qu'un directeur d'organe de service public, nommé sur la base d'un engagement politique n'est plus libre. Son choix répond à la volonté de celui qui l'a nommé de contrôler l'information sur cet organe. Il ne pourra pas garantir à tous les citoyens quel que soit leur bord politique, ni un accès équitable, ni un traitement équilibré de l'information sur la télévision. Ce faisant il viole et fait violer par ses collaborateurs, l'article 1er du code de déontologie de la presse béninoise qui stipule: « *le journaliste est tenu de respecter les faits, quoi que cela puisse lui coûter personnellement, et en raison du droit que le public a de connaître la vérité* ». L'article 24 de la constitution qui proclame la liberté de presse au Bénin, semble ne plus s'appliquer aux organes de médias de service public, notamment la télévision nationale, la télévision étant un média de propagande par excellence.

Dans l'histoire très récente de l'ORTB, en 2019, le directeur de la télévision, pour n'avoir pas fait suffisamment de propagande, pour un évènement de l'exécutif a été démis de ses fonctions et les autres directeurs d'organes de l'office dont les mandats couraient encore ont été balayés avec lui. Cet exemple est illustratif de la limite de l'indépendance un directeur d'organe vis-à-vis de l'exécutif.

Au cours cette étude, plusieurs journalistes de l'Office de Radiodiffusion et Télévision du Bénin, candidats malheureux ou heureux admis aux différents postes de directeurs de l'office ont donné leurs avis et faire des suggestions pour améliorer ce mode de nomination et par ricochet arrêter ou tout au moins réduire la propagande sur la télévision publique. Wabi BOUKARI, ancien directeur de la télévision nationale, affirme qu'il est impossible de devenir directeur d'organe de service public sans parrainage politique aujourd'hui. Les deux premières mandatures de la HAAC, cela a été possible. Pour lui, le directeur nommé n'a qu'une alternative: obéir aux injonctions quotidiennes ou démissionner. Pour Claude ADIGLI candidat malheureux au poste de directeur de la radio, « *les organes de médias de service public font partie intégrante du dispositif d'information voire de la communication du gouvernement* », il ne faut donc pas s'étonner de voir l'information à sens unique sur la télévision, ce qui entraîne le désamour des téléspectateurs. Daniel ADJE candidat malheureux au poste de directeur de régional, pense que « *un responsable nommé à un poste par la volonté personnelle, et la décision indiscutable d'un homme politique n'est plus un homme libre* ». Il ne faut donc pas attendre de lui qu'il garantisse l'équilibre de l'information. Pour Maurice Mahounon candidat malheureux au poste de directeur de la radio, actuellement directeur de la radio nationale par intérim, si on s'en tient à l'esprit et à la lettre de la loi qui a instauré, le processus est crédible, mais c'est la mise en application qui pose problème car « *c'est pour donner une certaine autonomie aux organes du secteur public et surtout à leurs dirigeants que cette initiative a été prise* ». Edouard LOKO, ancien vice-président de la HAAC, et actuellement chargé de mission du président de la République, pense que, c'est illusoire de penser qu'il peut y avoir de l'équité dans le traitement de l'information sur les chaînes publiques, parce que « *sous nos cieux, le déséquilibre étant déjà dans le fait, que la chaîne publique doit relayer (parfois sans limite quand il s'agit du PR) les activités « publiques » donc les acteurs publics sinon de l'exécutif sont privilégiés* ». Dans le contexte actuel, un poste de directeur d'organe de médias de service public est un poste politique, s'accordent à reconnaître la quasi-totalité des enquêtés. C'est ce que confirme Christian GNACADJA candidat malheureux au poste de directeur de la télévision, en racontant son expérience « *j'ai passé avec succès, l'étape de présentation et de soutenance de la HAAC en 2010; faute de lobbying politique certainement, je n'ai pas été nommé, bien que figurant en tête de liste. En 2016, j'ai postulé encore. La HAAC m'a recalé pour les raisons qui lui sont propres* ».

Pour beaucoup de nos enquêtés, la procédure doit être revue afin de garantir l'accès à tous sur la télévision nationale et les organes de médias de service public en particulier. Wabi BOUKARI et Ogouchina KOUNDE respectivement ancien directeur de la télévision nationale et ancien directeur de la radio nationale proposent par exemple que seul le directeur Général passe la par la procédure. Et que le Directeur général nommé choisisse ses collaborateurs. Pour eux, pendant la procédure, tous les postulants à tous les niveaux, passent par les mêmes étapes, présentent les projets, qu'ils ne pourront jamais exécuter au finish, le directeur général étant l'ordonnateur du budget. Ce faisant, les pressions sur les directeurs d'organes seront réduites.

Nous pensons que pour réduire la mainmise de l'exécutif sur la télévision de service public et les organes de médias du même secteur, il faut instaurer un mécanisme d'élection des directeurs d'organe par leurs paires, assorti d'une obligation de compte rendu.

## 6 CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons abordé la problématique de la Propagande gouvernementale sur la télévision publique: le Mode de nomination des responsables en question, dans le but de contribuer à réduire l'emprise de l'exécutif sur la télévision du service public. Nous avons interviewé 50 acteurs à différents niveaux du système. Il s'agit de journalistes postulants malheureux, de journalistes qui ont été nommés et des conseillers de la Haute Autorité de l'Audiovisuel et de la Communication. Après avoir interrogé les différentes étapes du processus, il en ressort que le mode de nomination des responsables de la télévision publique comme d'ailleurs ceux des autres organes des médias de service public, favorise la propagande au détriment de l'équité et de l'équilibre dans le traitement de l'information.

## REFERENCES

- [1] AKOUM, A. (1994). la communication démocratique et son destin. Paris. Puf.
- [2] DIOH, T. (2009). Histoire de la télévision en Afrique noire francophone, des origines à nos jours. Paris. Éditions Karthala.
- [3] GBAGUIDI, J-E. (2002-2004). Télévision Béninoise: susciter une réflexion stratégique in Essai sur les médias en Afrique I.
- [4] JESPER, J-J. (2009). Journalisme de télévision enjeux, contraintes, pratiques, Bruxelles, de Boeck, 208 p.
- [5] TOZZO, A. (2005). La réforme des médias publics en Afrique de l'Ouest: Servir le gouvernement ou le citoyen? in Média, Journalisme et espace public, Politique africaine N°97. éditions Karthala.
- [6] TUDESQ, A.J. (1999). Les médias en Afrique. Paris: Edition Marketing. 350 p.
- [7] UNESCO. (2005). La Radiotélévision de service public: une sélection de bonnes pratiques. 169 p.
- [8] Code de déontologie de la presse béninoise. Edition de 2012.
- [9] Constitution du 11 décembre 1990.
- [10] Loi n° 2015-07 portant code de l'information et de la communication en République du Bénin.
- [11] Office de Radiodiffusion et Télévision du Bénin: trois Noces pour l'ORTB. 2003. 120p.
- [12] Recueil des textes fondamentaux de la Haute Autorité de l'Audiovisuel et de la Communication (HAAC) Edition Octobre 2012.

## Caméras pièges et monitoring de la faune dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière (RBT) du W Niger

### [ Cameras Trap and wildlife monitoring in the W Niger Transboundary Biosphere Reserve ]

Yahou Harissou<sup>1</sup>, Amadou Oumani Abdoulaye<sup>2</sup>, and Mahamane Ali<sup>1-3</sup>

<sup>1</sup>Université de Diffa, BP 78 Diffa, Niger

<sup>2</sup>Université Dan Dicko Dankoulodo, BP 476 Maradi, Niger

<sup>3</sup>Université Abdou Moumouni, BP 10662 Niamey, Niger

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

**ABSTRACT:** The management of protected areas requires constant adaptation to current context, managers must decide on methods for assessing and monitoring values of their conservation area. This choice must be based on simple methods that are efficient and less costly in terms of time and costs in a scarce financial resources context. Fourteen (14) Bushnell-branded trap cameras were deployed, which were used to collect data throughout the follow-up period which runs from February to April 2018. The sampling points were chosen at random and the choice of the location of the camera in the sampled part is based on certain essential criteria for a good follow-up. Indeed, it would be necessary to take into account the trails used by wildlife and the availability of a hang support for cameras. Data collected during the follow-up period concern three hundred and sixty-seven (367) nights traps or 8808 hours. Two (02) of the fourteen (14) trap cameras deployed for the collection system did not work: one is stolen and the other do not fonction well. Nineteen thousand six hundred and forty-six (19646) pictures of mammalian fauna were captured by the trapping cameras in which twenty-nine (29) species were identified. The diversity index varied from 2.38 bits in February to 3.89 bits in March respectively; it fell in April with 1.65 bits. Pielou's equitability was respectively 0.51, 0.81 and 0.37 for above mentioned months. Animal density estimated from distance sampling points transect showed fluctuating densities (4.87; 3.40 and 5.23 individuals per ha) depending on the month (February, March and April).

**KEYWORDS:** Distance sampling, camera trap, point transect, W Niger Biosphere Reserve.

**RESUME:** La gestion des aires protégées exige une constante adaptation au contexte du moment, le gestionnaire se doit d'arbitrer le choix des méthodes d'évaluation et de suivi des valeurs de sa zone de conservation. Ce choix doit être porté sur des méthodes simples efficaces et moins couteuses en termes de temps et de coûts du fait de la rareté des ressources financières. Les nouvelles technologies offrent une gamme d'appareils qui sont de plus de plus utilisés dans le cadre de la conservation de la biodiversité. Dans cette recherche, il a été déployé 14 caméras pièges le long de la période de suivi qui s'étala de février à Avril 2018. Les données collectées au cours de cette période ont concerné trois cent soixante-sept (367) nuits pièges soit 8808 heures. Deux (02) caméras pièges sur les quatorze (14) déployées pour le système de collecte n'ont pas fonctionné l'une suite à un vol et la seconde du fait d'un dysfonctionnement. Dix-neuf mille six cent quarante-six (19646) images de la faune mammalienne ont été capturées par les caméras pièges dans lesquelles vingt-neuf (29) espèces ont été identifiées. L'indice de diversité a varié respectivement de 2,38 bits en février à 3,89 bits en mars; il a connu une chute en Avril avec 1,65 bits, l'équitabilité de Pielou a été respectivement de 0.51, 0.81 et 0.37 pour les mois cités. La densité animale estimé à partir des points transect de distance sampling a montré des densités fluctuantes (4,87; 3,40 et 5,23 individus par ha) en fonction des mois (Février, Mars et Avril).

**MOTS-CLEFS:** Distance sampling, caméra piège, point transect, Réserve de Biosphère du W Niger.

## 1 INTRODUCTION

Les aires protégées constituent depuis longtemps la pierre angulaire de la préservation de la biodiversité en jouant un rôle central dans leur conservation. Les gestionnaires ont le devoir d'évaluer périodiquement les valeurs de leur zone de conservation, ce qui nécessite la mobilisation d'importantes ressources financières et humaines [1]. Aussi selon les mêmes auteurs, l'absence ou la faiblesse de financement des aires protégées conduit à la perte et à la dégradation de ces ressources naturelles. Au regard des faibles capacités des unités de gestion des aires protégées nigériennes et parfois en l'absence d'autonomie financière, elles doivent s'adapter au contexte du moment pour l'atteinte de leurs objectifs.

Les méthodes classiques d'inventaire de la faune notamment celle des transects en ligne [2] utilisées le plus couramment sont souvent onéreuses. Les récentes avancées technologiques surtout celles des caméras pièges méritent d'être exploitées pour booster davantage la conservation. Les caméras pièges permettent d'enregistrer des événements rares et inédits en l'absence de toutes perturbations contrairement à l'observation directe de la faune. En effet cette dernière peut être à l'origine de dérangements pour la faune qui craint ou redoutent les contacts avec les hommes. [3] furent parmi les pionniers qui utilisèrent les caméras pièges lors d'une étude sur les modèles d'activités des mammifères en zone humide dans un parc national d'Indonésie. L'avènement de cette technologie a permis des avancées significatives dans la connaissance de l'écologie des espèces animales dont les espèces les plus largement étudiées sont les carnivores [4] reconnaissables par les traces et les cicatrices au niveau de leurs têtes et leurs membres. De même certaines espèces présentant des traces ou motifs caractéristiques sur leur pelage comme le léopard, le guépard, le guibh, la girafe, etc peuvent être facilement reconnaissables et étudiées.

Les pressions anthropiques dû à la circulation illicite dans les aires protégées ainsi que d'autres activités illégales impriment à la faune un caractère craintif qui est perceptible avec des distances de fuite de plus en plus importantes. En plus certaines espèces naturellement très discrètes ou craintives évitent au maximum le contact avec les hommes. L'avènement des caméras pièges produit des milliers d'images en fonction de l'échelle de temps utilisée. Du fait de l'importante quantité des données, des bénévoles sont parfois sollicités pour le classement et l'identification des images [5], c'est la science citoyenne. Bien que mal perçue par certains scientifiques chevronnés cette science dite citoyenne peut contribuer à assurer une conservation de la biodiversité. En effet un défi crucial des moyens se pose pour toutes les aires protégées africaines caractérisées par un manque généralisé d'infrastructures de communication, des investissements en matière de technologie presque nulle ou fragmentaire [6]. L'une des technologies phares utilisées dans la RBTW Niger est l'outil SMART (Spatial Monitoring and Reporting Tool) qui alimente depuis 2014 une base de données sur les valeurs fauniques de la zone de conservation et les pressions et les incidents dont elle fait l'objet. En complément avec cet outil et pour mettre en place une science citoyenne dans la Réserve, une campagne de pose de caméras pièges a été effectuée au cours des mois de février à avril 2016. L'objectif global de cette recherche est de mettre à jour les valeurs fauniques notamment celles des mammifères grâce aux nouvelles technologies. Plusieurs paramètres peuvent être suivis comme l'abondance, la densité et la distribution des espèces des mammifères.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 ZONE D'ÉTUDE

Le noyau central de la RBTW Niger couvrant 220 000 ha aux confins de trois pays (Niger, Bénin et Burkina) a servi de cadre pour la conduite de l'activité des poses des caméras pièges. La zone est comprise entre les latitudes 11°54' et 13°20' Nord et les longitudes 02°04' et 03°20' Est. Elle est couverte des savanes et fait partie d'un vaste réseau d'aires protégées dénommé le WAP (Parcs de W, Arly et Pendjari et les zones cynégétiques adjacentes) [7].

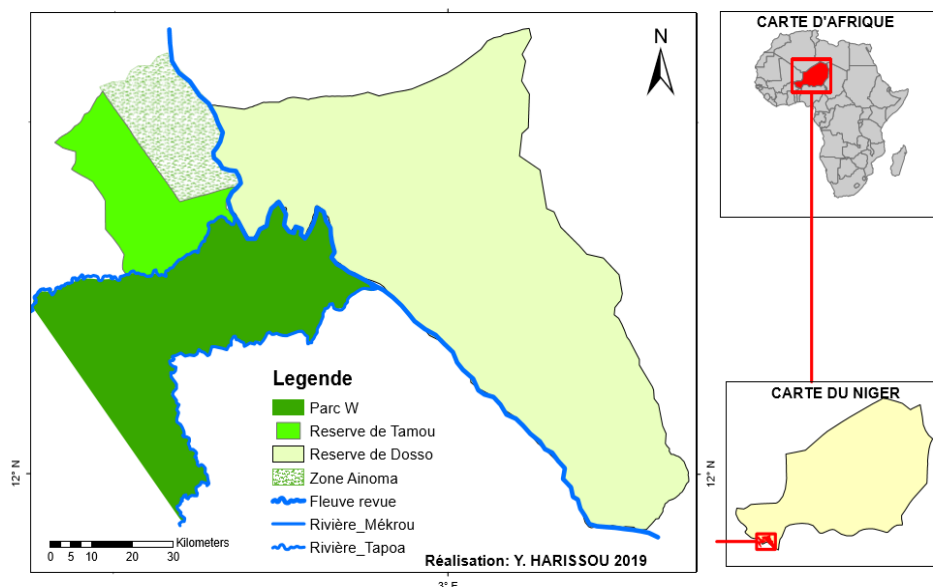


Fig. 1. Localisation de la Réserve de Biosphère du W Niger

## 2.2 COLLECTE DES DONNÉES

L'étude a été conduite dans la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W Niger au cours de la saison sèche entre les mois de février et avril en 2018. Un échantillonnage par quadrat de 100km<sup>2</sup> dans le noyau central de la Réserve a été effectué. Ensuite des unités échantillons ont été choisies par la suite de manière raisonnée [8] en tenant compte de leur fréquentation par la faune en se basant surtout sur les pistes actives. Les caméras pièges sont utilisées le plus souvent pour les animaux à sang chaud repérés par la signature de leur chaleur et leurs mouvements. C'est en effet la chaleur dégagée par ces animaux qui est captée par les caméras mais cela n'exclut pas selon [9] la détection d'autres classes animales comme les reptiles (petits scinques, serpents, varans et crocodiles). Le choix de l'emplacement de la caméra dans la partie échantillonnée se base sur certains critères tels qu'entre autres les pistes empruntées par la faune et la disponibilité d'un support pour fixer la caméra. Ces pistes doivent être actives au moment de la pose de la caméra et il sera privilégié les intersections ou les jonctions entre les pistes. Il a été déployé 14 caméras au cours de cette recherche qui ont servi à collecter les données le long de la période de suivi. Chaque caméra piège a été fixée sur un arbre ou arbuste à une hauteur comprise entre 0,40 et 0,70. Un coupe-coupe a été utilisé pour nettoyer le champ de vision des appareils, au besoin un feu de correction est apporté pour sécuriser les caméras contre les feux de brousse qui peuvent se déclarer dans la zone. En général, les troncs d'arbres ou d'arbustes sur lesquels les caméras pièges ont été placés ont au moins 8cm de diamètre. Des sangles ont servi pour fixer les appareils et éviter qu'ils bougent sous les coups de vent ou d'éventuels frottements par la faune sur les caméras pièges. Les caméras ont été paramétrées pour se déclencher après le passage des animaux; la date, l'heure et l'année ont été aussi réglées et mises à jour. Les distances entre la caméra et le groupe d'animaux détectés sont aussi enregistrées. Les caméras sont capables de fournir des détections nocturnes grâce l'infrarouge.

Pour la navigation sur le point transect, un GPS 62st a été utilisé pour repérer les points échantillonnés et la prise de coordonnées des caméras fixées. Les caméras pièges utilisées sont de marque Bushnell pouvant contenir au maximum huit piles alcalines. Une fréquence bihebdomadaire a été retenue pour la maintenance (changement des piles avant qu'elles ne se déchargent complètement compte tenu de leur qualité, détection des dysfonctionnements des pièges, changement au besoin des cartes SD, etc). En fonction de la qualité des piles la fréquence de la maintenance des caméras peut être plus importante et peut s'étendre sur environ trois (03) mois. Les zones échantillonnées comprennent Bata, Nyafarou, Tapoa, Pérélégou, Point triple, Niger car, Fofu et Haoussa.



Fig. 2. Des caméras pièges fixées sur des arbustes dans la RBT W Niger

### 2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Les données récoltées ont été manuellement transcrites et saisies dans le tableur Excel. Les variables enregistrées sont relatives à la composition des groupes, l'estimation de la distance radiale, les espèces observées, les caractéristiques des sites, etc. Cela a permis d'évaluer la richesse spécifique et les indices de diversité au cours des mois. Il a été ainsi calculé les indices de diversité de Shannon-Weaver [10], [11] et l'Équitabilité de Pielou [12].

Ces données ont été ensuite importées dans le logiciel Distance sampling version 6.2 qui a été utilisée pour estimer la densité animale et les fonctions et probabilité de détection. L'analyse d'un inventaire déjà effectué se base sur les hypothèses principales suivantes [13]:

- Tous les animaux situés à une distance 0 du point transect sont détectés  $g(0) = 1$ ; ( $g(x)$  est la courbe de détection),
- Les animaux sont détectés à leur position initiale,
- Les distances sont estimées avec précision et
- Les détections sont indépendantes.

En plus selon [8], il faut tenir compte: du passage obligatoire de l'animal dans le champ de la caméra puisqu'il peut passer derrière; la capacité de la caméra d'identifier l'animal qui peut être à moitié observable dans son champ de vision, etc.

Le distance-sampling se base également sur le principe que la densité moyenne des individus est homogène sur l'ensemble de la zone d'étude et ce, quelle que soit la distance entre les individus et l'observateur. L'analyse CDS (Conventional Distance Sampling) a été utilisée suivants les modèles d'ajustement:

$$\text{Uniform} = 1/w$$

w est la distance tronquée

$$\text{Half-normal} = \exp(-y^2/2\sigma^2) \text{ et Hazard rate} = 1 - \exp(-(y/\sigma)^{-b}) \sigma$$

a et b sont les modèles du paramètre.

Ces modèles ont été testés accompagner des séries d'ajustement (Len *et al*, 2010):

$$\text{Cosine} = \sum_{j=2}^m a_j \cos(j\pi y_s) \quad \text{Cosine} = \sum_{j=2}^m a_j \cos(j\pi y_s)$$

$$\text{Simple polynomial} = \sum_{j=2}^m a_j \cos(j\pi y_s) \quad \sum_{j=2}^m a_j \cos(j\pi y_s) \quad \text{et Hermite} = \sum_{j=2}^m a_j H_2 j(y_s) \quad \sum_{j=2}^m a_j H_2 j(y_s)$$

Le modèle ayant le meilleur AIC (Akaike Criterion Information) sera sélectionné. Cette sélection se fonde sur le plus faible AIC et un test d'ajustement non significatif. Il a été estimé au cours de cette étude la probabilité de détection et le taux de rencontre sur la période de suivi [14]. La probabilité de détection varie suivant les espèces, l'âge, les habitats ou le sexe, ici nous aborderons son évolution dans le temps.

Il a été aussi exécuté par la suite les tests de Kolmogorov-Smirnov et Cramér-von Mises dans le modèle choisi.

### 3 RÉSULTATS

Au total trois cent soixante-sept (367) nuits pièges soit 8808 heures ont fait l'objet du suivi au cours de la période. Deux (02) caméras pièges sur les quatorze (14) déployées pour le système de collecte n'ont pas fonctionné l'une suite à un vol et la seconde du fait d'un dysfonctionnement. Dix-neuf mille six cent quarante-six (19646) images de la faune mammalienne ont été capturées par les caméras pièges dans lesquelles vingt-neuf (29) espèces ont ainsi été recensées (Tableau 1). Les observations ont été fortement dominées par le guibh (*Tragelaphus scriptus*, 33,35%) suivi du buffle (*Syncerus caffer brachyceros*), de l'éléphant (*Loxodonta africana*), du babouin (*Papio anubis*) et du phacochère (*Phacochoerus africanus*), avec respectivement 7,08%; 6,30% et 5,86%. Le guépard (*Acinonyx jubatus hecti*), le caracal (*Caracal caracal*), le bubale (*Alcelaphus buselaphus*) et l'oryctérope (*Orycteropus afer*) ont été les espèces les moins observées (0,05; 0,05; 0,10; 0,20 %) au niveau des points transects.

Parmi les vingt-neuf (29) espèces identifiées à l'aide des caméras pièges, les herbivores ont été le plus observés.

L'indice de diversité a varié respectivement de 2,38 bits en février à 3,89 bits en mars; il a connu une chute en Avril avec 1,65 bits tandis que l'équitabilité de Pielou a varié respectivement de 0,51; 0,81 et 0,37 pour les mois cités ci-dessus.

Tableau 1. Fréquences et statuts IUCN des espèces observées

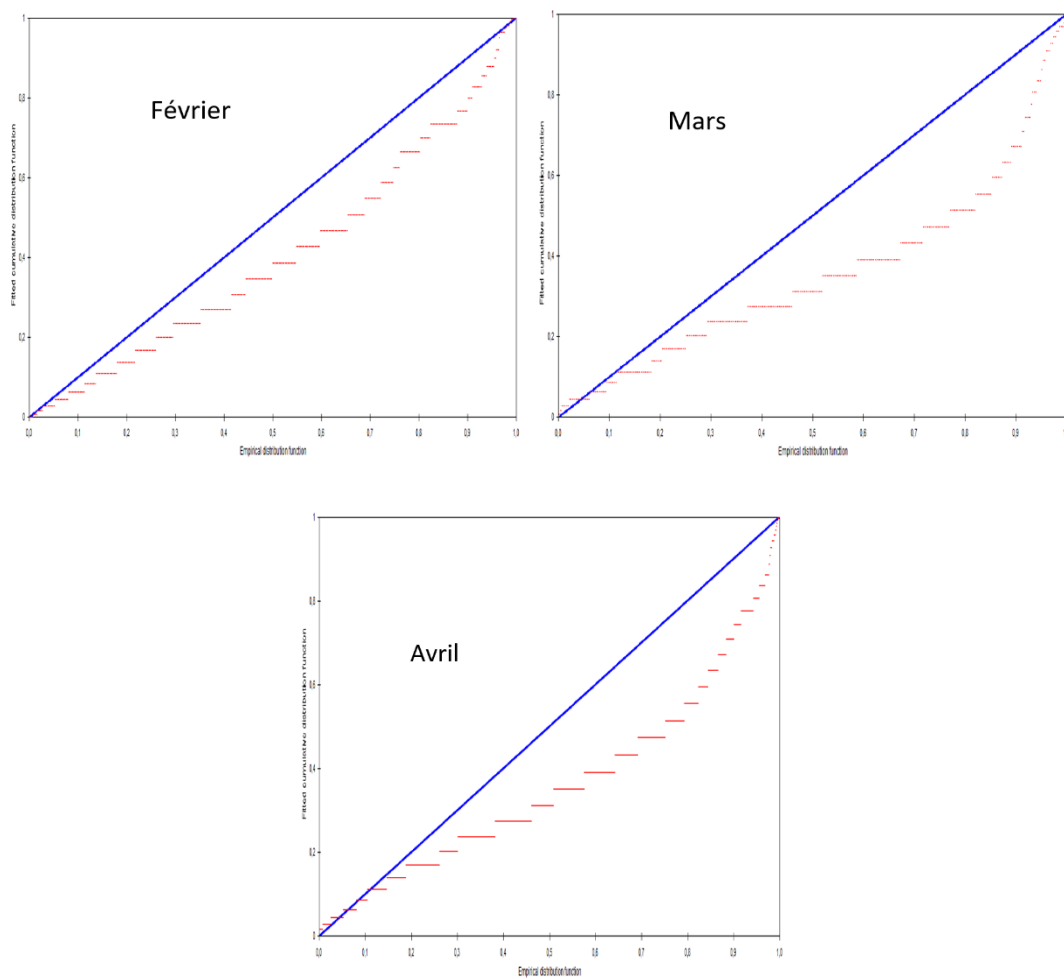
No	Nom commun	Nom scientifique	Statut IUCN	Fréquence (%)
1	Babouin	<i>Papio anubis</i>	LC	5,86
2	Bubale	<i>Alcelaphus buselaphus</i>	LC	0,10
3	Buffle	<i>Syncerus cafer brachyceros</i>	VU	7,08
4	Caracal	<i>Caracal caracal</i>	LC	0,05
5	Céphalophe de Grimm	<i>Sylvicapra grimmia</i>	LC	1,71
6	Chacal à flancs rayés	<i>Canis aureus</i>	LC	3,13
7	Chacal commun	<i>Canis adustus</i>	LC	
8	Chat sauvage	<i>Felis silvestris</i>	LC	0,29
9	Civettes	<i>Civettictis civetta</i>	LC	3,81
10	Cobe de buffon	<i>Kobus kob</i>	LC	3,52
11	Cobe de Fassa	<i>Kobus ellipsiprymnus</i>	LC	1,32
12	Ecureuil	<i>Xerus erythropus</i>	LC	0,15
13	Eléphant	<i>Loxodonta africana</i>	EN	6,30
14	Gazelle à flancs roux	<i>Eudorcas rufifrons</i>	VU	0,20
15	Genette	<i>Genetta sp</i>	LC	1,32
16	Guépard	<i>Acinonyx jubatus hecti</i>	EN	0,05
17	Guib harnaché	<i>Tragelaphus scriptus</i>	LC	33,35
18	Hippotrague	<i>Hippotragus equinus</i>	LC	2,29
19	Hyène	<i>Crocuta crocuta</i>	LC	1,86
20	Lièvre	<i>Lepus capensis</i>	LC	0,68
21	Lion	<i>Panthera leo</i>	EN	1,03
22	Mangouste	<i>Herpestes ichneumon</i>	LC	1,32
23	Oryctérope	<i>Orycteropus afer</i>	LC	0,20
24	Ourébi	<i>Ourebia ourebi</i>	LC	4,69
25	Patatas	<i>Erythrocebus patas</i>	LC	4,39
26	Phacochère	<i>Phacochoerus africanus</i>	LC	5,08
27	Porc épic	<i>Hystrix cristata</i>	LC	2,88
28	Redunca (Cob des roseaux)	<i>Redunca redunca</i>	LC	4,30
29	Vervet ou singe vert	<i>Cercopithecus aethiops</i>	LC	3,08

### 3.1 FONCTION DE DISTRIBUTION EMPIRIQUE

Après avoir exécuté les analyses selon plusieurs modèles et séries d’ajustement, il a été choisi UNIFORME comme modèle et COSINE comme série d’ajustement qui a été exécuté sans erreurs et qui présente la plus faible valeur d’AIC.

Pour comparer l’ajustement du modèle de fonction de détection aux données, il suffit de tracer la fonction de distribution cumulative ajustée (cdf) par rapport à la fonction de distribution empirique (edf). La figure 3 donne l’ajustement du modèle de fonction de détection des données collectées au moment de la pose des caméras pièges. La fonction linéaire matérialisée en bleu donne l’allure des données lorsque l’ajustement est parfait tandis que la fonction sous forme de courbe en tirets rouges montre l’allure réelle des données récoltées au cours de la recherche. Un écart est constaté au cours des relevés mensuels, le mois de février semble le plus répondre au modèle retenu comparativement aux mois de mars et avril.

Les tests de Kolmogorov-Smirnov et Cramér-von Mises issus du modèle choisi ont donné des différences significatives ( $P \leq 0.0000$ ) entre la fonction de distribution cumulative ajustée (cdf) et la fonction de distribution empirique (edf).



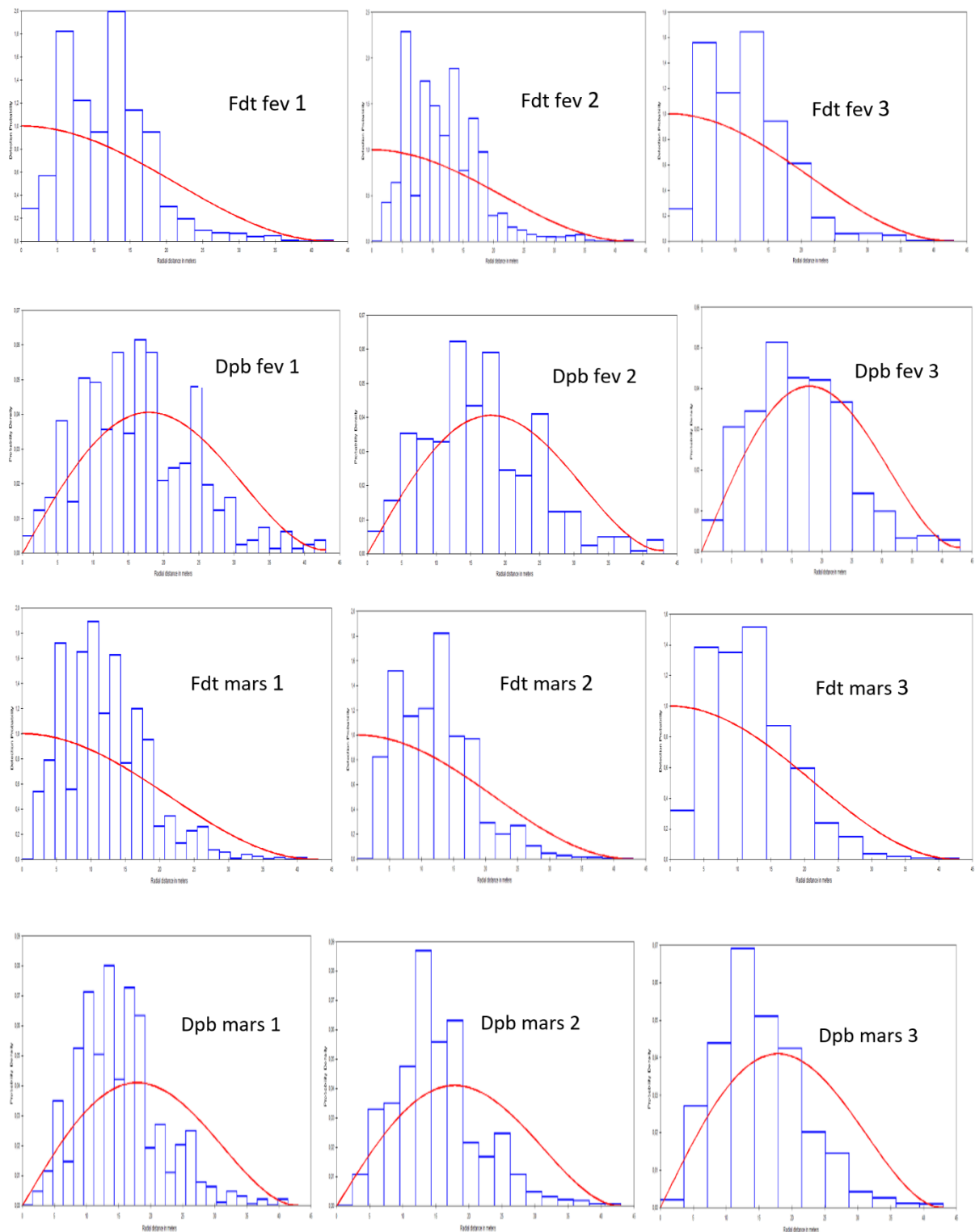
**Fig. 3.** Graphique de l’analyse avec Conventional Distance Sampling (CDS) et le modèle Uniform Cosine: fonction de répartition empirique des données des caméras pièges au cours des mois de février, mars et avril 2018

Les allures des fonctions de distribution cumulative ajustée entre les mois sont différentes et semble se décoller de la fonction de distribution empirique. Les données du mois de février sont les plus ajustées à la fonction de distribution empirique.

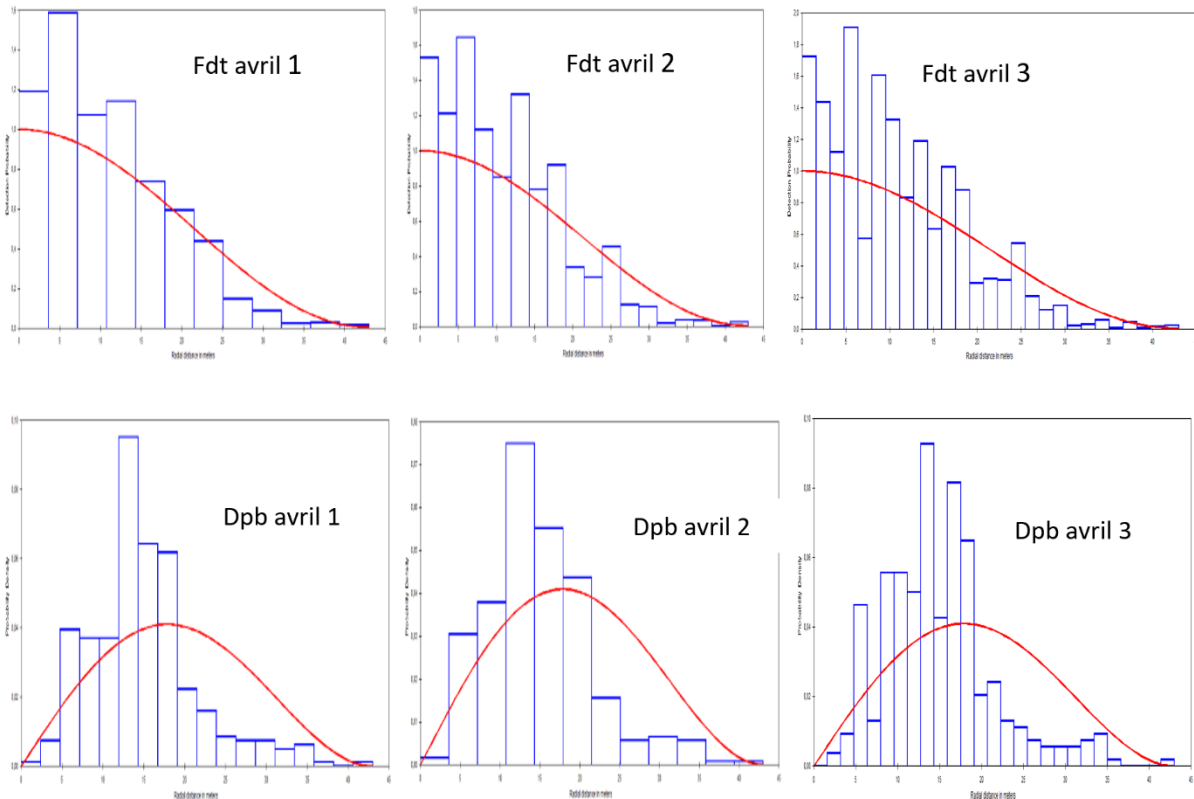
### 3.2 FONCTIONS DE DÉTECTION

La fonction de détection  $g(x)$  est la probabilité de détecter un animal donné situé à une distance  $x$  par rapport au point transect. Elle décrit la relation entre la distance et la probabilité de détection. Le moteur d’analyse *Conventional Distance Sampling (CDS)* avec échantillons stratifiés du logiciel Distance sampling a été utilisé. Le modèle construit et choisi parmi ceux qui ont été exécutés est celui

de la fonction clé **Uniform** avec la série d'ajustement **Cosine** présentant le minimum d'AIC, la fonction clé détermine la forme de base du modèle. La figure 4 donne les observations mensuelles des fonctions de détection.



**Fig. 4.** Graphique de l'analyse avec Conventional Distance Sampling (CDS) et le modèle Uniform Cosine: Fonction de détection (Fdt): Probabilité de détection (1), (2) et 3 pour les mois de février et mars



**Fig. 5.** Graphique de l'analyse avec Conventional Distance Sampling (CDS) et le modèle Uniform Cosine: Fonction de détection (Fdt); Probabilité de détection (1), (2) et 3 pour les mois d'avril

Les courbes en rouge représentent les fonctions de détection (Fdt) et les fonctions de probabilité de détection (Dpb) tandis que les histogrammes représentent les données collectées par les caméras pièges.

L'analyse de ces figures montre que les espèces fauniques sont régulièrement observées au cours de la période d'observation (février à avril). Les figures ci-dessus donnent la fonction de répartition empirique des observations mensuelles des espèces fauniques. L'ensemble des fonctions de détection au cours de la période de l'inventaire ont présenté en fonction de la distance avec la forme « d'épaule » sur la gauche. Les fonctions des densités de probabilités présentent de faibles probabilités d'observation de la faune au point transect, la probabilité augmente pour atteindre un pic situé en général sur toutes les courbes à moins de 20m. Ces fonctions montrent aussi des « débordements » des classes des histogrammes au début et des histogrammes à l'intérieur de la courbe aux distances terminales.

### 3.3 DENSITÉ ANIMALE ISSUE DU MODÈLE UNIFORME COSINE

Les densités issues de l'analyse de la Conventional Distance Sampling (CDS) après exécution du modèle Uniform Cosine sont présentés dans la partie résultat de l'analyse. Cette dernière est retenue lorsqu'elle présente la différence d'AICs la plus faible, les densités estimées semblent être acceptables au regard de la faible densité de biomasse animale dans les écosystèmes protégés ouest africain en général et au Niger en particulier. Les densités enregistrées sont donc respectivement 4,87; 3,40 et 5,23 individus par hectare pour les mois de février, mars et avril de l'année 2016.

### 3.4 LIMITES DES CAMÉRAS PIÈGES

Les caméras pièges ont des capteurs incorporés qui jouent des rôles importants dans la mesure de certaines variables (Température, luminosité, etc). Elles sont capables de capturer les images à moins que la visibilité soit réduite par les intempéries (pluie, vent, inondation, etc). Elles peuvent cependant être sujettes à une destruction par la faune (Figure 6) et autres facteurs anthropiques tels que le vandalisme par les délinquants). Une des limites principales des caméras pièges est l'absence des capteurs qui seront intéressants dans l'estimation de la densité et des effectifs animaux. Un télémètre, un goniomètre ou un théodolite doivent être incorporés pour limiter les erreurs dans l'estimation de la distance et des angles par rapport au piège photographique.



Fig. 6. *Caméra endommagée et déplacé jusqu'aux alentours de la mare Moussiemou par des éléphants*

#### 4 DISCUSSION

Les méthodes et techniques de suivi des grands mammifères sont en mutation du fait de la récente introduction de ces nouvelles technologies qui font recours aux caméras pièges. A l'issue de cette recherche, vingt-neuf espèces de la faune mammalienne ont été observées sur les images photographiées par les caméras pièges. C'est sensiblement les mêmes espèces qui ont été enregistrés lors de l'étude sur l'abondance et la distribution de la faune dans cette même aire protégée [15]. Seul le galago est absent de cette liste du fait sans doute de ses comportements nocturnes et ses activités arboricoles, sa taille peut aussi être un aspect à prendre en compte pour son observation. Aussi l'emplacement des caméras à moins de 0,7m [16], [8] a limité fortement l'observation d'espèces arboricoles. Les indices de diversité relevés au cours de la période de recherche ont montré que le mois de mars est le plus favorable à l'observation des espèces de la faune mammalienne.

Pour une estimation d'abondance de la faune, il faudrait renseigner la superficie de la zone à inventorier lors de l'analyse dans le logiciel distance sampling; cependant par défaut il peut fournir la densité animale à condition de laisser vide la colonne correspondant à cette densité [17]. Selon [18], la forme « épaulement » des courbes de détection observées représente la probabilité certaine pour l'opérateur de détecter un animal lorsque la distance est égale à zéro et elle diminue sur la droite pour la plupart car la probabilité de détecter un animal diminue avec l'augmentation de la distance par rapport au point transect. Des densités importantes si l'on se réfère aux densités antérieures de la faune dans ce type d'écosystèmes ont été enregistrées au cours de cette recherche, cela provient sans aucun doute du déploiement des caméras qui ne sont installés dans les grilles que dans les endroits où il y'a plus de chance de rencontrer la faune. De même le redéploiement des caméras après une certaine période sur d'autres points transects pour couvrir le nombre minimum de points transects (20) recommandés par certains écologues [8], [19] peut favoriser des recaptures avec certains mouvements de la faune. La méthode de transect en points a été largement utilisée dans l'estimation de l'abondance et des densités des oiseaux [20], [21] et également celles des mammifères [20], [18]. Dans cette recherche, cette méthode a montré l'avantage qu'elle peut procurer notamment en termes d'économie de ressources humaines. Les indices de diversité calculé sur la période de suivi montrent une augmentation de diversité entre février et mars et une chute au mois d'avril qui correspond à la période des premières pluies dans cette aire protégée et qui favorise la dispersion de la faune suite à la réapparition des mares. Celles-ci étaient asséchées à la saison sèche et le retour des pluies augmentent la possibilité pour la faune d'explorer les habitats qui n'étaient pas pourvus en eau.

#### 5 CONCLUSION

L'utilisation des nouvelles technologies peut révolutionner la gestion et la conservation de la biodiversité. La technique d'utilisation des caméras pièges a été utilisée au cours de cette recherche pour le suivi de la grande faune mammalienne de la RBTW Niger. Dans des zones de conservation où l'application des lois est faible et où il manque d'autonomie financière, ces caméras jouent un rôle important dans le suivi de la richesse spécifique, de la densité et de l'abondance de la biodiversité animale existante. Avec ces caméras pièges les distances de fuite sont presque nulles du fait du caractère discret des capteurs, ce qui a favorisé une détection animale parfois à moins

d'un mètre de l'appareil. Les images recueillies au cours de la période de déploiement sont importantes en termes de quantité et de qualité avec des individus photographiés sans aucun stress.

Les images recueillies peuvent être utilisées pour d'autres buts comme l'éducation environnementale et dans la lutte anti braconnage (recherche des délinquants circulant dans l'aire protégée et qui peuvent être capturés par les caméras). L'analyse des données doit également prendre en compte les répétitions, la caméra étant placée sur une période donnée il ne faut surtout pas considérer toutes les données sur une journée de collecte. La technique de pose de caméras piège exige un temps au cours duquel la faune va s'habituer à la présence du capteur et de l'odeur humaine laissée sur l'appareil et qui sera effacée dans le temps.

L'utilisation de ces caméras pièges a permis à moindre coût de fournir à l'unité de gestion une estimation de la densité animale comparativement aux méthodes de transect linéaire et le circuit à véhicule. Cette opération peut être importante dans la mise à jour des circuits touristiques pour la vision animalière. La Réserve de Biosphère étant une aire protégée de catégorie II de l'IUCN, elles accueillent des touristes venant de plusieurs horizons; il est indispensable pour les gestionnaires de mettre en place des circuits adéquats pour son développement touristique. En plus les points transects échantillonnés peuvent être suivi chaque saison pour asseoir le monitoring de la faune mammalienne. Cependant ces capteurs peuvent être vandalisés ou détruit par certaines espèces comme l'éléphant dans le cas de cette recherche, d'où il faut prendre des précautions dans leur déploiement.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le personnel de l'unité de gestion de la RBTW Niger (service du suivi écologique et celui de la protection/surveillance) et l'Association des Campements Touristiques pour l'Appui à la Gestion du Parc W (ACTAG/W) pour leurs efforts dans la collecte des données.

## REFERENCES

- [1] Aaron G. B, Raymond E. G et Andrew B. (2004). Financial Costs and Shortfalls of Managing and Expanding Protected-Area Systems in Developing Countries. *Bioscience*, Vol. 54, No. 12 pp. 1119-1126.
- [2] Norton-Griffiths M 1978. Counting animals. A series of handbooks on Techniques in African Wildlife Ecology. 134P.
- [3] Griffiths, M. Carel P. V. S. (1993). The impact of human traffic on the abundance and activity periods of sumatran rain forest wildlife. *Conservation Biology*, volume 7, No 3. 4P.
- [4] Foster R. J. Harmsen B. J. A Critique of Density Estimation From Camera-Trap Data. *The Journal of Wildlife Management* 76 (2): 224–236; 2012; DOI: 10.1002/jwmg.275.
- [5] Kosmala, M. Wiggins A. Swanson A. Simmons B. Assessing data quality in citizen science. *Front Ecol Environ* 2016; 14 (10): 551–560, doi: 10.1002/fee.1436.
- [6] Hodgkinson S. et Young D. (2016) The Application of Innovative Technologies to Improve Management Effectiveness First report of IUCN Mission to PNP. 34p.
- [7] Hibert F: 2007. Déterminants écologiques et anthropiques de la structuration des peuplements d'ongulés sauvages en Afrique de l'Ouest: cas du Parc Régional du W du fleuve Niger. Thèse de doctorat pour l'obtention des grades de docteur de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes et de l'Université Abdou Moumouni. 370p+Annexes.
- [8] Howe E. J. Buckland S. T., Emspenner M-L. D- et Kuhl H. S. Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution* 2017, 8, 1558–1565. doi: 10.1111/2041-210X.12790.
- [9] Berthelot P. J. et Menouche A. (2014). Exploitation des pièges photographiques par la Dter Nord Picardi. DREAL Picardie Service Déplacements Infrastructures et Transports. 26p.
- [10] Shannon CE 1948. A Mathematical Theory of Communication ». In: *The Bell System Technical Journal* 27, p. 379-423, 623-656.
- [11] Shannon CE et Weaver W: 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. (Cf. p. 44, 53).
- [12] Pielou E. C1966. The measurement of diversity in different types of biological collections in: *Journal of Theoretical Biology* 13.C, p. 131-144.
- [13] Kühl H., Maisels F., Ancrenaz M. et Williamson E.A. (2009). Lignes directrices pour de meilleures pratiques en matière d'inventaire et de suivi des populations de grands singes. Gland, Suisse: Groupe de spécialistes des primates de la CSE de l'IUCN. 32 pp.
- [14] Fewster R. M., Buckland S T., Burnham K. P., Borchers D. L., Jupp P. E., Laake J. L. et Thomas Len. Estimating the Encounter Rate Variance in Distance Sampling. *Biometrics* 65, 225–236 (2009). DOI: 10.1111/j.1541-0420.2008.01018. x.
- [15] Yahou, H., Amadou O.A, Hema E, Mahamane A. (2020). Abondance et distribution des mammifères de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W Niger (RBT W Niger). *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim. Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.43 (3): 7513-7524* <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v43-3.7>.
- [16] Rowcliffe, J. M; Field, J.; Turvey, S. T.; Carbone, C. (2008). Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*. 12p DOI: 10.1111/j.1365-2664.2008. 01473.x.

- [17] Buckland S. T, Summers R. W., Borchers D. L. et Thomas L. Point transect sampling with traps or lures. *Journal of Applied Ecology* 2006 43, 377–384.
- [18] Pelliccioli F. et Ferrari C. The use of point-transects distance sampling to estimate the density of alpine marmot in the Gran Paradiso National Park. *Journal of Mountain Ecology*, 9 (Autumn 2013): 47–60.
- [19] Cusack JJ, Dickman AJ, Rowcliffe JM, Carbone C, Macdonald DW, Coulson T (2015). Random versus Game Trail-Based Camera Trap Placement Strategy for Monitoring Terrestrial Mammal Communities. *PLoS ONE* 10 (5): e0126373. doi: 10.1371/journal.pone.0126373.
- [20] Sebastián-González, E., R. J. Camp, A. M. Tanimoto, P. M. De Oliveira, B. B. Lima, T. A. Marques, and P. J. Hart. 2018. Density estimation of sound-producing terrestrial animals using single automatic acoustic recorders and distance sampling. *Avian Conservation and Ecology* 13 (2): 7. <https://doi.org/10.5751/ACE-01224-130207>.
- [21] Lee D. C. et Marsden S. J. Adjusting count period strategies to improve the accuracy of forest bird abundance estimates from point transect distance sampling surveys. *Ibis* (2008), 150, 315–325.
- [22] Marques T. A. Buckland S. T. Borchers D. L. Tosh, et McDonald R. A Point Transect Sampling Along Linear Features. *Biometrics* 66, 1247–1255 December 2010. DOI: 10.1111/j.1541-0420.2009.01381.x.

## Dispensing antibiotics for children in the City of Goma, DRC: A cross-sectional survey

Emmanuel Busha Tibasima<sup>1,4</sup>, Prudence Mitangala Ndeba<sup>2</sup>, Olivier Vandenberg<sup>4</sup>, and Baudouin Byl<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Faculté de médecine, Université Libre des Pays des Grands lacs (ULPGL), RD Congo

<sup>2</sup>Faculté de médecine, Université Officielle de Ruwenzori (UOR), RD Congo

<sup>3</sup>Clinique d'épidémiologie et hygiène hospitalière, Hôpital Erasme, Université Libre de Bruxelles (ULB), Belgium

<sup>4</sup>Ecole de Santé Publique, Université libre de Bruxelles (ESP-ULB), Belgium

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

**ABSTRACT:** *Background:* Global action plans to tackle antimicrobial resistance include implementation of antimicrobial stewardship, but little is known about the dispensing practices of antibiotics of community pharmacists in low and middle-income countries. In this study, we aim to assess the dispensing of antibiotics for paediatric use in pharmacies in the City of Goma, capital of North Kivu province.

*Method:* Between June and December 2017, we performed a cross-sectional questionnaire-based survey with pharmacy managers about antibiotic dispensing to the paediatric population.

*Result:* Among a total of 225 pharmacies identified, 84% were managed by nurses. 70% of pharmacy managers had absolved secondary school. Only 10% of pharmacies were owned by pharmacists or physicians. 76% of antibiotics for children were prescribed after families asking for them and only 21% after a recommendation from the pharmacy manager. Amoxicillin/clavulanic acid was the most commonly dispensed antibiotic - 78% cases. 81% of pharmacy managers had no supervision by a pharmacist from the pharmacy division. There was no significant difference in requiring or not between a physician prescription to deliver antibiotics in children and the qualifications of pharmacy managers ( $P=0.28$ ), their level of school education ( $P=0.42$ ).

*Conclusion:* Our findings suggest that there is a lack of regulation and consistency in the approach to dispensing antibiotics in children. A policy is needed to regulate the dispensing of antibiotics along with education and training to reduce the risk of antibiotic resistance.

**KEYWORDS:** Antibiotics, Issue, Pharmacies, City of Goma.

### 1 INTRODUCTION

Self-medication with antibiotics contribute to the development of multiresistant bacteria [1,2]. Between 2000 and 2010, the global use of antibiotics per person has significantly increased; this rise is more marked in low resource countries [3]. This is a major challenge for public health globally because of the slowing in the development of new antimicrobials [2, 4]. There is a lack of data and published studies from Africa about the level of resistance related to uncontrolled use of antibiotics [1]. In Nigeria [5, 6] and Sudan [6, 7], data concerning antibiotic self-medication are worrying.

In the Democratic Republic of Congo (DRC), few studies on this subject have been carried out. The recent global analysis of antibiotic use [3] highlights the lack of data from the Democratic Republic of Congo, amongst other countries that do not have data on antibiotic consumption. In addition to that, childhood mortality (104‰), mainly due to infections, is one of the highest in the world [8]. In the North Kivu province, a preliminary survey on the therapeutic itinerary in the city of Goma revealed that more than half of patients (51%) make their own care decisions, by purchasing medicines in pharmacies or on the street without a prescription [9].

No official data are available on the actual issuing and dispensing of medicines in Goma pharmacies, especially the number and location of pharmacies in the city. We also do not have information on the professional qualification of pharmacy managers, their level of school education and ability to dispense antibiotics without physicians' prescription. In the context of development of multi resistant bacteria worldwide, the aim of this study was to analyse antibiotic dispensing for paediatric use in pharmacies in the city of Goma. We analysed the conditions and approaches for dispensing antibiotics to children that could impact on unsuitable and incorrect use of antibiotics in this population. We were interested on the impact of factors such as school level of education and qualifications of the pharmacy manager, their confidence regarding the quality or efficacy of the antibiotic issued, and the minimum cost for dispensing

antibiotics on the regimen of antibiotic delivered (compliance with antibiotics dispensing by physicians' prescription, the duration of antibiotics treatment). We were also interested on the level of supervision of the pharmacy by the Provincial Pharmacy Division authority.

## **2 METHODS**

### **2.1 STUDY DESIGN AND SETTING**

This is a questionnaire-based, cross-sectional survey on antibiotic dispensing for children in Goma pharmacies. Goma city, capital of North Kivu province, in the East of the Democratic Republic of Congo (DRC) is located just at the foot of Mount Nyiragongo, an active volcano whose last eruption in 2002 destroyed two-thirds of the city. More than 20 years of civil war in the region left Goma amongst the poorest in Africa with a population of approximately one million inhabitants.

### **2.2 RESPONDENTS**

Our study's population was pharmacy manager's including pharmacists, nurses, pharmacy assistants and other professions such as teachers, who dispense antibiotics in pharmacies.

### **2.3 IDENTIFICATION OF PHARMACIES**

The approach chosen was an exhaustive survey of all pharmacies in the city of Goma.

A six-month period was chosen between 01/06/2017 and 31/12/2017. We covered on foot the different streets of the eleven accessible quarters of Goma city and proceeded with a systematic and in-depth examination, quarter by quarter, of all pharmacies open in these quarters. Six districts located in the city's suburbs were not included in this study, as security conditions were not guaranteed.

### **2.4 DATA COLLECTION**

#### **2.4.1 DESIGN OF THE QUESTIONNAIRE**

This survey used a questionnaire modelled on previously published studies [10], taking in account local considerations and the paediatric context. The questionnaire was validated by the research team and pre-tested in five pharmacy managers who were not included in the study. We used the same questionnaire to interview each pharmacy manager during the study period and asked about qualifications and education of the pharmacy manager the pharmacy owner's profession; reason for opening the pharmacy (profit, unemployed, professional in training or manager's field of expertise); pharmacy supervision by a professional and qualified pharmacist; why antibiotics were dispensed i.e. physicians' prescription, manager's recommendation, or client's request), and the most commonly dispensed antibiotic (Figure 1).

#### **2.4.2 INTERVIEW STRUCTURE**

In each pharmacy, we proceeded with an initial unannounced phase that consisted of carefully observing the dispense of antibiotics. During the second phase, one of the investigators (BTE) carried out the structured interview with the aim to reduce the risk of a low response rate. Consent was obtained to carry out the interview, which lasted 25 to 30 minutes.

#### **2.4.3 VARIABLES**

##### **2.4.3.1 DEPENDANT VARIABLE**

The dispensing of antibiotics to children was analysed according to the different factors as qualifications and education of pharmacy manager, the reason for opening pharmacy, pharmacy supervision by a professional and qualified pharmacist; why antibiotics were dispensed, the most commonly dispensed.

##### **2.4.3.2 INDEPENDENTS VARIABLES**

This category includes the above variables grouped as follows:

The first group assessed the qualifications (Nurse, pharmacy assistant, pharmacist) and the level of school education of pharmacy manager (primary, secondary, advanced, university) and different category of pharmacies owners (Traders, nurses, pharmacists, physicians).

The second group explored the reason for opening pharmacy, regulation and consistency in the approach to dispensing antibiotics in children.

The third group looked at the dispensing mode of antibiotics in particular: why the antibiotics was dispensed, the most commonly dispensed antibiotic and the minimum cost for which a course of antibiotic is dispensed.

#### 2.4.4 DATA AND STATISTICAL ANALYSES

Data were anonymized, encoded, and analysed with the software package SPSS statistics version 23. Proportions were compared with the Pearson Chi 2 Test or exact Fisher test. Odd ratio (OR) were calculated considering the category of variables having the lowest relative frequency. For quantitative variables, means and/or medians were compared with the ANOVA or Mann-Whitney tests. The threshold for statistical significance was 0.05. Quarters of Goma city were mapped using the software package Adobe Photoshop CS 3, version 10.

#### 2.5 ETHICAL CONSIDERATIONS

The study was approved by Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) ethics committee (Ref/N°: 001/CE/ULPGL/MK/2019) in accordance with Helsinki Declaration principles. The participants were initially briefed about the study and informed consent was obtained before completing the survey form. Personal data were anonymized. No participant was under the age of 16 years and confidentiality was assured to all participants.

### 3 RESULTS

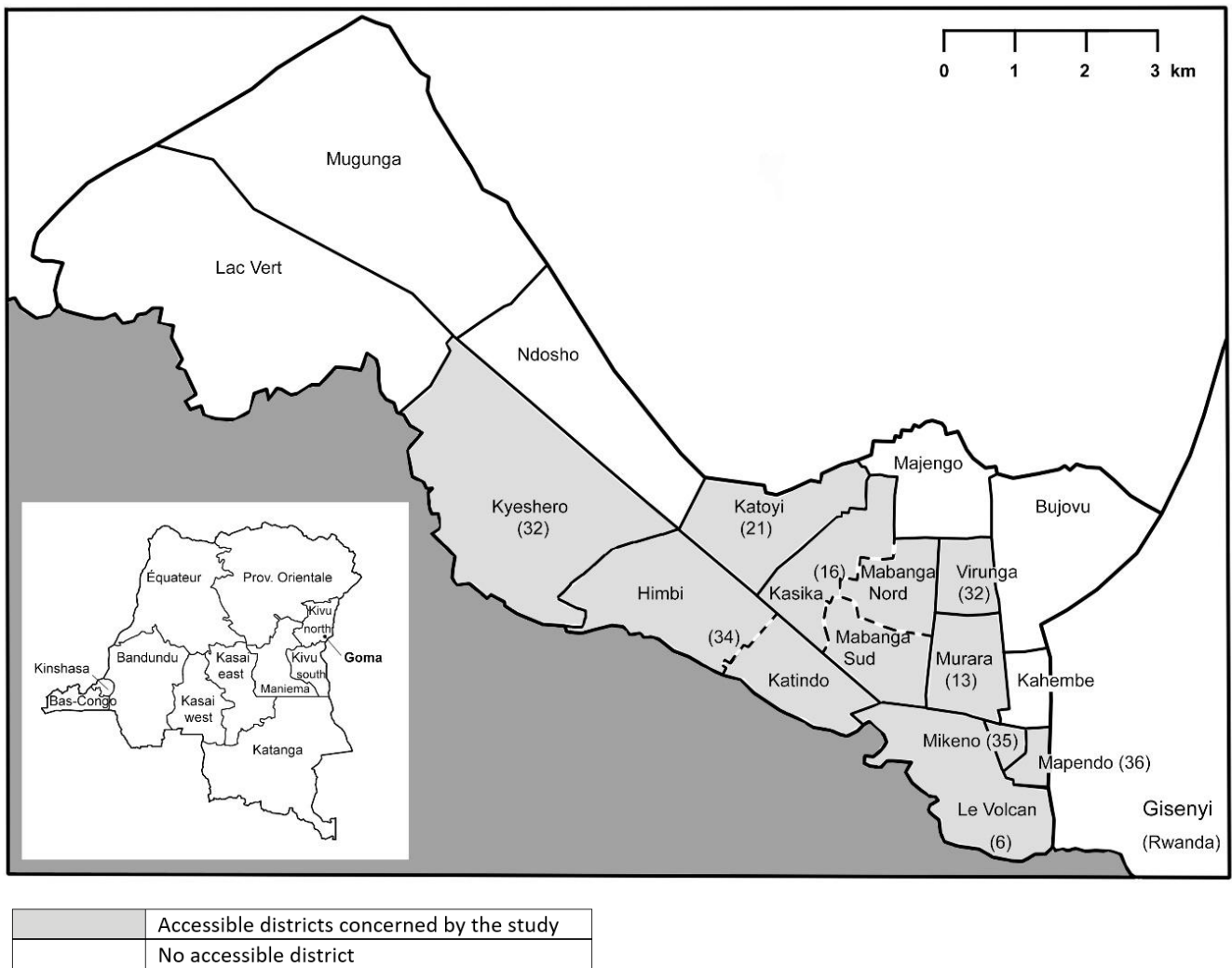
There were 225 pharmacies in eleven quarters included in our study (Table 1, Figure1).

No pharmacy manager refused to be interviewed.

*Table 1. Pharmacies in the City of Goma during 2017 in relation to quarter and number of inhabitants*

Inventoried Quarters in Goma	Pharmacies' number/ Quarter	Total population/Quarter	Inhabitants per Pharmacy
Mapendo	36	35783	994
Mikeno	35	34446	984
Katindo/Himbi *	34	89115	2621
Virunga	32	21671	677
Kyeshero	32	119240	3726
Katoyi	21	115376	5494
Mabanga/Kasika *	16	179396	11212
Murara	13	37863	2912
Le Volcan	6	16949	2824
<b>Subtotal</b>	<b>225</b>	<b>651865</b>	<b>2897</b>
<b>Quarters without -information</b>			
Kayembe	-	28229	
Bujovu	-	43988	
Majengo	-	20135	
Ndosho	-	80254	
Lac vert	-	24781	
Mugunga	-	20669	
<b>Total</b>		<b>974832</b>	

\*Katindo and Himbi as well as Mabanga and Kasika were combined



**Fig. 1.** Location and number of 225 pharmacies in eleven districts of Goma, DRC. White: Districts without information due to civil war

Our study shows that most pharmacies in Goma were managed by nurses, who had a secondary level of school education, and that pharmacy owners were mainly traders and nurses in equal proportion (Table 2).

Table 2. Professional qualification of staff /Pharmacies manager in 225 pharmacies during 2017 in the City of Goma

Expressed parameters	%
<b>Qualification of pharmacy managers n=225</b>	
Nurses	83.1
Pharmacy Assistants	16.4
Pharmacists	0.4
<b>Level of school education of pharmacy managers n=225</b>	
Primary	3.1
Secondary	68.9
Advanced	27.6
University	0.4
<b>Pharmacy owners n=225</b>	
Traders	44.9
Nurses	44.4
Physicians	7,1
Pharmacists	3,6
<b>Dispensing mode of antibiotics n=225</b>	
Exclusively on Physicians' prescription	11.6
On advice of the pharmacy manager	21.8
On simple request by the client	66.7
<b>Reason for opening the pharmacy n=225</b>	
For profit	94.7
Unemployed	2.7
Field of expertise (Nurses -Physicians-pharmacist)	2.7
<b>Supervision/ Pharmacist from the Provincial Pharmacy Division n=225</b>	
No	81.3
Yes	18.7
<b>Most requested antibiotics n=225</b>	
Amoxicillin /Amoxicillin Ac	77.8
Cotrimoxazol	7.6
Norfoxacin +Metronidazol	7.6
Azytromycin	7.1
<b>Confidence of pharmacies managers about the quality/efficacy of dispensed antibiotics n=225</b>	
No	96.4
Yes	3.6
<b>Lowest cost to dispense antibiotic n=225</b>	
< One US dollar	72.4
≥ One US dollar	27.6

In 81% of interviews, pharmacy managers indicated no professional supervision by a qualified pharmacist from the Provincial Pharmacy Division. Almost everyone reported they were uncertain as to the quality and efficacy of all the antibiotics dispensed to their clients. For the same antibiotic, the choice of presentation form was impacted by the client's financial means rather than by prescription or medical evaluation. Responses from pharmacy managers (Table 2) showed that in more than three quarters of pharmacies, antibiotics could be dispensed on simple request by the client or on the advice of the pharmacy manager, and worryingly in only a minority of pharmacies, antibiotics for paediatric use were dispensed with a physicians' prescription. In over 75% pharmacies, the most commonly requested antibiotic was amoxicillin with or without clavulanic acid (Table 2). Antibiotics could be issued for a minimum cost of less than one US dollar (equivalent to 1600 Congolese francs) in approximately three quarters of pharmacies.

There was no significant difference in the requirement or not to dispense antibiotics to children according to the qualification of pharmacy manager ( $P=0.28$ ), their level of school education ( $P=0.42$ ); type of pharmacy owners ( $P=0.33$ ). The only significant association ( $P=0.01$ ) was that expensive antibiotics were dispensed by physicians' prescription more frequently than cheap antibiotics (Table 3).

Table 3. Factors associated with readiness to dispense antibiotics for children on physicians' prescription (Fisher's test)

Factors	% with physicians' prescription	(OR and 95% CI	P
<b>Qualification of pharmacy managers</b>			
Nurses- pharmacy Assistants - Others (n=216)	11.1	1	0.28
Pharmacists-Physicians n= (9)	22.2	2.00 (0.56-7.19)	
<b>Level of school education of pharmacy managers</b>			
Primary - Secondary (n=162)	10.5	1	0.42
Advanced- university (n=63)	14.3	1.36 (0.64-2.89)	
<b>Pharmacies' owners</b>			
Pharmacists-Physicians-Nurses (n= 124)	9.70	1	0.33
Traders (n=101)	13.9	1.43 (0.69-2.96)	
<b>Lowest cost to deliver antibiotics</b>			
< One US dollar (n= 163)	8.0	1	0.006
≥ One US dollar (n = 62)	21.0	2.63 (1.29 -5.35)	

#### 4 DISCUSSION

The aim of our study was to analyse the dispensing of antibiotics in children by pharmacies in the city of Goma. The survey aimed to determine factors that might have an impact on incorrect use of antibiotics. Our results show a variable number of pharmacies per inhabitant in the 11 quarters. This difference is mainly due to different commercial activities, and the location of large hospitals in some quarters. Socio-economic or cultural factors might also play a part [10]. Our study revealed that the majority of Goma pharmacies were owned by nurses whose level of school education was secondary. In DRC, A2 training, corresponding to the level of secondary technical training, is administered in Medical Technical Institutes while A1 training, corresponding to higher education nurses, is administered in Superior Institutes of Medical Techniques [11]. The National College of Pharmacists registered 1184 pharmacists in 2015 in the whole country [12]. Many pharmacies are run by nurses rather than pharmacists and this may be due to a higher number of trained nurses compared to pharmacists [13]. This could also account for deficits observed in the application of regulations concerning dispensing of medicines, including antibiotics [13].

In more than three quarters of pharmacies, our survey revealed that the readiness to issue antibiotics to children was based on a simple client request without physicians' prescription. Difficult socio-economic conditions for a poor population and absent health insurance might account for this approach of the community that procures medicines, including antibiotics directly in pharmacies without medical evaluation which would add an extra cost [9, 13, 18]. This might also lead to incomplete courses of antibiotics being dispensed due to patients being unable to afford a complete treatment course.

The characteristics of pharmacies operating in the city of Goma, and the mode of antibiotic dispensing is similar to that described in other low resource countries such as Tanzania [14], Uganda [15], Ivory Coast [16], Nigeria [17], Haiti [18], Yemen [19] or Vietnam [20]. In these countries, several common factors leading to widespread dispensing of antibiotics have been described: lack of qualified and trained pharmacists, absence of strict pharmaceutical sector regulations and poverty meaning populations self-medicate from any available /illegal market. A study in the north-east of Uganda [15], has reported that in addition to poverty, prolonged waiting times in hospitals and long distances to care centres were identified as factors predictive of self-medication. This observation also suggests a low level of knowledge in low resources countries concerning antibiotics using. This situation is in contrast to the current one of developed countries [21, 22, 23 26]. There was a low level of control of pharmacies by the Provincial Pharmacy Division (DPP) despite a legal framework that imposes compliance with pharmacy good practice requirements [27]. This is found in many low resource countries in West Africa [28], and sub Saharan Africa such as Namibia [29].

Amoxicillin/amoxicillin-clavulanic acid was shown to be the most commonly issued antibiotic in more than three quarters of pharmacies. In Africa, this antibiotic is accessible to more than 75% of people in both a public or private pharmacy [30]. This is the same pattern elsewhere with a Ugandan study describing its use by self-medication in 23% of cases [15].

Data on the level of resistance in our region to amoxicillin/clavulanic acid are worrying. This has been studied on enterobacteria, in urinary tract isolates and has been found to be 16% in Bukavu, in South Kivu, a province close to Goma [31], 59% in Rwanda [32] and 70% in Tanzania [33], respectively. Amoxicillin/clavulanic acid is used as a broad-spectrum antibiotic and is easily accessible and thus widely dispensed according to the results of our study. This is a major bacterial resistance target to be investigated in the region of Goma.

Our study did not reveal a statistically significant difference between the level of education or qualification of the pharmacy manager and the readiness to distribute antibiotics without a medical prescription. This supports previous studies that showed that antibiotics remain freely accessible even without medical prescriptions in low resource country pharmacies [14-17].

The strength of our study was to generate for the first time information on the quality of dispensing antibiotics in pharmacies in our region. It is limited by possible subjectivity of information obtained during the interview. Our results advocate with the health authority for stricter pharmaceutical regulation of "drug shops". We recommend that the pharmacies be grouped by axis or district, according to WHO standards, under the responsibility of a pharmacist recognised by the Order of Pharmacists and supervised by the Provincial Division of Pharmacy.

## 5 CONCLUSIONS

Antibiotic dispensing conditions in Goma pharmacies largely escape medical control. There is a lack of pharmacists, and nurses are the main managers of pharmacies. Antibiotics are broadly dispensed without physicians' prescription and there is a lack of pharmacy authority's control. The situation risks the emergence of multi-resistant bacteria. It will not improve until DRC has a strict regulation policy for the dispensing of antibiotics and a suitable training system that actually meets the healthcare needs of its population.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Cath HARRISON for proof reading and editing the manuscript; Thierry WALRAVENS and Kathy MELLOR for helping with the literature review; and Genevieve DEGEMINE for translation support.

## AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Conceived the questionnaire and designed the study, BTE, MN and BB. Performed the survey: BTE, MN and BB. Analyzed the data: BTE, MN and BB. Wrote the paper BTE, MN, OV and BB

## REFERENCES

- [1] Auta A, Hadi MA, Oga E, Adewuyi EO, Emmanuel O, Morgan J et al. Global access to antibiotics without prescription in community pharmacies: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Infection* 2018; doi: 10.1016/j.jinf.2018.07.001. [Pub Med].
- [2] Who. Antimicrobial Resistance: Global Report on Surveillance. Genève 2014. [WHO].
- [3] Van Boeckel TP, Gondar S, Ashok A, Caudron Q, Grenfell BT, Levin SA, Laxminarayan R: Global antibiotic consumption 2000 to 2010: an analysis of national pharmaceutical sales data. *Lancet Infect Dis* 2014; 14: 742-50. [Pub Med].
- [4] Wise R, Piddock L. The need for new antibiotics. *Lancet* 2010; 375: 9715 p 637. [Pub Med].
- [5] Esimone CO, Nworu CS, Udeogaranya OP. Utilization of antimicrobial agents with and without prescription by out-patients in selected pharmacies in south-eastern Nigeria. *Pharm World Sci* 2007; 29: 655-60. [Pub Med].
- [6] Morgan DJ, Okeke IN, Laxminarayan R, Perencevich EN, Weisenberg S. Non-prescription antimicrobial use worldwide: a systematic review. *Lancet Infect Dis*.2011; 11 (9): 692-70. [Pub Med].
- [7] Awad A, Eltayeb I, Matowe L, Thalib L. Self-medication with antibiotics and antimalarials in the community of Khartoum state, Sudan. *J PharmSci*2005; 8: 326-31. [Pub Med].
- [8] Ministère du plan et de la mise en œuvre de la modernité, Ministère de la santé publique: Deuxième Enquête Démographique et de Santé (EDS-RDCII2013-2014) Rockville, Maryland, USA Mai 2014.
- [9] Institut National de la Statistique Nord Kivu / Université Libre des Bruxelles: Enquête sur l'itinéraire thérapeutique de la patientèle dans la ville de Goma. Septembre: Goma, 2017.
- [10] Rodrigeza J, Wachsberg JM. L'automédication en République Démocratique du Congo: choix ou contrainte. *apj*, 2016; 30 (1).
- [11] Parent F, Lemenu D, Claude Lejeune, KombaD, Baulana R, KahomboG, Yves Coppieters. Référentiel de compétences infirmières en RD Congo dans le cadre du renforcement des ressources humaines en santé. *S.F.S.P.* 2006/3; 18: 459-473
- [12] Conseil National de l'ordre des pharmaciens de la République Démocratique du Congo: Tableau National. Kinshasa 2015.
- [13] Ministère de santé publique: Profil pharmaceutique de la République Démocratique du Congo. Kinshasa, Juin 2011.
- [14] Horupende PG, Sonda TB, Van Zwetselaar M, AntonyML, Tenu FF, Mwanziva CE. Prescription and non-prescription antibiotic dispensing practices in part I and II pharmacies in Moshi Municipality, Kilimanjaro Region in Tanzania: A simulated clients approach. *PLOS Medicine*, 2018, 13 (11), e0207465.1371.doi 10.1371/journal. Pone. 0207465. [Pub Med].
- [15] Ocan M, Bwanga F, Bbosa GS, Bagenda D, Waako P, Ongwal-Okeng J et al: Patterns and Predictors of self-medication in Northern Uganda. *PLoS ONE*, 2014, 9 (3): e92323.doi: 10.1371/journal.pone.0092323. [Pub Med].
- [16] Hounsa A, Kouadio L, De Mol L. Automédication par les antibiotiques provenant des pharmacies privées de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire. *Médecine et maladies infectieuses* 2010 (40) 333-340. [Google Scholar].
- [17] Ajibola O, Omisakin A O, Eze A A, Omoleke A S. Self-medication with antibiotics, Attitude and knowledge of antibiotic resistance among community residents and undergraduate students in Northwest Nigeria. *Disease* 2018, 6: 32; doi: 10.3390. [Pub Med].
- [18] Moise K, Bernard JJ, Henrys JH. Evaluation of antibiotic self-medication among outpatients of the state university hospital of Port-au-Prince, Haiti: a cross-sectional study, *Pan African Med Journal*. 2017.28 (1): doi: 10.11604/pamj.2017.28.4.12589. [Pub Med].

- [19] Mohanna M: Self-medication with Antibiotic in Children in Sana'a City, Yemen. *Oman Medical Journal* 25 (2010), 41-43. [Pub Med].
- [20] Nguyen KV, Do NTT, Chandna A, Nguyen TV, Pham CV, Doan PM et al: Antibiotic use and resistance in emerging economies: a situation analysis for Viet Nam. *BMC Public Health*, 2013, 13: 1158. [Pub Med].
- [21] Casauranc MC, Campaigno EP, Rueter M, Baricault B, Bourrel R, Lapeyre-Mestre M, et al. Outpatient consumption of antibiotics with a bacterial resistance risk in 2014 in France. *Thérapie* 2017; 72 (5): 593-604. [Pub Med].
- [22] Ivanovska V, Heck K, Mantel Teeuwisse AK, Leufkens HGM, Nielen MMJ, van Dijk L. Antibiotic prescribing for children in primary care and adherence to treatment guidelines. *J Antimicrobial Chemotherapy* 2016; 71 (6): 1707-1714. [Google Scholar].
- [23] Sakeena MHF, Benette AA, McLachlan AJ. Enhancing pharmacist's role in developing countries to overcome the challenge of antimicrobial resistance: a narrative review. *Antimicrobial Resistance and Infection Control* 2018; 7: 63 doi.10.1186/s13756-018-0351. [Pub Med].
- [24] Thriemer K, KatualaY, Batoko B, Alworonga JP, Devlieger H, Van Geet C et al. Antibiotic Prescribing in DR Congo: A knowledge, attitude and practice Survey among Medical Doctors and Students. *PloS ONE* 8 (2): e55495. doi: 10.1371/journal.pone.0055495. [Pub Med].
- [25] Omulo S, Thumbi SM, Lockwood S, Verani JR, Bigogo G, Masyongo G, Call DR. Evidence of superficial knowledge regarding antibiotics and their use: Results of two cross-sectional surveys in urban informal settlement in Kenya. *PLOS one* 2017; 12 (10): e185827. doi.org/10.1371/journal.pone.0185827. [Google Scholar].
- [26] Goossens H, Ferech M, Coenen S, Stephens P. Comparison of outpatient systemic antibacterial use in 2004 in the United States and 27 European Countries. *Clinical Infectious Diseases* 2007; 44 (8): 1091-1095. [Pub Med].
- [27] Ministère de la santé publique. Arrêté ministériel n°1250/CAB/MIN/SP/CPH/OMP/2015 modifiant et complétant l'arrêté ministériel n° 1250/CAB.MIN/S/AJ/01 du 14 Mars 2000 portant sur l'octroi des autorisations et fonctionnement des établissements pharmaceutiques en République Démocratique du Congo. Kinshasa 28 Septembre 2015.
- [28] Ouedraogo AS, Jean Pierre H, Banuls AL, Ouedraogo R, Godreuil S. Emergence et diffusion de la résistance aux antibiotiques en Afrique de l'Ouest: Facteurs favorisants et évaluation de la menace. *Médecine et santé tropicale* 2017; 27: 147-154. [Google Scholar].
- [29] Pareko D D, Lubbe M S, Essack S: Public knowledge, attitudes and behavior towards antibiotic usage in Windhoek, Namibia. *South Afr J Infect Dis* 2015; 30 (4) 134-137. [Pub Med].
- [30] Lee ACC, Chandran A, Herbert HK, Kozuki N, Markell P, Shah R, Campbell H, Rudan I, Baqui AH. Treatment of infections in young infants in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis of frontline health worker diagnosis and antibiotic access. *PLOS Medicine*, 2014; 11 (10), e10.1371. doi 10.1371/journal. med. [Pub Med].
- [31] Irengé M. L, KabegoL, Vandenberg O, Chirimwami BR, Gala JL. Antimicrobial resistance in urinary isolates from inpatients and outpatients at tertiary care hospital in South-Kivu Province (Democratic Republic of Congo). *BMC* 2014, 7: 374. [Pub Med].
- [32] Muvunyi MC, Masaisa F, Byingana C, Mutesa L, Musemakweri A, Geert WC at al. Decreased susceptibility to commonly used antimicrobial agents in bacterial pathogens isolated from urinary tract infections in Rwanda: Need for new antimicrobial Guidelines. *AJM*. 2011; 84 (6): 923-928. [Pub Med].
- [33] Moyo JS, Abdoul S, Kasubi M, Lyamuya FE, MaselleY. Antimicrobial resistance among producers and non-producers of extended spectrum beta-lactamases in urinary isolates at a tertiary Hospital in Tanzania. *BMC*. 2010, 3: 348. [Google Scholar].
- [34] Altamimi KA, Khalawi KA, Milner RA, Pusic MV, Al Othman MA. Short-term late generation antibiotics versus longer term penicillin for acute streptococcal pharyngitis in children. *Cochrane* 2012, 8: Doi: 10.1002/14651858.CD004872. [Google Scholar].
- [35] DucVolluz S, Abbet P, Troillet N. Quelle est la durée optimale de l'antibiothérapie pour infections fréquentes. *Rev Med Suisse* 2010; 6: 1901-5. [Google Scholar].
- [36] Pinzone MR, Cacopardo B, Abbo L, Nunnari G. Duration of Antimicrobial Therapy in community Acquired Pneumonia: Less Is More. *The Scientific World Journal* 2014, ID 759138-8: Doi: 10.1155/2014/759138. [Pub Med].

**ANNEX 1.**

**SURVEY / INTERVIEW WITHIN THE PHARMACIES OF GOMA FROM 06/01/2017 TO 12/31/2017**

1. What is your qualification?
  - Nurse
  - Pharmacist
  - Physician
  - Pharmacy assistant
  - Other (specify)
2. What is your level of education?
  - Primary
  - Secondary
  - Advanced
  - University.
3. What is your usual dispensing mode of antibiotics?
  - On customer's request
  - Exclusively on physician's prescription
  - When customer asking your advice
4. Are you confident in the quality/efficacy of the dispensed antibiotics?
  - Yes
  - No
5. Who is the pharmacy's owner?
  - Pharmacist
  - Physician
  - Nurse
  - Trader
6. Is your pharmacy supervised by a qualified pharmacist from the Provincial Pharmacy Division?
  - Yes
  - No
7. In which quarter is located your pharmacy?
  - Virunga
  - kyeshero
  - Mikeno
  - Mapendo
  - Katindo
  - Himbi
  - Katoyi
  - Mabanga
  - Le Volcan
  - Murara
8. Which are the most requested antibiotics within your pharmacy?
  - Cotrimoxazol
  - Amoxicillin
  - Metronidazol
  - Tetracyclin
  - Cefixime
  - Erytromycine
  - Ampicilline

- Norfloxacin + flagyl
- Azithromycin
- Chloramphenicol
- Cloxacillin

9. Why do you open your pharmacy?

- Because of unemployment
- For profit
- Because of your field of expertise (Nurse-Pharmacist-Pharmacy assistant-Physician)

10. What is the lowest cost to dispense antibiotics? (1 US dollar =1800 Congolese Francs) ?

- Less than 1 US dollar
- More or equal to 1 US dollar

## Etude ethnobotanique des plantes médicinales traitant le diabète dans les communes de Kimbanseke & Selembao, Province de Kinshasa en République Démocratique du Congo

### [ Ethnobotanical study of medicinal plants treating diabetes in the communes of Kimbanseke & Selembao, Province of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo ]

*Benjamin L. Mandjo<sup>1</sup>, Patrick A. Dande<sup>2</sup>, and Billin N. Iyuki<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Professeur Associé, Unité d'Écodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Unité d'Écodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

---

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

**ABSTRACT:** The majority of the population in Africa resort to traditional medicine to solve the problem of health. The present study, an ethno-botanical survey, was carried out with 70 sellers of medicinal plants anti-diabetic and 30 traditional healers in two townships Kimbaseke et Selembao in city of Kinshasa according to principles included in the declaration of Helsinki. Her goal is to promote the traditional ecological knowledge. The ethno-botanical data collected were then supplemented by information concerning the plant ecological types. The results from this study revealed that 21 species belonging 19 genera and 15 families were inventoried in the medicinal flora for treatment of diabetes. The 15 families are dominated by Rubiaceae with three species. The sale and use of the medicinal plant species is a current practice among the age ranging from 22 to 67 years with prevalence at the old people of 51 years and over with predominantly male activity. The barks and leaves are the parts most used by traditional healers and therefore the most sold. The infusion is the most used process. It is important to take conservation measures in order to revalorizing and preserving/using them for sustainable development according to the convention on biological diversity. It is desirable that advanced phytochemical and pharmacological studies are carried out on the two plant species for the scientific validation of their bioactivity, for conversion of the traditional knowledge into scientific culture according to the convention on biological diversity.

**KEYWORDS:** Ethnobotanical survey, diabetes, biodiversity, city of Kinshasa, ecodevelopment.

**RESUME:** La majorité de population en Afrique recourt à la médecine traditionnelle pour résoudre le problème de santé. La présente étude, une enquête ethnobotanique, réalisée auprès des 70 vendeurs des plantes médicinales antidiabétiques et des 30 tradipraticiens dans les communes de Kimbaseke et de Selembao de la ville de Kinshasa. Elle a pour but de valoriser les savoirs naturalistes locaux. Les données ethnobotaniques recueillies ont ensuite été complétées par des informations concernant les types écologiques. Il ressort de cette étude que 21 espèces appartenant 19 genres et 15 familles ont été inventoriées et identifiées pour le traitement de diabète. Les 15 familles dominées par les Rubiaceae avec 3 espèces. La vente des plantes médicinales semble être une activité essentiellement masculine. Elle est dominée par les hommes dans la tranche d'âges allant de 51 ans et plus. Les feuilles et le écorces sont les parties les plus sollicitées par les tradipraticiens. L'infusion est le procédé le plus utilisé. Il s'avère donc important de prendre des mesures urgentes de conservation en vue de pérenniser ces ressources phytogénétiques et assurer la protection de la biodiversité. Des études phytochimique et pharmacologique approfondies devront être réalisées sur ces plantes en vue de leur validation scientifique. Les travaux d'ethnobiologie devraient permettre la conversion du savoir traditionnel en culture scientifique. Les Savoirs Naturalistes Locaux doivent être valorisées, conservées et utilisées durablement en respectant la convention sur la diversité biologique.

**MOTS-CLEFS:** Enquête ethnobotanique, diabète, biodiversité, ville de Kinshasa, écodéveloppement.

## **1 INTRODUCTION**

Les plantes constituent une grande source de principes actifs qui peuvent être utilisés pour traiter des nombreuses maladies dans le monde. Dans la dernière décennie, il y a un intérêt croissant pour l'étude des plantes médicinales et leurs utilisations traditionnelles dans les différentes régions du monde. Un défi majeur de notre époque reste le traitement efficace et durable des maladies qui se sont accrues avec le fort taux d'urbanisation [1].

Aujourd'hui, selon l'Organisation Mondiale de la Santé de 2011, près de 80 % des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaires. Des avantages économiques considérables dans le développement de la médecine traditionnelle et dans l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des diverses maladies a été constatés [1], [2]. Les maladies non transmissibles sont classées par l'ONU comme un nouveau défi dans la lutte pour l'amélioration de la santé. Selon la fédération internationale de diabète (IDF), le taux de prévalence de diabète en Afrique subsaharienne sera augmenté de 98 % entre 2010-2030 si des mesures urgentes ne sont pas prises pour freiner son incidence [2], [21].

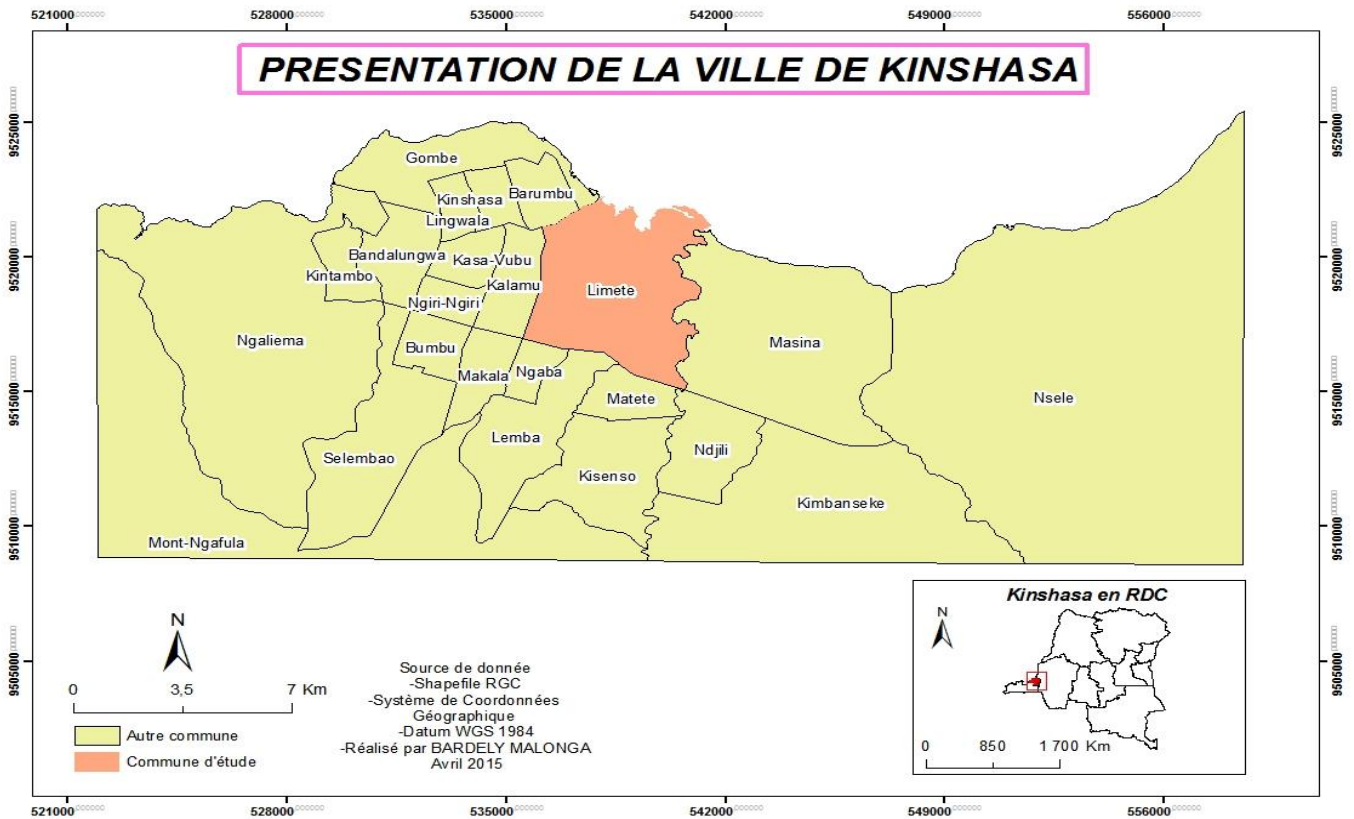
La situation sanitaire de la République démocratique du Congo (RDC) est caractérisée par une prédominance des infections, maladies parasitaires et alimentaires. Le diabète est en pleine expansion, du fait du changement de mode de vie de la population. D'après les résultats des enquêtes réalisées par le Ministère de la Santé en 2016, la prévalence du diabète est de 2,6% au sein de la population âgée de 15-64 ans [3], [4], [5].

Il est à noter que pour les besoins de santé primaire, une frange de la population congolaise recourt à la médecine traditionnelle, dont les remèdes sont essentiellement à base des plantes. Comme pour les autres pathologies, le diabète est aussi pris en charge en médecine traditionnelle. C'est pour cela que cette étude se focalise sur l'utilisation des plantes dans le traitement du diabète par la médecine traditionnelle à travers les enquêtes ethnobotaniques. Il est constaté que dans le domaine de la phytothérapie, les recherches bibliographiques indiquent que les données relatives aux plantes médicinales de la RDC sont très fragmentaires et dispersées [6]. En outre, la destruction accélérée par l'homme des espaces naturels, rend de plus en plus difficile la conservation de ces ressources phytogénétiques [6], [7]. La présente étude, réalisée dans la ville Kinshasa a pour but de contribuer à la connaissance des plantes médicinales de leurs usages thérapeutiques et de leurs caractéristiques écologiques (types morphologiques, types biologiques et distributions phytogéographiques) dans le but de convertir les savoirs naturalistes locaux en des connaissances scientifiques afin de le revaloriser, de le conserver et de l'utiliser durablement selon la convention sur la diversité biologique.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 VILLE PROVINCE DE KINSHASA**

La ville province de Kinshasa est la capitale de la République Démocratique du Congo, elle s'étend sur une superficie de 9.965 km<sup>2</sup>, le long de la rive méridionale du « Pool Malebo » et constitue un immense croissant couvrant une surface plane peu élevée avec une altitude moyenne d'environ 300 m avec une population estimée en 2021 à 17 millions d'habitants dans sa zone métropolitaine [8]. Elle est située entre 4° 18' et 4° 25' de latitude Sud et entre 15° 18' et 4° 22' de longitude Est. Elle est limitée au Nord et à l'Est par les provinces de Mai-Ndombe, de Kwilu et de Kwango, au Sud par la province du Kongo Central et à l'Ouest par le Fleuve Congo formant une frontière naturelle avec la République du Congo. Elle est traversée par des nombreux cours d'eau dont les plus importants sont, notamment les rivières N'djili, N'Sele et Mai-Ndombe [8], [9]. Le climat de la ville de Kinshasa est de type Aw4, selon la classification de Köppen-Geiger, c'est-à-dire un climat tropical. Il est caractérisé par la présence d'une grande saison de pluie d'une durée de 8 mois et d'une saison sèche pendant le reste de l'année [10]. La figure ci-dessous donne la localisation géographique des zones d'enquête.



**Fig. 1. Présentation de la ville de Kinshasa**

La végétation initiale, dans plusieurs zones de Kinshasa, fut constituée de forêts galeries d'une part et de formations herbeuses d'autre part. Les galeries longtemps les principaux cours d'eau, étant dans les vallées humides et de type ombrophile guinéo-congolaise, ne sont plus que des jachères préforestières fortement dégradées, intensivement exploitées et se présentent sous forme des recrues forestiers d'âge divers. Par ailleurs, un petit groupe végétal typiquement rudéral longe les rails de la voie ferrée sur une bande de quelques mètres de longueur. La région de Kinshasa héberge différents types de végétation: forestière, herbeuse, rudérale et aquatique. Chaque type de végétation était lié, un certain nombre de paramètres écologiques [11].

## 2.2 MÉTHODE UTILISÉE

L'enquête a été faite auprès des 100 personnes clés dont 70 vendeurs des plantes médicinales et 30 tradipraticiens répartis dans cinq marchés des communes de Kimbaseke et de Selembao de la ville de Kinshasa à l'aide d'un questionnaire et sur base de consentement libre des enquêtés. La pré-enquête a été réalisée au 05 mai au 05 juin 2019 et l'enquête proprement dite pendant la période allant du 11 novembre au 28 décembre 2019. L'étude a été réalisée selon les principes repris dans la déclaration d'Helsinki. Les données ethnobotaniques recueillies ont ensuite été complétées par des informations concernant les types écologiques comme suit: Type morphologique: Arbre (A), Arbuste (Arb), Herbe annuelle (Ha), Herbe vivace (Hv), Liane (Lia) (S/arb); Type biologique: Géophyte bulbeux (Grb), Mésophanérophite (MsPh), Microphanéro-phyte (McPh), Thérophyte prostré (Thp), Thérophyte dressé (Thd); Types de diaspores: les autochores (Ballochore (Ballo)); anémochores (Sarcochore (Sarco), Ptérochore (Ptér)); Distribution phytogéographique: Afrotropicale (At), Guinéenne (Gui), Centro-guinéen (Cguin), Paléotropicale (Paléo), Pantropicale (Pan) et Bas guinéo-congolais (BGC) selon la classification adoptée par Lejoly [12]. L'identification des plantes a été réalisée par comparaison à l'aide des exsiccata d'herbiers à l'Herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa et au Laboratoire de Systématique végétale et Biodiversité du Département des Sciences de l'Environnement de l'Université de Kinshasa. Le logiciel SPSS a été utilisé pour analyser les données.

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES ENQUETES

Tableau 1. Profil socio-démographique des tradipraticiens

Vendeurs									
30-34 ans		35-40 ans		41-45 ans		46-50 ans		51 et +	
F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
6	7	13	8	6	4	7	5	8	6

70 vendeurs adultes dont 40 femmes et 30 hommes dont l'âge varie entre 30 et plus de 50 ans

Tradipraticiens (30)									
30-34 ans		35-40 ans		41-45 ans		46-50 ans		51 et +	
F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	2	1	6	0	5	0	6	1	8

30 tradipraticiens dont 3 femmes et 23 hommes

Les vendeurs sont recrutés auprès des hommes autant que chez les femmes. Ils sont presque uniformément distribués à travers les différents âges. Concernant l'âge des tradipraticiens, près de trois quarts ont plus de 50 ans et seuls 10 % des tradipraticiens sont des femmes. Au point de vue instruction, seuls 5% de vendeurs et 10% des tradipraticiens sont de niveau universitaire. La majorité de vendeurs, soit 43% sont de niveau secondaire et les hommes apparaissent comme la catégorie dont le niveau d'instruction est plus élevé. L'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 22 à 67 ans avec une prédominance chez les personnes âgées de 43-49 ans (39%). Cependant, les usagers des plantes médicinales ont majoritairement un niveau d'études secondaires, suivi des personnes qui ont un niveau d'études primaires.

## 3.2 DONNEES ECOLOGIQUES ET ETHNOBOTANIQUES

Tableau 2. Données écologiques et ethnobotaniques des plantes identifiées

Espèce (famille)	Nom local	TM	TB	TD	TP	Parties utilisées	Procédés
<i>Acacia auriculiformis</i> A. cunn ex. Benth. (Fabacées)	Acacia (lingala)	A	MsPh	Sarco	Pan	Feuille	Infusion
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn) mull. Arg. (Euphorbiaceae)	Mbonze mbonze (Lingala)	Arb	McPh	Sarco	At	Ecorce de tige	Infusion
<i>Aloe vera</i> R. (L.) Burm. F. (Aloaceae)	Molozanna (kitandu)	Hv	Grb	Sarco	Paleo	bulbe	Décoction
<i>Anacardium occidentale</i> L. (Anardiaceae)	Lifambu (lomongo)	A	MsPh	Sarco	Pan	Fruit	Décoction
<i>Cola acuminata</i> (P.Beauv.) Scott & Endl. (Malvaceae)	Likasu (lingala)	A	MsPh	Sarco	Cguin	Fruit	Décoction
<i>Garcinia huillensis</i> Welw. ex Oliv. (Clusiaceae)	Nsima (kitantu)	Arb	McPh	Sarco	Cguin	Racine	Infusion
<i>Garcinia kola</i> (Planch. & Triana). Oliv. (Clusiaceae)	Ngadiadia (lingala)	A	MsPh	Sarco	Guin	Fruit	Décoction
<i>Gladiolus gregarius</i> Welw. ex Baker-cjb. (Iridaceae)	Litungulu yazamba (lingala)	Hv	Grb	Sarco	Cguin	Bulbe	Décoction
<i>Hymenocardia acida</i> Tul. (Phyllantaceae)	Mpete (kitantu)	A	MsPh	Ptér	Cguin	Racine	Infusion
<i>Mangifera indica</i> L. (Anardiaceae)	Manga (lingala)	A	MsPh	Sarco	Pan	Feuille	Infusion
<i>Millettia eetveldeana</i> (Micheli) Hauman. (Fabaceae)	Kundé/mbuengi (lingala/kikongo)	A	MsPh	Sarco	Cguin	Racine	Infusion
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dulnal. (Myristicaceae)	Mpei (kitantu)	A	MsPh	Sarco	Cguin	Fruit	Macération
<i>Morinda lucida</i> Benth. (Rubiaceae)	Nsiki (kitantu)	A	MsPh	Sarco	Guin	Feuille	Infusion
<i>Morinda morindoides</i> (Backer) Milne-Redh (Rubiaceae)	Kongobololo (lingala) Kimesomeso (kikongo)	Lia	Thp	Sarco	Cguin	Feuille	Infusion
<i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringaceae)	Moringa	Arb	McPh	Ballo	Paléo	Ecorce de tige	Infusion
<i>Newbouldia laevis</i> P.Beauv. (Bignoniaceae)	Mukadi kadi (kutantu)	A	MsPh	Ballo	Cguin	Racine	Macération
<i>Persea americana</i> mill.- (Lauraceae)	Avocat (lingala)	A	MsPh	Sarco	Pan	Feuille	Infusion
<i>Phyllanthus amarus</i> schum. & Thonn. (Phyllantaceae)	Ngal (kitantu)	Ha	Thd	Ballo	Pan	Plante entière	Infusion
<i>Quassia africana</i> (Baill.) Baill. (Simaroubaceae)	Mupeshi peshi (kitantu)	Arb	McPh	Sarco	BGC	Racine	Maceration
<i>Sarcocephalus latifolius</i> syn <i>Nauclea latifolius</i> (Sm.) E.A. Brice. (Rubiaceae)	Kilolo (kiwongo)	Arb	McPh	Ballo	BGC	Ecorce de tige	Infusion
<i>Strychnos cocculoides</i> Backer. (Gentianaceae)	Kalankoki (kitantu)	Arb	McPh	Sarco	At	Ecorce de tige	Macération

Légende: TM: Type morphologique; TB: Type biologique; TD: type de diaspoire; TP: Type phytogéographique.

### 3.2.1 DONNEES ECOLOGIQUES

Vingt-une (21) espèces appartenant aux 19 genres et 15 familles ont été inventoriées dans la flore médicinale vendues dans les deux communes considérées. L'analyse quantitative de l'abondance des familles montre que dans les 15 familles sont dominées par des Rubiaceae avec 3 espèces, suivies des Phyllanthaceae, Fabaceae, Anarcadiaceae et Clusiaceae qui comptent chacune deux espèces.

Les figures 2 à 5 donnent les caractéristiques écologiques de la flore médicinale répertoriée.

La figure 2 donne les types morphologiques des taxons recensés.

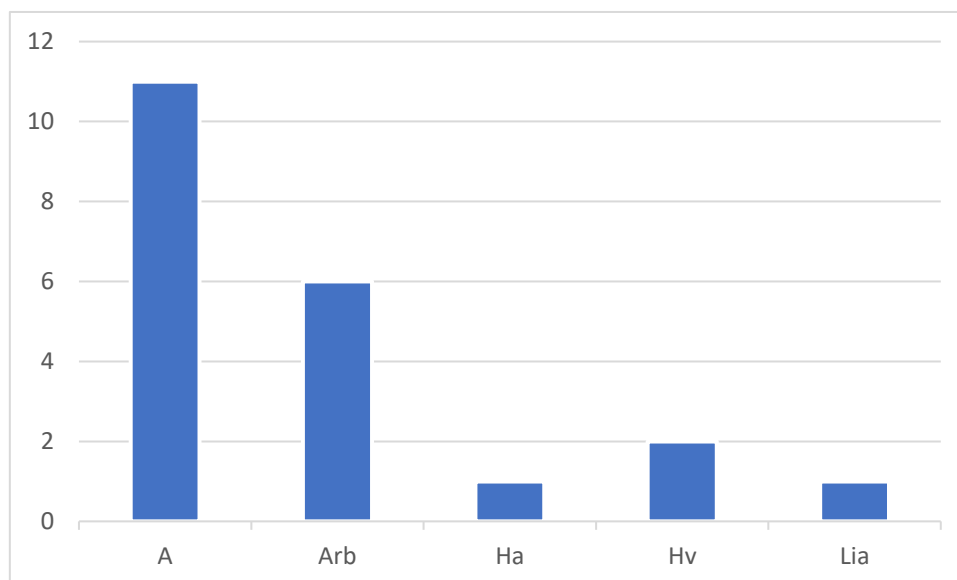


Fig. 2. Types morphologiques

Il ressort de la figure 2 que la flore médicinale répertoriée des arbres (A: 52%) suivis respectivement des arbustes (arb: 29%), des herbacées vivaces (Hv: 10%), des lianes et herbacées annuelles (Lia, Ha: 5%).

La figure 3 donne les types biologiques des taxons recensés.

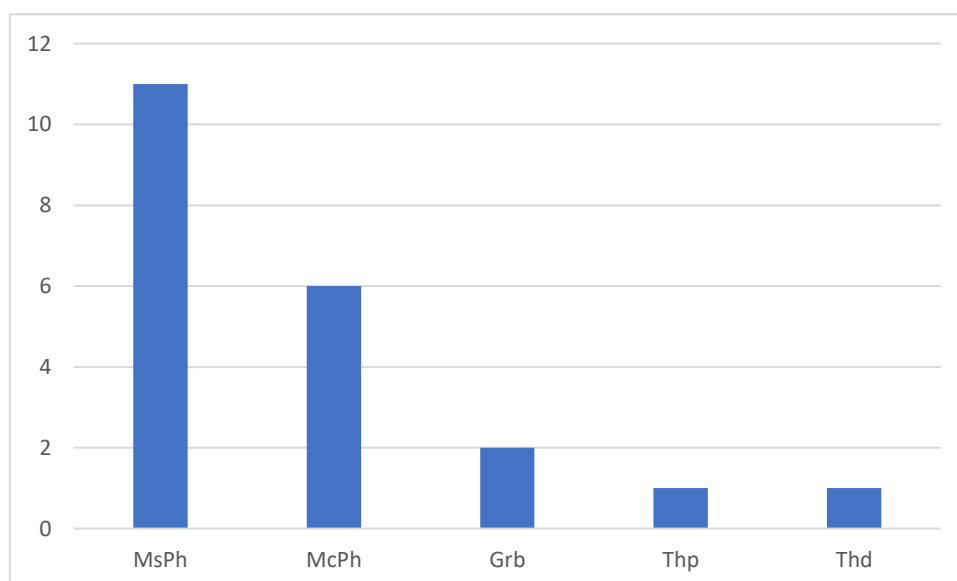
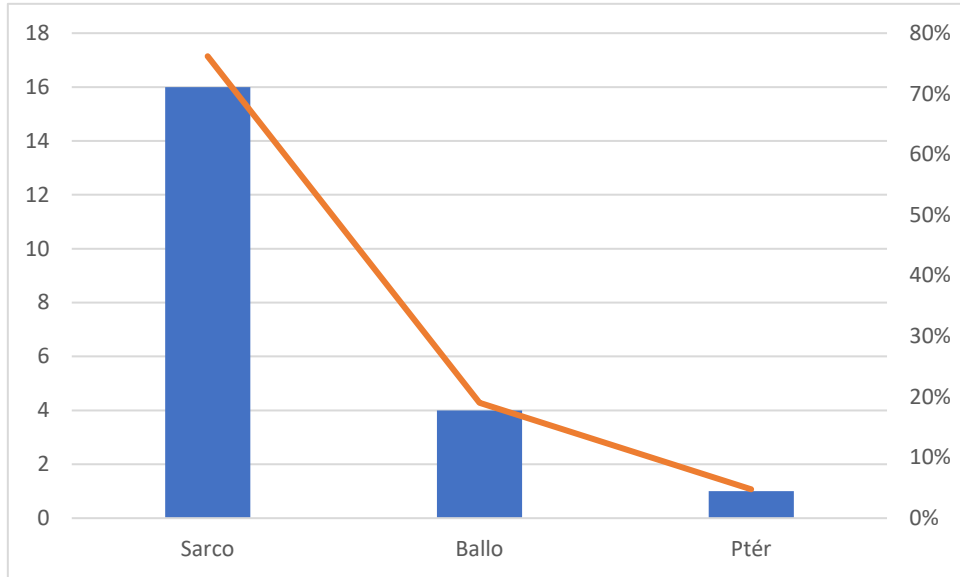


Fig. 3. Types biologiques

La figure 3 montre que la flore médicinale recensée est constituée des mésophanérophytes (Msph: 52%), microphanérophytes (Mcph: 29%), des géophytes bulbeux (Grb: 10%), des thérophytes prostrés (Thp: 5%) et des thérophytes dressés (Thd: 5%). La prédominance des phanérophytes dans la flore médicinale de Kinshasa est une caractéristique des régions tropicales [13-14]. Le caractère pérenne des espèces répertoriées garanti la disponibilité des ressources phytogénétiques.

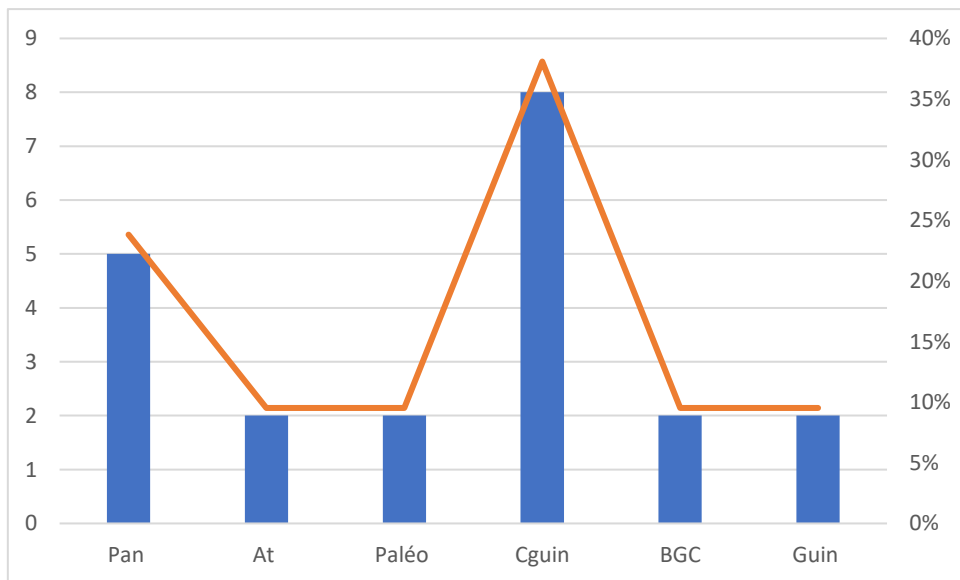
La figure 4 montre les types de diaspores des espèces recensées.



**Fig. 4. Types de diaspores**

L'analyse de la répartition des taxons répertoriés selon les types de diaspores (figure 4) montre que les anémochores sont plus représentés avec 76% pour les sarcochores et 5% pour les ptérochores et les autochores (ballochores) ne représentent que 19%.

La figure 5 renseigne la distribution phytogéographique des plantes répertoriées.



**Fig. 5. Répartition phytogéographique**

L'analyse de distribution phytogéographique relève que les espèces centro-guinéennes (Cguin: 38%) sont prépondérantes, suivies de Pantropicales (Pan: 24%). Les autres espèces, à savoir: les Afrotropicale (At), Guinéenne (Gui), Paléotropicale (Paléo), et Bas-guinéo-congolais (BGC) représentent 10% respectivement. Ces résultats montrent que ces taxons végétaux sont largement distribués en Afrique. Ainsi donc, leur protection devrait faire l'objet d'un effort concerté au niveau sous-régional et régional [21].

### 3.2.2 DONNEES ETHNOBOTANIQUES

L'analyse de la composition des recettes montre que 52% des recettes sont préparées à base d'association des plantes médicinales tandis que 48% des recettes sont préparées à base d'une seule plante.

La figure 6 renseigne sur l'état de plantes utilisées.

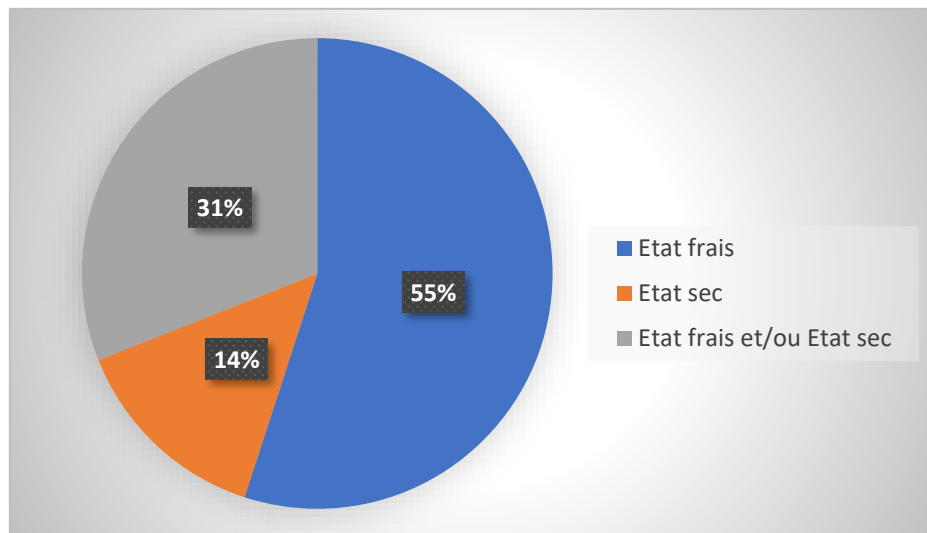


Fig. 6. Etat de plantes utilisées

La figure 6 montre que 55% des enquêtés préparent les recettes à base des plantes fraîches alors que 14% seulement des enquêtés utilisent la plante à l'état sec et que 31% des personnes préparent leurs recettes à base des plantes sèches et/ou fraîches.

La figure 7 donne la méthode de séchage utilisée par les tradipraticiens enquêtés.

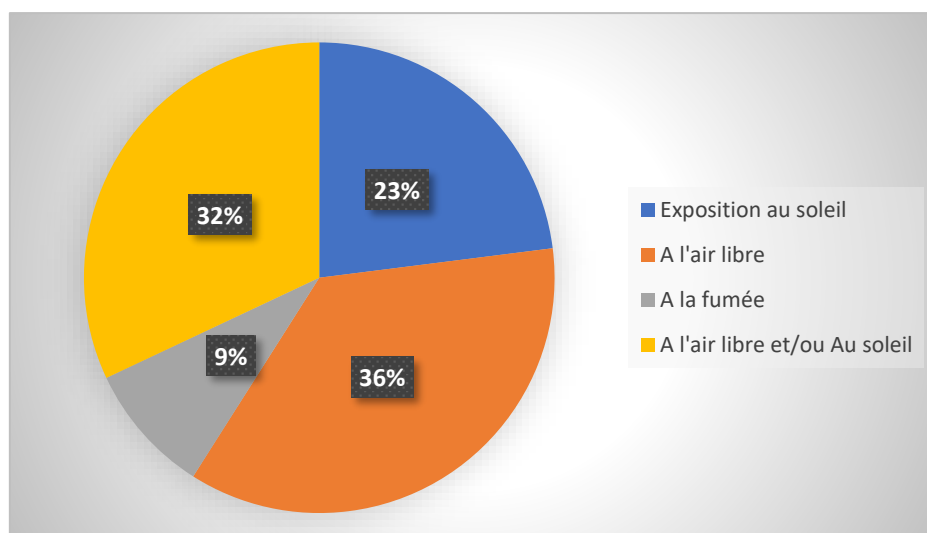


Fig. 7. Mode de séchage du matériel végétal

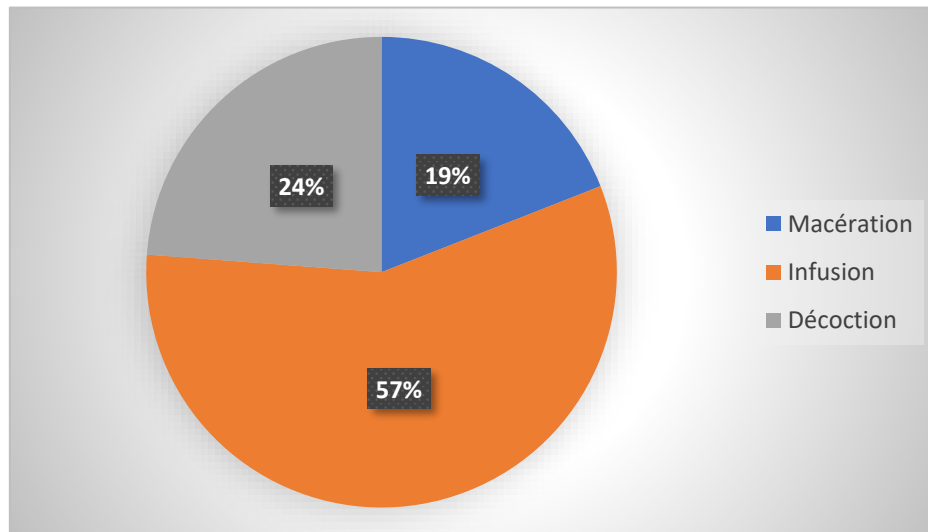
Il se dégage de la figure 7 que les principaux modes de séchage du matériel végétal sont les suivants : à l'air libre pour plus d'un tiers des enquêtés (36%) et l'exposition au soleil pour 23%. Cependant, 32% des enquêtés recourent à la fois à l'air libre et au soleil. Seuls 9% fument les plantes médicinales pour leur conservation. Mais l'exposition du matériel végétal au soleil peut entraîner la détérioration de la qualité des recettes (bio-activité) car en effet, la plupart des métabolites secondaires sont sensibles à la lumière [13].

En outre, il ressort des analyses des données de cette étude qu'en ce qui concerne les méthodes de conservation des recettes, 62% des enquêtés conservent leurs recettes à l'abri de la lumière et que 38% ne font pas attention aux effets du lumière solaire sur leurs

recettes. Par ailleurs, l'évaluation des connaissances des enquêtés sur la toxicité des plantes utilisées montre que seule pour 96% des personnes enquêtées, les plantes utilisées ne sont pas toxiques alors que seulement 9% ont conscience de la toxicité de certaines plantes et la majorité des enquêtés affirment qu'il n'existe aucune toxicité par rapport aux plantes utilisées mais s'il est clairement connu que certaines plantes utilisées en médecine traditionnelle sont cytotoxiques [13].

En ce qui concerne la perception sur l'efficacité de la médecine traditionnelle, 89% des enquêtés pensent que les plantes médicinales guérissent des maladies traitées tandis que 11% des enquêtés estiment qu'elles permettent seulement une amélioration de l'état de santé. Ceci corrobore avec l'étude sur les plantes médicinales réalisées en 2016 à Kinshasa [3], [5].

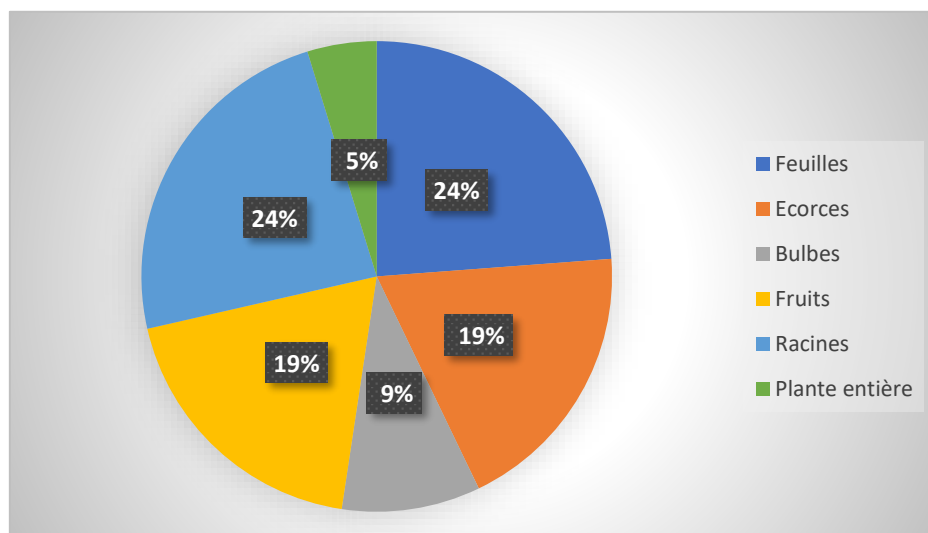
La figure 8 donne les différents procédés de préparation des portions médicinales à base des plantes.



**Fig. 8. Procédés de préparation**

L'infusion (57%) est le procédé de préparation le plus utilisé suivi respectivement de la décoction (24%) et de la macération (19%). L'infusion est la technique de préparation la plus utilisée par la médecine traditionnelle dans la ville de Kinshasa [3, 12, 14].

La figure 9 donne les parties de plante utilisées en vue de la préparation des recettes.



**Fig. 9. Partie de plante utilisée**

Il ressort de cette figure que les racines (24%) et les feuilles (24%) sont les organes des plantes les plus utilisés et sont suivis des écorces et fruits (19% chacun) et les bulbes (9%). La plante entière ne représente qu'une faible proportion (5%). L'utilisation à grande échelle des racines et des tiges est une pratique dangereuse car elle contribuerait l'érosion de ces ressources phytogénétiques [3], [14].

La figure 10 donne les références thérapeutiques.

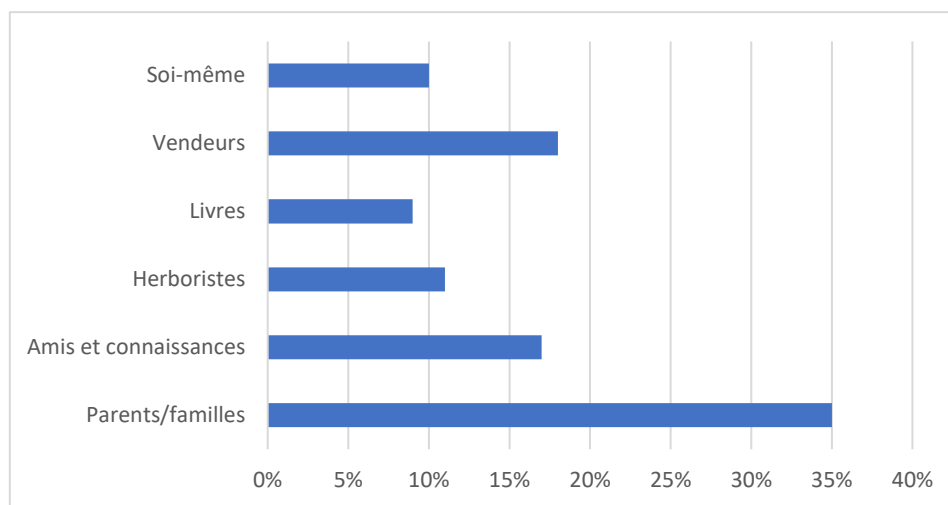


Fig. 10. Références thérapeutiques

On observe sur cette figure plusieurs types de transmetteurs des savoirs sur les plantes qui soignent le diabète. La principale catégorie de transmetteurs est celle des Parents et familles (35%): on a cité les parents biologiques (le père, la mère, parfois cités ensemble père/mère), d'autres membres de la famille tels que les grands frères ou grandes sœurs, les grands-parents par « révélation », les oncles et les tantes. Mais aussi les conjoints et les beaux-parents, ainsi que les autres membres de la communauté (amis et connaissances: 17%) avec qui les informateurs n'ont pas forcément de lien de parenté (voisins, collègues de travail, le pasteur, prêtre, ...) ont été également cités.

L'autre catégorie importante est celle des vendeurs (18%) et herboristes (11%) qui consistent les informateurs-clé. Parfois les savoir-faire ne sont pas transmis par un individu tiers mais à l'individu lui-même (soi-même: 10%) en observant et imitant les autres. « Seul », « moi-même », « personne » sont des réponses correspondant à ce cas, ou alors ceux qui ont appris à travers la lecture (livres: 9%).

La transmission verticale (parents-enfants) est la relation privilégiée mais il existe d'autres sphères de transmission non négligeables. Ainsi ont été mis en évidence des modalités de transmission originales: la transmission des savoirs et savoir-faire au sein du groupe ou du couple. Les connaissances des plantes médicinales, des pratiques et arts de guérison permettent de cristalliser les savoirs de tradition orale et sont les vrais vecteurs de transmission culturelle au sein d'une communauté [15], [18].

La figure 11 donne l'auteur du diagnostic de la maladie.

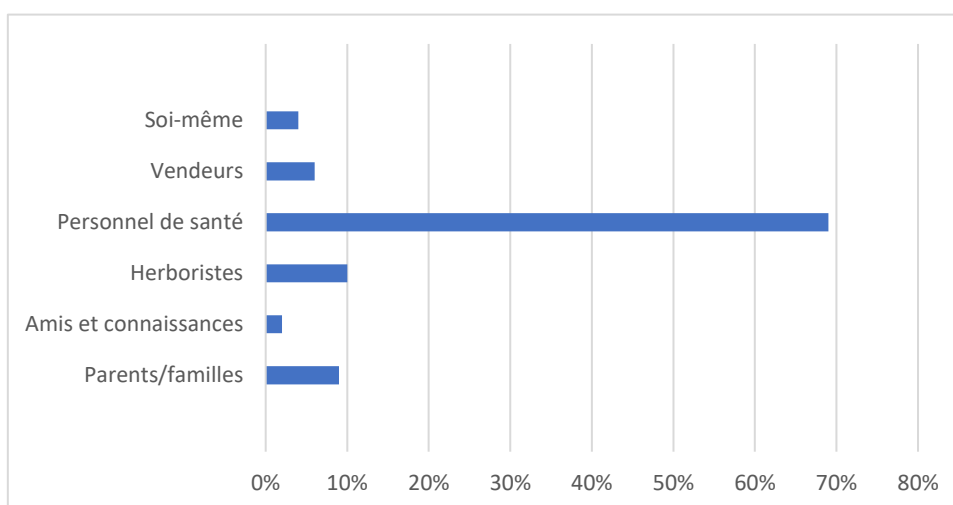


Fig. 11. Auteur du diagnostic

Il ressort de l'analyse (figure 11) que la majorité de cas des diabètes (69%) soignés sont diagnostiqués par les médecins, infirmiers, et autre personnel de santé, suivis des herboristes et guérisseurs (10%), les vendeurs (6%), les membres de la famille (9%), et les malades eux-mêmes pour 4% de cas diagnostiqués. Les études réalisées ultérieurement dans la Ville de Kinshasa ont montré que des enquêtés ont hérité la connaissance des plantes médicinales de leurs ancêtres (révélation), 19% des personnes enquêtées ont hérité cette connaissance de leurs familles, 18% des personnes à partir des livres, 15% des personnes à partir des herboristes [3], [15], [16], [18].

#### 4 CONCLUSION

Vu le rôle important et vital que joue la phytothérapie dans le traitement des multiples maladies, nous avons réalisé une enquête ethnobotanique des plantes traitant le diabète auprès des vendeurs des plantes médicinales et les tradipraticiens des communes de Kimbaseke et de Selembao de la Ville de Kinshasa. L'objectif de cette étude était de convertir les savoirs naturalistes locaux en des connaissances scientifiques afin de le revaloriser, de le conserver et de l'utiliser durablement selon la convention sur la diversité biologique. Les 21 espèces identifiées dans le cadre de cette étude comme ayant des vertus thérapeutiques contre le diabète sont regroupées en 15 familles et dominées par les Rubiaceae. La vente et la pratique de la médecine traditionnelle semble être une activité essentiellement masculine et pour la tranche d'âges allant de 50 ans et plus. Les feuilles et les écorces sont les parties les plus utilisées par les herboristes et les tradipraticiens. Cette façon de faire n'est pas sans conséquences sur les ressources concernées et sur la préservation de la biodiversité. Etant donné que la plupart des enquêtés n'ont pas conscience des conséquences de surexploitation des ressources phytogénétiques et leurs impacts négatifs sur la biodiversité. Il est donc impérieux de prendre des mesures urgentes pour une gestion rationnelle des ressources végétales, en général et les plantes médicinales, en particulier. La création des jardins botaniques spécifiques aux plantes médicinales est l'une des mesures à préconiser pour la sauvegarde des espèces bioactives, à la diffusion et à l'échange des connaissances et des expériences médicopharmacéutiques et socioculturelles. En outre, l'amélioration de gestion de la foresterie urbaine et périurbaine et la vulgarisation des meilleures pratiques de récolte des plantes médicinales en vue d'assurer le suivi des espèces végétales.

#### REFERENCES

- [1] H. Adam. Muthi, *Medecine and Wichcraft: Regulating "African Science" Post-Apartheid south Africa? Social dynamics*, 31 (2), 2006 pp 211-243.
- [2] World Health Organization. *Traditional medicine strategy 2002-2005*, 2002. [http://www.who.int/medicines/library/trm\\_trat\\_eng.pdf](http://www.who.int/medicines/library/trm_trat_eng.pdf) (June 7, 2021).
- [3] Koto-te-Nyiwa Ngbolua, Benjamin L. Mandjo, Juvin M. Munsebi, Masengo C. Ashande, Lengbiye E. Moke, Lionel S. Asambo, Ready K. Konda, Didier L. Dianzuangani, Marlin Ilumbe, Adelin B. Nzudjom, Kadimanche Mukebayi, and Pius T. Mpiana. 2016. Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le District de la Lukunga à Kinshasa (RD du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 26 No. 2 Sep. 2016, pp. 612-633.
- [4] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [5] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, S.R. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two Vernonia species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp vialis endemic to Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.
- [6] M. Katemo, P.T. Mpiana, B.M. Mbala, S.O. Mihigo, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, P.R. Koyange. Ethnopharmacological survey of plants used against diabetes in Kisangani city (D.R. Congo). *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 144, pp. 39-43, 2012. [31] M.H. Buck.
- [7] The Nagoya protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the convention on Biological Diversity. *Review of European Community & International Environment Law* Vol. 20, pp. 47-61, 2011.
- [8] F. Lelo, *Kinshasa: Ville et Environnement*, Edition l'Harmattan, Paris, 2008.
- [9] S. Shomba., F. Mukoka, D. Olega, T. Kaminar, et W. Mbalanda. *Monographie de la ville de Kinshasa*. ICREDES Kinshasa – Montréal – Washington, 2006.
- [10] L. De Saint Moulin, *Evolution de la population urbaine de la RDC*, Actes du Séminaire national pour l'habitat, PNUD/CNUEH-habitat, Ministère des travaux publics, aménagement du territoire, Urbanisme et habitat, 2001.
- [11] J.-L. Habari, *Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation de Kinshasa et bassins moyens des rivières N'djili et Nsele en République Démocratique du Congo*, Thèse de doctorat en biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 2009.
- [12] J. Lejoly, S. Lisowski et M. Ndjele, *Catalogue informatisé des plantes vasculaires de sous régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut Zaïre)* Doc. Polycopié, Fac. Sc, U.L.B, 1988.
- [13] K.N. Ngbolua, B.M. Benamambote, P.T. Mpiana, D.M Muanda, E.G. Ekutsu, D.S.T. Tshibangu, B.Z. Gbolo, C.L. Muanyishay, N.B. Basosila, G.N. Bongo. B. Robijaona. *Ethno-botaical survey and Ecological Study of some Medicinal Plants species traditionally used*

- in the District of Bas-Fleuve (Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo). *Research Journal of Chemistry*, Vol. 01, no. 02, pp. 01-10, 2013.
- [14] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, N.K. Ngombe, D.S.T. Tshibangu, E.G. Ekutsu, O.N. Kabena, B.Z. Gbolo, L. Muanyishay. Ethnopharmacological survey and Floristical study of some Medicinal Plants traditionally used to treat infectious and parasitic pathologies in the Democratic Republic of Congo. *International Journal of Medicinal Plants* Vol. 106, pp. 454-467, 2014.
- [15] B. L. Mandjo, J. Paulus, D. E. Musibono, Dynamique des savoirs naturalistes des Pygmées Batwa de la région du Lac Tumba face au changement de leur mode de subsistance. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 10 (4): 1086-1102, 2015.
- [16] B. L. Mandjo, J. Paulus, and D.-E. Musibono, Cultural transmission of traditional ecological knowledge among Batwa pygmies and Ntomba bantou in Lake Tumba landscape, Democratic Republic of Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 16, no. 1, pp. 114–127, 2015.
- [17] B. L. Mandjo, J. Paulus, and D. E. Musibono, Food strategy of Batwa pygmies in Lake Tumba landscape, Democratic republic of Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 742–753, 2015.
- [18] B. L. Mandjo, J. Paulus, and D. E. Musibono, Assessment of importance of environment and activities in Batwa communities of Bikoro area, Democratic Republic of Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 734–741, 2015.
- [19] B.L. Mandjo, Biodiversité, Alimentation et Santé chez les Pygmées Batwa de la région du Lac Tumba en République Démocratique du Congo. Mémoire de DEA, Université de Kinshasa, 2010.
- [20] J. Soares. The Nagoya protocol and natural product based research. *ACS Chemical Biology* Vol. 6, no. 4, p. 289, 2011.
- [21] K.L. Lassa. Inventaire préliminaire des plantes médicinales vendues dans quelques marchés de la partie Est de la ville de Kinshasa: cas de Mont - Amba et Tshangu. Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 2007.

## **Etude sur la transmission culturelle des savoirs naturalistes parmi le peuple Ekonda dans un contexte de la division sexuelle du travail, Province de l'Equateur, en République Démocratique du Congo**

### **[ Study on the cultural transmission of traditional ecological knowledge among the Ekonda people in a context of the sexual division of labour, Equateur Province, Democratic Republic of Congo ]**

*Benjamin L. Mandjo<sup>1</sup> and Patrick A. Dande<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Professeur Associé, Unité d'Écodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

---

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

**ABSTRACT:** In the present study, an ethno-botanical survey, we consider the processes by which today the knowledge and know-how related to the various subsistence activities and also in the social field are acquired and transmitted in a context of sexual division of labour among the Ekonda populations of the Territory of Bikoro in the Democratic Republic of Congo. The method used is to submit a questionnaire to a randomly selected sample of key individuals and informants, whether they know how to do the requested activity, and if so, from whom they learned it. The results obtained show that the Ekonda differ from other members of the Mongo ethnolinguistic group in the activities for which they are recognized as specialists and connoisseur, namely: dance and ceremonial songs, to some extent the hunt for net and sagary. However, the differences observed can be explained more by the age and sex of the informants than by the place of residence. Differences according to sex, between men and women, are distinguished in the same sectors of activity. However, hunting activities, honey collection, palm wine making, felling of trees for cultivation and the construction of houses are more clearly mastered by men than by women within the Ekonda community. While at first sight the practice of agriculture is likely to involve a decrease in the use of the wild plants collected as well as the knowledge related to them, it can be seen that collection still plays an important role in the daily life of the Ekonda, especially for food.

**KEYWORDS:** Tumba lake, ecuador, naturalistic knowledge, culture, Ecodevelopment.

**RESUME:** Cette étude a pour objectif de considérer les procédés par lesquels aujourd'hui les savoirs et savoir-faire liés aux différentes activités de subsistance et aussi dans le domaine social sont acquis et transmis dans un contexte de division sexuelle du travail parmi les populations Ekonda du Territoire de Bikoro en République Démocratique du Congo. La méthode utilisée consiste à soumettre un questionnaire à un échantillon des personnes-clé et d'informateurs, choisis de manière aléatoire, s'ils savent faire l'activité demandée, et si oui, par qui ils l'ont appris. Les résultats obtenus montrent que les Ekonda se distinguent des autres membres du groupe ethnolinguistique Mongo dans les activités pour lesquelles ils sont reconnus comme étant des spécialistes et de fins connaisseuses, à savoir: la danse et les chants de cérémonie, dans une certaine mesure la chasse au filet et à la sagaie. Les différences observées s'expliquent toutefois plus par l'âge et le sexe des informateurs que par le lieu de résidence. Les différences selon le sexe, c'est-à-dire entre hommes et femmes, se distinguent dans les mêmes secteurs d'activités. Cependant, les activités de chasse, la collecte du miel, l'élaboration du vin de palme, l'abattage des arbres pour la mise en culture et la construction de maisons sont plus nettement maîtrisés par les hommes que par les femmes au sein de la

communauté des Ekonda. Alors qu'à première vue la pratique de l'agriculture est susceptible d'impliquer une diminution de l'usage des plantes sauvages collectées ainsi que les savoirs qui en sont liés, on constate que la collecte tient encore aujourd'hui une place importante dans la vie quotidienne des Ekonda, notamment pour l'alimentation.

**MOTS-CLEFS:** RDC, équateur, savoirs naturalistes, culture, Ecodeveloppement.

## 1 INTRODUCTION

Les savoirs et savoir-faire naturalistes locaux sont devenus un enjeu stratégique des politiques de développement durable et cela depuis la signature de la Convention sur la diversité biologique au « Sommet de la Terre » à Rio en 1992. Ces savoirs ont été investis d'un rôle décisif dans la protection de la biodiversité et dans l'instauration d'un marché des ressources génétiques. Ils ont été pour cela requalifiés comme patrimoine culturel à respecter, information à protéger ou encore marchandise à valoriser pour une nouvelle économie de la connaissance [1]. Les articles 8j2 et 10c de la convention sur la biodiversité définissent et confèrent aux savoirs naturalistes locaux et aux pratiques en tant qu'outils, et aux communautés autochtones et locales qui les détiennent en tant qu'acteurs, des rôles clés dans la gestion des ressources naturelles et de la conservation de la biodiversité [2].

L'ethnoécologie et l'anthropologie s'accordent pour définir les savoirs locaux ou connaissances endogènes comme des savoirs naturalistes, en lien avec la faune et la flore [3], « fondés sur des connaissances concrètes, hétérogènes et non formalisées » [4] issus à la fois de l'observation quotidienne de la nature et de ses changements et du « feedback learning » [5].

Si on admet que l'on peut tirer des enseignements des savoirs populaires pour parvenir à une gestion raisonnée de la nature, il est nécessaire de comprendre comment ces savoirs se construisent et s'organisent. Il est également important de comprendre comment ils se transmettent au sein d'une communauté [2]. Ce que l'on nomme savoirs naturalistes locaux ne sont autres que les savoirs et savoir-faire populaires appliqués au développement. L'expression savoirs naturalistes locaux paraît la moins mauvaise pour désigner ces connaissances, innovations et pratiques que les anglophones nomment souvent par traditional ecological knowledge (TEK) » [6]. Les savoirs naturalistes locaux et les pratiques qu'elles sous-tendent doivent être aujourd'hui appréhendés comme en perpétuelle évolution et en recomposition, se nourrissant d'emprunts et suivant les évolutions sociales des sociétés [7]. C'est ne plus considérer les sociétés comme immobiles et homogènes qui se reproduiraient à l'identique [8].

Il nécessite de prendre en considération l'hétérogénéité et la variabilité des savoirs et savoir-faire dans des contextes socioculturels particuliers [9]. Les populations locales s'adaptent aux changements intervenus dans leur environnement et au sein de leur société en absorbant et en assimilant des idées, des savoirs et des pratiques d'origines diverses. Des études portant sur la dynamique des savoirs naturalistes locaux et leurs processus de transmission peuvent contribuer à formuler de nouvelles lignes directrices et pratiques pour la mise en œuvre de politiques de gestion environnementale et de projets de développement mieux adaptés aux contextes sociaux et naturels pour lesquels ils sont destinés. Mais aussi, elles pourraient permettre une meilleure articulation entre ces savoirs et les savoirs scientifiques en les rendant opérationnels. Elles permettront également une meilleure prise en compte des acteurs locaux dans les processus participatifs et favoriser un partage juste et équitable des droits et bénéfices économiques issus de la protection ou de l'exploitation des ressources naturelles [10]. Ainsi, il est important de connaître les modalités de transmission culturelle des savoirs et savoir-faire locaux, qui les transmet et de quelle façon. C'est dans cette perspective de recherche que prend place ce travail.

Il est une étude de cas dont l'objectif est d'examiner de quelle façon aujourd'hui les techniques liées aux différentes activités de subsistance et dans le domaine social et culturel sont acquises et transmis parmi les communautés Ekonda dans un contexte de division sexuelle du travail, du territoire de Bikoro, dans la Province de l'Equateur, en République Démocratique du Congo.

Dès lors, on se demande si les savoirs et savoir-faire se transmettent aux plus jeunes et s'ils maîtrisent les connaissances liées aux plantes sauvages alors qu'ils sont scolarisés. Les analyses ont permis d'évaluer *in fine* s'il existe des différences à ce sujet dans ce groupe et si les modalités de transmission varient selon le sexe et l'âge des individus. On a mis en relief les connaissances des hommes et des femmes au regard des activités de subsistance et de la division sexuelle du travail. On a identifié les facteurs, s'ils existent, qui affectent les changements dans la nature des processus de transmission.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Bikoro est un Territoire de la province de l'Equateur en République démocratique du Congo. Le Territoire de Bikoro se trouve en bordure du lac Tumba, sur sa rive orientale. Elle est desservie par la route nationale RN21 à 147 km au sud du chef-lieu provincial Mbandaka. Le territoire étudié se situe dans la partie nord du Lac Tumba, qui est localisée au centre de la République Démocratique du Congo en pleine cuvette centrale congolaise (00° 44'-00° 47' S, 018° 07'- 018° 15' E), dans le Secteur des Ekonda [11]. Le Lac Tumba est l'un des lacs peu profonds de la République Démocratique du Congo. Il est localisé à proximité du Fleuve Congo dans lequel il se déverse par le chenal d'Irebu, à 18° de longitude Est et 0° 45' de latitude Sud [11]. La végétation appartient au domaine de la forêt ombrophile guinéo-congolaise, avec des végétations de type inondé ou inondable [12]. Le climat est de type continental chaud et humide, de type Afi, selon Köppen. La pluviosité moyenne annuelle s'élève à 2 000 mm, avec une courte saison sèche de juin à août. La température moyenne annuelle mesurée à Bikoro est de 24,5°C, les moyennes annuelles variant de 20°C la nuit, à 32°C le jour [12]; [13].

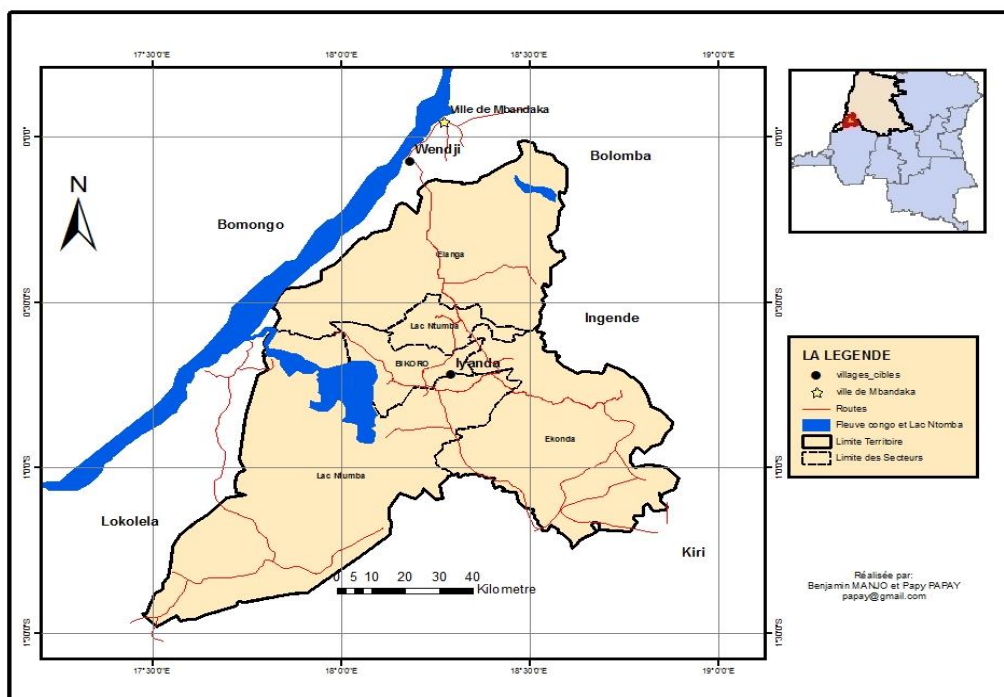


Fig. 1. Situation de lac Tumba dans la province de l'Equateur en République Démocratique du Congo

Source: Mandjo et Papay

La figure 1 montre la situation géographique du secteur des Ekonda, territoire de Bikoro dans la province de l'Equateur.

Les Ekonda sont un peuple de langue bantoue d'Afrique centrale et sont liés au grand groupe des Mongo originaire des régions du Haut-Nil (grands lacs). Ils vivent aux alentours des lacs Mayi-Ndombe et Tumba. Les Mongo sont plus précisément dans le sud de la province de l'Equateur (province) et le nord de la province du Bandundu (province) en République démocratique du Congo (RDC). Il parle le lomongo ou ses dialectes. Avec les Luba et les Kongo ils composent un des plus grands groupes de population bantoue de la RDC. L'ethnie se divise en plusieurs clans: Bolia, Bokote, Bongandu, Boyela, Ntomba, Mbole, Ndengese, Nkutu, Ntomba, Sengele et Songomeno.

Le territoire de Bikoro est subdivisé en trois secteurs, à savoir: Lac Ntomba, Elanga et Ekonda. Le secteur Ekonda comprend 6 groupements et 116 villages. La région est habitée par deux groupes vivant selon un système de caste dans les mêmes villages, les Ekonda, agriculteurs-pêcheurs et les Pygmées Batwa descendants de chasseurs-cueilleurs. A la différence de leurs voisins agriculteurs, les Batwa possèdent des techniques et une économie hautement adaptée à la chasse et à la collecte dans la forêt

équatoriale. Néanmoins, les Batwa pratiquent une agriculture de subsistance sur des superficies très réduites. Ces deux sociétés entretiennent des relations étroites qui peuvent être décrites comme une forme de vassalisme ou mieux un clientélisme [10]; [14] et [15].

Le Secteur des Ekonda est limité au nord et à l'ouest par le Secteur du Lac Ntomba; à l'est par les Territoires d'Ingende et Kiri et au sud par le Territoire d'Inongo. Il s'étend sur une superficie de 3 845 km<sup>2</sup>. Il a comme siège Itipo et compte six (06) Groupements et cent quatre (104) villages.

Selon la perception des populations, l'année est divisée en quatre (04) saisons dont deux (02) pluvieuses (« MPELA ») et deux (02) autres sèches ou plutôt moins pluvieuses (« BOWA »):

- La « BOHENGE » va de janvier à mars. C'est la petite saison sèche ou période de faibles étiages, généralement favorable pour la pêche et le défrichage des forêts;
- La « NTULI » va de juin à septembre. C'est la grande saison sèche ou étiage, période de chenilles et pêche, surtout dans les grands cours d'eau. Elle est caractérisée par la fraîcheur et les brouillards le matin et le soir.

Les grandes « BIIBO » vont de septembre à décembre. C'est la grande saison de pluies, période d'intenses précipitations et des crues. C'est aussi généralement une période d'abondance des poissons et des gibiers.

La végétation du Secteur Ekonda est constituée de la grande forêt équatoriale ombrophile sempervirente qui occupe la cuvette centrale. Cette végétation est caractérisée par la diversité de ses essences, la densité de ses peuplements, la dimension de ses arbres et l'enchevêtrement des lianes. En termes d'essences forestières, on rencontre des peuplements de *Brachystegia laurentii*, *Gilbertiodendron dewevrei*, *Pitademiastrum africanum*, *Polyalthia suaveolens*, Euphorbiaceae, Annonaceae du genre *Xylopiya sp*, *Sclerospermum mannii* (Arecaceae), *Guibourtia demeusei*, *Uapaca guineensis*, *Gilbertiodendron dewevei*, etc. [16].

Le Secteur des Ekonda est traversé par de nombreux cours d'eaux qui font de lui le bassin pratiquement de deux (02) lacs. Signalons ici les rivières qui connaissent une intense activité halieutique et de communication: les rivières Lolo, Bolongo et Boloko [17].

La pêche est pratiquée dans les principales rivières dans le Secteur des Ekonda (Lolo, Boloko, Bolongo). Mais la production est essentiellement artisanale et l'on ne dispose d'aucune statistique en la matière. On y pratique aussi la chasse. Mais la forte pression sur la forêt due aux travaux champêtres et à l'exploitation forestière tend à éloigner les gibiers. La raréfaction des gibiers est due en outre à l'usage des armes à feu (fusils de chasse) sans aucun respect du calendrier de chasse [17].

Parmi les activités relevant de l'artisanat local et susceptible de générer quelques revenus dans le Secteur des Ekonda, on peut citer, notamment: le sciage du bois; la fabrication de corbeilles, paniers, balais; la production de l'huile de palme; la production des boissons locales; la coupe du chaume; etc.

La cueillette et le ramassage (des fruits sauvages, des champignons, des chenilles, etc.) pratiqués dans le Secteur relèvent plutôt d'une activité de subsistance et moins d'un intérêt économique. Il en est de même pour l'apiculture qui offre pourtant beaucoup de possibilités grâce à une grande variété de plantes mellifères. Mieux organisées, ces activités peuvent générer des revenus, mêmes substantielles, à la population locale.

## **2.2 METHODOLOGIE**

Pour observer la transmission des savoir et savoir-faire parmi les Ekonda, on a adopté pour la collecte des données la méthodologie employée par Hewlett and Cavalli-Sforza [18]. Cette méthode consiste à demander à un échantillon d'informateurs, choisis aléatoirement, s'ils savent faire l'activité demandée, et si oui, qui la leur a montrée. Le tableau 1 ci-dessous montre les 84 activités (inclus également des plantes sauvages et cultivées). Elles sont réparties en huit catégories: chasse, pêche, collecte, agriculture, cuisine, outils, garde des enfants et social.

Tableau 1. Activités demandées pour la transmission des savoirs

Chasse	Collecte	Pêche	Agriculture
chasse au filet faire la ficelle faire le filet tuer dans le filet tuer avec le fusil chasse à la sagaie fumigation chasse à l'arbalète chasse à l'éléphant identifier les singes faire les pièges découper le gibier remède pour la chasse faire une arbalète faire le fumoir fumer la viande	miel Champignons igname sauvage chenilles grimper aux arbres feuilles pour le toit noix de palme porter le panier faire le vin de palme	écopper faire les barrages pêche à la ligne faire le fumoir fumer le poisson remède pour la pêche	Débrousser abattre brûler la plantation sarcler récolter planter le maïs planter la patate douce planter l'arachide planter le manioc planter l'igname rouiller le manioc planter les arbres fruitiers
Cuisine	Outils	Garder l'enfant	Culturel
Piler les feuilles de manioc préparer le manioc fumer la viande piler le manioc préparer les sauces préparer les gibiers préparer le poisson faire le <i>lontoko</i> (vin de maïs) préparer la chikwangue rouiller le manioc	Utiliser la machette utiliser la hache faire une arbalète faire le feu construire la maison faire un abri en brousse faire le toit fabriquer la hotte de portage fabriquer le mortier fabriquer une tarière fabriquer le tam-tam fabriquer le filet de chasse	baigner l'enfant savoir comment le porter apaiser l'enfant chanter des berceuses faire des amulettes de protection éducation plantes médicinales pour le bébé donner à manger au bébé	Danses chansons de fête chansons de pêche prières contes jouer au lokolé jouer au tam-tam négocier la dot

Source: Hewlett and Cavalli-Sforza

Chaque catégorie comporte un certain nombre d'activités qui lui sont caractéristiques. Par exemple pour la « cuisine », on demandera à l'informateur s'il sait faire la chikwangue, s'il sait faire le rouissage de manioc et obtenir le *Ntuka*, fumer les poissons, etc. Certaines activités sont celles que Hewlett and Cavalli-Sforza [18] ont utilisées, mais suite aux observations sur le terrain, d'autres activités ont été ajoutées ici, adaptant ainsi leur méthode à notre contexte d'étude. Le choix a aussi été motivé pour mettre en exergue la différenciation entre hommes et femmes par rapport à la division sexuelle du travail.

### 2.3 TAILLE DE L'ÉCHANTILLON DES INFORMATEURS

L'échantillon d'informateurs est composé des 160 informateurs choisis de manière aléatoire dans les deux groupements de secteur d'Ekonda, à savoir: Ilokwapela et Loondo. Pour chacun des groupements, 80 informateurs ont été choisis et répartis en 30 adultes, 30 adolescents et 20 enfants.

Tableau 2. Echantillon des informateurs Ekonda des deux groupements Ilokwapela et Loondo

Ilokwapela					
Adultes		Adolescents		Enfants	
H	F	H	F	H	F
15	15	15	15	10	10
30 adultes		30 adolescents		20 enfants	
Loondo					
Adultes		Adolescents		Enfants	
H	F	H	F	H	F
15	15	15	15	10	10
30 adultes		30 adolescents		20 enfants	

Chaque individu est interrogé individuellement. La question qui est posée pour chaque activité est formulée ainsi: sais-tu faire/ sais-tu planter le.../ chanter des berceuses/ etc. ? Si oui, qui t'a montré ? Les réponses sont consignées dans deux tableaux. L'un où sont notées les réponses négatives ou positives selon qu'ils savent faire ou non l'activité. L'autre où sont notés les transmetteurs, c'est-à-dire la ou les personnes citées comme ayant transmis, ou auprès de qui l'informateur a appris la pratique de l'activité.

### 3 RESULTATS

Les résultats sont présentés suivant deux grilles de lecture, la première selon les d'activités et la deuxième selon les transmetteurs

#### 3.1 TRANSMISSION DES SAVOIRS SELON LES ACTIVITES

Les Ekonda se distinguent des autres groupes mongo dans les activités pour lesquelles ils ont une bonne réputation, à savoir: les chansons et danses des cérémonies la chasse à la sagaie, la chasse au filet et la collecte d'ignames sauvages, Les différences dans le groupe s'expliquent toutefois plus par l'âge et le sexe des informateurs que par le lieu de résidence. Cependant, les activités de culture de manioc, de la chasse, la collecte du miel, l'élaboration du vin de palme, l'abattage des arbres pour la mise en culture et la construction de maisons sont plus nettement maîtrisés par les hommes que par les femmes. Il existe peu de différences dans le groupe selon l'âge. Les jeunes sachant faire relativement les mêmes choses. Les jeunes hommes se démarquent toutefois dans les activités liées à la forêt telles que la chasse à la sagaie, la construction des abris en brousse, faire une tanière, et la collecte des ignames et des champignons. Les paragraphes qui suivent donnent les ampleurs des savoirs par chaque catégorie d'activités.

##### 3.1.1 CHASSE

La raréfaction des gibiers est due en outre à l'usage des armes à feu (fusils de chasse) sans aucun respect du calendrier de chasse. Les activités liées au filet de chasse sont plus connues par les hommes en général. Ils sont également ceux qui savent le plus pratiquer la chasse avec la sagaie. Les autres activités sont indifféremment connues des uns et des autres selon leur sexe. Dans ce groupe d'activités, les femmes ne connaissent pas celles liées aux techniques de chasse, ni les recettes propitiatoires. Mais elles talonnent les hommes sur des savoir-faire concernant la préparation de la viande (fumage et découpe). Les savoirs et savoir-faire liés à la chasse sont acquis depuis l'enfance, les petits garçons savent rapidement construire une arbalète et faire des pièges pour imiter leurs aînés et pour jouer. Par contre, les activités liées au filet de chasse ne sont quasiment plus transmises. Les connaissances sur les plantes employées comme remèdes pour favoriser la capture de gibier sont le fait des adultes. Seules 5% des femmes ont acquis des connaissances sur les médicaments propitiatoires pour la chasse et toutes par l'intermédiaire de leur conjoint lors des parties de chasse où elles accompagnent leur mari.

##### 3.1.2 COLLECTE

En ce qui concerne les activités liées à la collecte tous les deux milieux confondus ont des connaissances suffisantes. Les différences que l'on note sont celles qui concernent la collecte du miel, des champignons des chenilles et les ignames sauvages.

Les différences, selon le sexe, concernent la collecte des feuilles pour le toit et le fait de grimper aux arbres. Ce sont trois activités masculines. Alors que le portage u panier est plus réservé aux femmes. Pour les fruits, et les champignons, tout le monde a des connaissances similaires et ce, depuis le plus jeune âge, tous sexes confondus. La collecte du miel, et les feuilles pour le toit sont deux activités demandant des techniques élaborées pour lesquelles les plus jeunes ont peu habiles et détiennent moins de connaissances.

### 3.1.3 PECHE

Les techniques de pêche, la construction du fumoir et le fumage sont moins connus de tous, hommes et femmes de tous âges. Cependant, l'écopage est presque exclusivement pratiqué par les femmes. Alors qu'il y a une claire dichotomie entre hommes et femmes en ce qui concerne la chasse et ses techniques, ce n'est pas le cas pour la pêche. Les recettes des plantes utilisées pour favoriser les prises de pêche sont peu connues par les adultes tous sexes confondus. On constate que ces savoir-faire ne sont pas du tout acquis. Les petits garçons pêchent avec leurs parents. En ce qui concerne la préparation du poisson, alors que cette activité soit dite « féminine », on observe que nombreux sont les hommes qui s'occupent du fumoir et fument le poisson pendant que les femmes s'occupent à vider et à nettoyer les poissons. L'absence des rivières et des cours d'eau importants dans les territoires occupés par les Ekonda justifie ce manque des savoirs et pratiques liés à la pêche.

### 3.1.4 AGRICULTURE

Les hommes et femmes dès le plus jeune âge, pratiquent les différentes activités liées à l'agriculture. Certaines reconnues comme étant des activités féminines sont pourtant connues également des hommes. C'est le cas par exemple, pour planter, sarcler et rouiller le manioc et élaborer le ntuka. Comme remarqué dans le territoire étudié, les hommes aujourd'hui plantent ou trempent le manioc si nécessaire quand leurs épouses ne peuvent le faire ou lorsqu'une partie de la vente est destinée au fufu ou ntuka (cossettes du manioc rouillées, séchées/ ou non) et que cela demande un surcroît de travail. La seule activité qui est du ressort des hommes, et très peu des femmes, est l'abattage des arbres pour l'ouverture des nouvelles plantations. Toutefois, certaines femmes savent abattre les arbres mais laissent généralement ce travail aux hommes de la famille.

### 3.1.5 CUISINE

La distinction entre hommes et femmes concerne les vins. Le vin de palme est prélevé par les hommes et le vin de maïs est élaboré par les femmes. Quelques fois les hommes s'impliquent dans l'élaboration de vin de maïs, généralement appelé « lontoko » pour aider leurs épouses notamment pour piler le maïs ou les cossettes de manioc. Toutes les personnes interrogées tous âges et sexes confondus ont des connaissances en matière de préparation des aliments, que cela soit le gibier, le poisson, le manioc et les sauces qui les accompagnent. Cependant, seules les femmes se réservent la préparation de chikwangue, en enveloppant le manioc pilé dans des feuilles de marantacées. Les hommes ne les font, encore une fois, que si leurs épouses ne peuvent le faire. Rares sont les plus jeunes garçons qui pilent les feuilles de manioc, leurs sœurs le font à leur place. Piler les feuilles de manioc et les cossettes de manioc sont des activités que les hommes trouvent « disgracieuse » et qu'ils ne le font pas devant les autres par « honte ». Les règles d'usage au village veulent que cela soit une activité exclusivement féminine. On note également qu'en ce qui concerne la préparation du manioc, la plupart du temps les hommes préparent du manioc, mais non pilé. De façon unanime les filles se consacrent à la cuisine dès leur plus jeune âge. Elles participent avec leurs mères à la préparation de la nourriture pour le foyer. Mais de plus en plus, on constate que les jeunes garçons cuisinent et si même que cela se fait de façon autonome, c'est-à-dire pour eux-mêmes et non pas pour le reste de la famille.

### 3.1.6 OUTILS

L'utilisation des outils se distingue en fonction de l'âge et du sexe des informateurs, sauf pour l'utilisation de la machette, pour faire le feu, toutes catégories savent faire. Précisons que la machette est utilisée tous les jours et pour toutes sortes d'action: la cuisine, la pêche, la chasse, le débroussage, la coupe des noix de palme, des lianes, l'abattage, etc. Le plus souvent, chacun, homme et femme, a sa propre machette et devra le tenir à sa proximité à tout moment. Les petits garçons comme les petites filles manipulent très tôt cet outil. Manipuler la hache, faire les abris en forêt, construire les maisons et leurs toits ainsi que la fabrication de la hotte de portage sont le fait des hommes adultes et dans une moindre mesure des plus jeunes. La pratique de ces activités s'accroît avec l'âge notamment lorsqu'un homme passe du célibat au mariage. C'est alors qu'il construit sa propre maison et qu'il emploie la hache pour abattre les arbres dans sa future plantation, bien qu'il le fasse aussi à l'adolescence pour aider ses parents. La technique de fabrication de la hotte de portage, les corbeilles, les paniers filtrants et nattes (désignés par enkala, entoko, enkolo en lotomba) est très connue des hommes et femmes Ekonda tous villages confondus. Elle ne se pratique qu'à partir de l'adolescence, quand l'individu a acquis la technique mais aussi la force nécessaire

pour manipuler la liane qui sert à sa fabrication. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que la vannerie et la fabrication de mortier ne sont pas des activités connues de tous, mais le fait de quelques spécialistes ou artisans initiés.

### **3.1.7 GARDE DES ENFANTS**

Toutes les activités liées à la petite enfance sont généralement connues de tous. Cependant, deux d'entre-elles qui demandent des connaissances particulières qui s'acquièrent avec l'expérience et que les femmes maîtrisent plus que les hommes. Il s'agit de la fabrication des amulettes de protection et des plantes médicinales pour les bébés. Les enfants n'ont aucune connaissance à ce sujet. Par contre, ils savent s'occuper, tout comme les hommes, des bébés et des plus petits. Les hommes s'occupent souvent des enfants en les gardant au village alors que leurs épouses sont parties à la plantation ou à la pêche. Ils se font relayer par les jeunes garçons ou jeunes filles dès leur retour de l'école. Par contre, les soins corporels des bébés sont quasi exclusivement réservés à leurs mères et dans certaines mesures aux jeunes filles qui ont atteint l'âge de l'adolescence. Bercer un bébé est un art bien connu et réservé aux femmes et jeunes filles. Cette tâche est peu gracieuse pour les jeunes garçons célibataires et faire l'objet de moquerie au sein de la communauté.

### **3.1.8 SOCIAL**

Les Ekonda sont des fins connaisseuses des chansons liées aux cérémonies et dont l'art de danser et d'animation est très bien apprécié au sien du grand groupe mongo. Ceci corrobore leur réputation d'animateurs et de bons danseurs. Les chants des cérémonies demandées sont bien connus des enfants comme des adultes. Les chansons de chasse et les contes semblent se transmettre aux plus jeunes, même si les enfants ne sont pas encore en mesure de pouvoir réciter les histoires comme les plus grands. On voit donc que toutes les activités sont globalement transmises aux jeunes générations

Les savoirs sur les plantes médicinales et l'art de guérir, la pratique de la vannerie, la fabrication des mortiers et fusils en poudre nécessitent un savoir spécialisé détenu uniquement par certaines personnes qui en général les transmettent à leurs enfants, pour peu que ces derniers s'y intéressent.

## **3.2 TRANSMISSION DES SAVOIRS SELON LES TRANSMETTEURS**

On dénombre plusieurs types de transmetteurs. On a cité les parents biologiques (le père, la mère, parfois cités ensemble père/mère), d'autres membres de la famille tels que les grands frères ou grandes sœurs, les grands-parents, les oncles et les tantes. Mais aussi les conjoints et les beaux-parents, ainsi que des habitants du village avec qui les informateurs n'ont pas forcément de lien de parenté (amis, les « gens du village », voire « les Pygmées », ou le pasteur, le prêtre) ont été également cités. Parfois les savoir-faire ne sont pas transmis par un individu tiers mais à l'individu lui-même en observant et imitant les autres. « Seul », « moi-même », « personne » ne sont des réponses correspondant à ce cas. On n'observe pas de distinction notable entre lieu de résidence dans le domaine de la transmission. Les savoir-faire s'acquièrent en général par les mêmes personnes. Toutefois, on remarque que le nombre de transmetteurs augmente selon la classe d'âge. Les adultes citent un plus grand nombre de transmetteurs que les enfants ou les adolescents. Ils sont en relation avec un plus grand nombre d'individus notamment par le mariage qui offre au conjoint ou conjointe l'accès à de nouvelles relations, celles entretenues avec les beaux-parents par exemple. De plus, on constate également que les garçons, adolescents et hommes adultes ont cité plus de transmetteurs que les femmes et les jeunes filles. On remarque également que l'oncle maternel n'est cité que par des hommes ou des garçons. Et la tante maternelle est plus citée par les jeunes filles. Les transmetteurs privilégiés sont les parents biologiques. De façon générale, les pères montrent à leurs fils et les mères à leurs filles. Mais il est plus judicieux de dire qu'une mère transmet à son enfant, que cela soit un garçon ou une fille, des techniques correspondant aux activités liées à son statut de femme. Par exemple, tous les petits garçons ont appris à planter le manioc ou à faire la cuisine avec leur mère. De même pour les pères, ils montrent à leurs filles des activités qui lui sont propres comme faire le fumoir et fumer la viande. Le rôle des grands frères pour les activités de chasse et des grandes sœurs pour la collecte et la garde des enfants n'est pas négligeable. Il en est de même pour le conjoint. Le mari et femme interagissent lors d'une activité qui incombe à l'homme (la chasse par exemple) ou à la femme (planter). L'un des conjoints aidant, assistant ou accompagnant l'autre et partageant ainsi des savoirs et savoir-faire reconnus appartenant à l'un ou l'autre sexe. Le couple est ainsi une sphère de transmission des savoirs les Ekonda. Les savoir-faire acquis par les hommes à l'enfance et liés aux activités des femmes sont transmis principalement par leurs mères. Cependant, on remarque que les épouses, étant désormais la femme qui partage le quotidien de l'homme marié, semblent prendre le relais des mamans. Les « gens du village », voire les « Pygmées Batwa » sont cités pour la transmission lors d'activités sociales, telles que les cérémonies qui impliquent tout le village. En ce qui concerne la religion, le prêtre ou le pasteur sont les principaux vecteurs de transmission, cela est notamment facilité par la présence des églises au sein même du village.

Les Batwa ont également transmis des savoir-faire aux non-pygmées notamment dans le domaine de la chasse et de la collecte. C'est aussi parfois le cas inverse, des non-pygmées qui enseignent aux Batwa notamment l'apprentissage de l'agriculture et la fabrication des mortiers.

#### 4 DISCUSSION

Comme constaté dans les travaux sur les dynamiques des savoirs naturalistes [10]; [19] réalisées auprès des peuples forestiers de l'Afrique Centrale, l'agriculture est privilégiée au détriment des autres activités de subsistance (notamment la collecte, la chasse, l'artisanat) car son rendement est moins aléatoire que la chasse et la cueillette. L'agriculture permet de subvenir aux besoins des familles en termes de nourriture et d'avoir une source de revenu pour répondre aux besoins soins de santé de la famille et à scolariser les enfants. La pratique de l'agriculture et le temps qui y est investi rentrent alors en compétition avec les autres activités auxquelles on consacre moins de temps, sans pour autant leur accorder moins d'intérêt [10]. Les techniques de fabrication de l'arbalète et le mortier sont toujours connues et transmises aux plus jeunes. L'arbalète, bien que n'étant plus beaucoup employée par les adultes pour chasser, il est utilisé par les plus jeunes pour jouer. Les savoirs relatifs aux matériaux nécessaires pour la fabrication de la hotte de portage, le mortier, la tarière, le tam-tam et lokolé sont toujours connus et transmis par les adultes. Si l'on constate que les savoirs sont encore détenus par les jeunes adultes et par certains enfants, notamment en ce qui concerne le filet, les masques de cérémonies et de danse dont quelques exemplaires existent encore chez les Ekonda. On se pose la question de savoir ces savoirs et savoir-faire seront encore transmis si ces objets auront disparu. En complément des observations de terrain, la méthode utilisée a permis d'avoir une évaluation rapide sur la transmission des savoir-faire et les personnes impliquées dans les processus de transmission. La transmission verticale (parents-enfants) est la relation privilégiée mais il existe d'autres sphères de transmission non négligeables. Ainsi ont été mis en évidence des modalités de transmission originales: la transmission des savoirs et savoir-faire au sein du groupe ou du couple. Les pratiques, les techniques, et les objets d'art permettent de cristalliser les savoirs de tradition orale et sont les vrais vecteurs de transmission culturelle au sein d'une communauté [19]. Ils pourront perdurer aussi longtemps que les anciens auront décidé de montrer comment les fabriquer et selon l'intérêt que les jeunes générations leur porteront. L'intérêt qui peut être utilitaire, mais aussi affectif. Cela dépend aussi de l'esprit d'initiative des parents qui emmènent leurs enfants en forêt et qui leur montrent les matériaux et les techniques. Les savoirs naturalistes locaux sont transmis par un apprentissage qui passe par la familiarisation avec les savoir-faire, l'outillage, les matériaux et tous les éléments du milieu technique. Les savoir et savoir-faire sont principalement transmis par les parents (père et mère biologique dans la sphère domestique), mais également par les autres membres de la famille, grands-parents, frères et sœurs aînés notamment. Elle met en présence d'autres sphères de transmission, telles que les autres habitants du village, qu'ils appartiennent au même groupe ou non, à travers la participation aux activités communautaires au sein du village. Ce canal de transmission s'avère particulièrement efficace pour les savoirs en caractère social comme les chants, la danse, les rites et les cérémonies. Les enfants quand ils ne peuvent participer à l'activité, ils observent. Dès qu'ils ont acquis de l'expérience, ils assistent et aident leurs aînés, voire réalisent ces activités seuls ou avec leurs amis. Les savoir-faire sont généralement transmis dans le contexte d'une activité, soit à travers l'écoute d'explications directes entre transmetteurs et apprenti, soit en observant et en reproduisant des gestes que l'on a vu se produire plusieurs fois, au lieu même de l'activité ou ailleurs. Ainsi, les jeux de cuisine pour les petites filles, ou la chasse aux oiseaux ou aux rats à l'aide de l'arbalète, ou encore la pose de pièges par les garçons, sont autant de façons pour les enfants de reproduire les activités des adultes. Il convient de noter que l'apprentissage des activités de subsistance est intimement lié à l'environnement [19]. Le fait d'être dans des villages en bordure de route avec la forêt environnante a pour conséquence un accès facilité pour les enfants qui leur permet de se familiariser avec les différentes ressources naturelles, mais aussi celles cultivées dans la plantation, soit en accompagnant des adultes dans leurs activités, soit pour y jouer. Certaines techniques sont apprises au village suite au prélèvement des ressources en forêt: la vannerie ou la confection des toits en feuilles de marantacées, par exemple. Un élément important pour la pérennisation des savoirs naturalistes locaux est de ne pas être séparé de son environnement [19]. Les savoirs liés au genre font référence aux savoirs des hommes et des femmes liés aux domaines spécifiques attribués à l'un et à l'autre sexe [9]. Les différences de savoirs et savoir-faire entre les hommes et les femmes ont été la plupart du temps expliqués comme étant une conséquence de la division sexuelle du travail dans les sociétés traditionnelles [20]. Ces savoirs sont souvent présentés comme un modèle binaire opposant les savoirs masculins aux savoirs féminins. Ainsi, une partie des études concluent que les femmes ont une meilleure connaissance des plantes de cueillette que les hommes car c'est leur principale activité [21] et [22], alors que d'autres n'ont trouvé aucune différence entre les sexes concernant le savoir lié aux plantes [23]; [24] et [25]. Les femmes et les hommes ont des savoirs partagés sur des ressources prélevées par les uns et les autres, telles que les plantes alimentaires ou le bois de feu. Ils ont également des savoirs différenciés concernant des usages spécifiques liés à l'un ou l'autre sexe. Ici, les seuls domaines de savoir propres aux hommes sont ceux liés bois de construction et bois pour la fabrication des armes de chasse. Toutefois, bien que ces savoirs soient liés à des usages particuliers à l'un ou l'autre sexe, hommes et femmes ne sont pas dépourvus de savoirs les concernant. Cependant, bien que connaissant dans une certaine mesure les arbres nécessaires à la fabrication du mortier, les femmes ne le fabriqueront pas; de

même pour les hommes qui connaissent les matériaux nécessaires pour la fabrication de la corbeille mais ne la tresse pas. Toutefois, une femme peut faire ce qu'un homme fait et vice versa, si elle/il le souhaite et si toutefois elle/il a accès aux savoirs et savoir-faire nécessaires pour mener l'activité. La figure du couple n'a pas été mise en valeur dans les études portant sur la transmission des savoirs. Pourtant, elle se révèle comme une sphère de transmission importante, où maris et femmes échangent des connaissances lors d'activités communes ou lorsque l'un ou l'autre accompagne son conjoint dans l'activité de l'autre. La femme qui accompagne son mari à la chasse, le mari qui accompagne sa femme pour l'écopage ou au rouissage des maniocs. Ainsi chacun observe en assistant l'autre dans son activité. On a souligné le fait que les époux sont des relais de transmission, c'est-à-dire que les savoirs transmis pendant l'enfance par le père et la mère sont, à l'âge adulte transmis par l'un et l'autre conjoint au sein du couple. Les femmes indiquent les noms des plantes pour soigner le bébé aux hommes, ces derniers, en construisant la maison, montrent à leurs épouses les arbres nécessaires pour les traverses et les poteaux. On se demande alors pour quelle raison une activité est attribuée à l'un ou à l'autre sexe et en quoi ces techniques sont propres à un sexe donné, et d'autre part, ce qui motive la mobilisation, la mise en pratique d'un savoir qui correspond au sexe opposé. La différenciation des savoir-faire selon le genre est liée non seulement à la technique employée, elle-même liée à la ressource prélevée, mais également aux normes sociales implicites et intériorisées par les individus et les attributs qu'on leur confère dès les premiers âges à travers la socialisation des enfants. En éduquant l'enfant comme femme ou homme, on offre l'accès au futur adulte à un savoir caractérisé. De plus, le vécu et l'expérience (de la maladie, de la grossesse, de la pratique d'une activité particulière, les initiations, par exemple) déterminent et donnent accès à des savoirs particuliers. L'âge est un facteur structurant du savoir. Pour une certaine catégorie de plantes, les plantes alimentaires (les fruits, champignons et chenilles), les petits garçons et les petites filles ont des savoirs communs qu'ils partagent avec les adultes de la communauté. On a également remarqué qu'avant la spécialisation sexuée des savoirs, les jeunes enfants sont dans la sphère des femmes, particulièrement de leurs mères qui les gardent le plus souvent. Cependant au fur et à mesure qu'ils avancent en âge, ils auront des savoirs plus spécialisés et en relation avec les activités correspondantes à leur sexe. Il faudrait croiser l'âge, le statut et le rôle social acquis avec l'âge, ou peut-être plus parler en termes de stades de la vie. On accède à un savoir car on a acquis un certain statut, celui de femme, d'homme (l'enfantement, le mariage, donnent accès à un certain pan de savoir lié à la condition de femme ou d'homme). Le discours conventionnel des Batous pour expliquer le fondement de la division sexuelle du travail reprend des catégories classiques du genre: la pénibilité des tâches, la performance physique, la force et la dangerosité propres aux activités masculines [10]. Certaines activités liées à la nature de ce qui est prélevé sont considérées comme plus aptes à un sexe plutôt qu'à l'autre. Ainsi les ressources qui piquent: le miel, les noix de palme, les feuilles de raphia, sont principalement collectés par les hommes qui, contrairement aux femmes, « supportent » les épines. Grimper aux arbres est également activité masculine, alors que ramasser les fruits sur le sol ou à faible hauteur et courber le dos lors de la pêche au barrage sont l'apanage des femmes. Les matériaux durs sont travaillés par les hommes. Le bois pour la fabrication des mortiers par exemple. Les femmes manipuleront des végétaux plus souples pour les soins de bébé. On entend souvent dans les discours des hommes et des femmes le mot *momeseno* en lingala, « habitude » comme pour légitimer les pratiques des uns et des autres. Il souligne le caractère répétitif d'une pratique par un groupe donné d'individus: « les femmes ont l'habitude de laver le manioc », « les hommes d'abattre les arbres, ils ont l'habitude ». L'habitude est également invoquée pour l'apprentissage des activités par les enfants. Le garçon prend la machette pour aller travailler avec son père pour s'habituer, lui montrer les travaux. La fille prend la corbeille et part avec sa maman, elles vont à la plantation. Elle commence à prendre l'habitude de sa mère. Ainsi, « la construction du genre est étayée par la culture matérielle » [26].

## **5 CONCLUSION**

Le sexe et âge sont les deux catégories d'analyse employées dans cette étude un préalable à l'étude de la dynamique des savoirs. Elles nous ont permis d'avoir une vision globale de la manière dont le savoir se distribue et se transmet. Il serait intéressant, dans des travaux ultérieurs, de multiplier les critères, mais avec des échantillons plus importants, et mettre l'accent sur les individualités. Les guérisseurs, les féticheurs, les phytothérapeutes ou les matrones constituent des catégories spécifiques intéressantes à consulter. Porter une attention particulière sur la variabilité au sein de chaque groupe d'appartenance selon différents critères, tels que, entre autres, le niveau socioéconomique, la fréquentation des églises ou le niveau d'instruction des individus. On pourrait, également, suivre dans le détail chaque individu et dresser son parcours. Ceci permettrait de pondérer l'expérience individuelle. Une femme stérile ou une mère des jumeaux a eu accès à une connaissance de plantes et pratiques que d'autres femmes n'ont pas eu car elles n'en avaient pas besoin. Certains enfants ont peut-être des parents plus entreprenants qui leur montrent plus de choses en forêt que d'autres. Par ailleurs le groupe d'appartenance « non-pygénées » pourrait dans une étude ultérieure pris en compte. De même, d'autres domaines ou sphères de transmission pourraient être mis en valeur à travers d'autres approches telles que les groupes initiatiques ou religieux. En outre, le mariage se présente ainsi comme une institution où des savoirs sont véhiculés mettant en relation deux individus, mais également deux familles distinctes. Il serait intéressant d'évaluer le rôle que joue l'oncle maternel en tant que transmetteur privilégié des jeunes

garçons, notamment lors de la cérémonie de circoncision, où celui-ci joue un rôle prépondérant dans la préparation du candidat à la circoncision. Au moment où les savoirs naturalistes locaux concernant la gestion de l'environnement sont de plus en plus sollicités et considérés comme des outils de gestion, il est important de comprendre comment ils s'élaborent et se transmettent. Il est surtout fondamental de battre en brèche l'idée d'une immuabilité des communautés locales et de reconnaître le caractère dynamique et évolutif des savoirs locaux.

L'agriculture est aujourd'hui plus privilégiée au détriment des autres activités de subsistance comme la collecte, la chasse, la vannerie ou l'artisanat car son rendement est moins aléatoire. L'agriculture permet de subvenir aux besoins des familles en termes de nourriture et d'avoir une source de revenu pour répondre aux besoins soins de santé de la famille et à scolariser les enfants. La pratique de l'agriculture et le temps qui y est investi rentrent alors en compétition avec les autres activités auxquelles on consacre moins de temps, sans pour autant leur accorder moins d'intérêt. La collecte une place importante pour subvenir aux conditions matérielles d'existence, le bois pour la construction des maisons, bois de chauffe pour préparer les aliments et se chauffer, bois pour besoin utilitaire notamment pour fabriquer les outils nécessaires aux préparations culinaires, la pêche et à la chasse, et pour transporter (vannerie). Dans le domaine thérapeutique, l'efficacité des plantes permet de pallier au recours aux médicaments modernes qui sont difficilement accessibles par manque de moyens financiers. Toutefois, bien que certaines techniques tombent en désuétude ou sont moins pratiquées, la transmission des savoirs concernant les matériaux pour la fabrication des outils nécessaires à leur pratique est toujours vivace.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce aux concours des populations des deux groupements du secteur d'Ekonda: Ilokwapela et Loondo, du territoire de Bikoro de la République Démocratique du Congo que nous remercions pour leur collaboration.

## REFERENCES

- [1] Pinton F. & Grenand P., Savoirs traditionnels, populations locales et ressources globalisées, p. 165-263. In: Aubertin C., Pinton F. & Boisvert V. (éds.) Les marchés de la biodiversité. IRD, Paris, 270 p., 2007.
- [2] Friedberg C., "Diversité, ordre et unité du vivant dans les savoirs populaires ?" *Natures, Sciences, Sociétés* 5 (1): 5-17, 1997.
- [3] Geistdoerfer A., "L'anthropologie maritime: un domaine en évolution: hors cadre traditionnel de l'anthropologie sociale", *Zainak. Cuadernos de Antropología-Etnografía*, (29), 23-28, 2007.
- [4] P. Alphanféry & A. Fortier, Les savoirs locaux dans les dispositifs de la nature. In Berard L. et al. (eds.), *Biodiversité et savoirs naturalistes locaux en France*, CIRAD-IFB-INRA, Paris, pp.158-166, 2005.
- [5] Berkes F., Colding J. & Folke C., "Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management", *Ecological Applications*, 10 (5): 1251-1262, 2000.
- [6] Bérard L., Cegarra M., Djama M., Louafi S., Marchenay Ph., Roussel B. & Verdeaux F., "Savoirs et savoir-faire naturalistes locaux: l'originalité française", *VertigO* 6 (1): 1-12, 2005.
- [7] Chouvin E., Louafi S. & Roussel B., Prendre en compte les savoirs et savoir-faire locaux sur la nature. Les expériences françaises, *Idées pour le débat*, IDDRI, Paris, 24 p., 2004.
- [8] Dupré G. (sous la direction de), *Savoirs paysans et développement*, Karthala-Orstom, Paris, 528 p., 1991.
- [9] Pfeiffer J.M. & Butz R., "Assessing cultural and ecological variation in ethnobiological research: the importance of gender", *Journal of Ethnobiology* 25 (2): 240-278, 2005.
- [10] Mandjo, B.L., *Dynamique des savoirs ethnoécologiques et des pratiques endogènes face à l'agriculture de subsistance chez les pygmées Batwa de la région du Lac Tumba (Province de l'Équateur, République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, Unité d'Écodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs endogènes, Département des sciences de l'environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, 295p+annexes, 2015.*
- [11] White, F. *The vegetation of Africa. Natural resources research Series*, 20, Unesco, Paris, 1983.
- [12] Dhetchuvi, M, M., "Biologie et usage de quelques espèces de Marantaceae au Zaïre". *Belg. J. Bot.*, vol.126, no. 2, pp. 209-216, 1993.
- [13] Doumenge, C., *La conservation des écosystèmes forestiers du Zaïre*. UICN-CEE, Kinshasa, 1990.
- [14] P. Elshout, *Les Batwa des Ekonda*, Musée Royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique, 65 p., 1963.
- [15] N.V. Everbroeck, *Ekond'e mputela: histoire, croyance, organisation clanique, politique, sociale et familiale des Ekonda et de leurs batóá*, Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique, 306 p., 1974.
- [16] *Rapport d'inventaires participatifs préliminaires multi ressources dans la zone à gestion communautaire de Bikoro – Itipo, volet flore*, juillet 2005.
- [17] [www.JeuneDynamiqueDeBikoro/posts/660371374010313](http://www.JeuneDynamiqueDeBikoro/posts/660371374010313). Consulté le 01 juillet 2021.

- [18] B.S. Hewlett & L.L. Cavalli-Sforza, "Cultural transmission among Aka pygmies", *American anthropologist* 88: 922-934, 1986.
- [19] B. L. Mandjo, J. Paulus & D. E. Musibono, "Dynamique des savoirs naturalistes des Pygmées Batwa de la région du Lac Tumba face au changement de leur mode de subsistance". *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2015.
- [20] Setalaphruk C. & Price L.L., "Children's traditional ecological knowledge of wild food resources: a case study in a rural village in Northeast Thailand". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 3: 33-44, 2007.
- [21] Garro L.C., "Intracultural variation in folk medical knowledge: a comparison between curer and noncurers". *American anthropologist* 88 (2): 351-370, 1986.
- [22] Begossi A., Hanazaki N. & Tamashiro J., "Medicinal plants in the Atlantic forest (Brazil): knowledge, use and conservation". *Human Ecology* 30 (3): 281-299, 2002.
- [23] Lozada, M., Ladio, A., & Weigandt, M., "Cultural transmission of ethnobotanical knowledge in a rural community of northwestern Patagonia, Argentina", *Economic Botany*, vol. 4, pp.374-385, 2006.
- [24] Monteiro J.M., Paulino De Albuquerque, U., Machado De Freitas Lins-Neto, E., Lima De Araujo E., & Cavalcanti De Amorim E. L., "Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region", *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 105, pp. 173-186, 2006.
- [25] Figueiredo, G. M., Leitão-Filho, H.F., & Begossi, A., "Ethnobotany of Atlantic Forest Coastal Communities: II. Diversity of Plant Uses at Sepetiba Bay (SE Brazil)", *Human Ecology*, vol. 25, no. 2, pp. 353-360, 1997.
- [26] M. P. Julien & C. Rosselin, *La culture matérielle*. La Découverte, collection Repères, Paris, 2005.

## Analysis of the perception of the scientific research ethics by academics: A case study from the University of Parakou, Benin Republic

*Adjovi Ingrid Sonya Mawussi, Kochoni Ranti, Idrissou Latifou, Assogba Claude Gervais, and Moumouni Moussa Ismaïl*

Department of Rural Economy and Sociology, University of Parakou, 03 BP 123 Parakou, Borgou, Benin

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

**ABSTRACT:** University research for development requires ethical considerations. This research aims to understand the level of knowledge of ethics by the actors such as lecturers, researchers, and students at the undergraduate and graduate levels of the University of Parakou in Benin. For this purpose, an approach essentially based on a survey by electronic questionnaire was carried out among 95 persons. The results obtained reveal that research ethics is not well understood by a large proportion of university actors (50.5%), particularly students. The results show that men (51.59%) have a higher level of knowledge than women (28.42%) and that the higher the level of education, the greater the knowledge of ethical considerations. The type of the training institution determines the obligation of lecturers, researchers, and students to take into account the ethical rules related to their disciplines. It is the case especially in human health sciences.

**KEYWORDS:** Benin, ethical knowledge, integrity, moral conduct, research, university.

### 1 INTRODUCTION

Ethics has long been considered a topic of major importance in most scientific, technical, philosophical, and social fields [1]. This transdisciplinary concept could be defined as a theoretical study of the principles that guide human action in context where choice is possible [2]. Therefore, it calls for several rules of good conduct respectful of morality that apply to any individual in society, professional life, and even as a researcher. Thus, for a researcher, ethics is a central object of research [3]. However, addressing questions about research ethics in this case study seems to be an arduous process that researchers generally do not afford enough time [3]. Thus, nothing seems to motivate researchers to engage in ethics work within their discipline if they do not firstly identify the bottlenecks and requirements of the research. The lack of ethics in the conduct of scientific research projects is the root of a variety of problems that are commonplace in this "all-digital" era.

Indeed, problems of scientific frauds are regularly detected and are in most cases caused by the pressure to write a paper, publish an article or the race for prestige [3]. It is in this sense that Fort et al. assert that bibliometric pressure, that is, the obligation to publish a lot and to publish articles that are cited, is exerted on all researchers and especially on young researchers [1]. Within this framework [4] distinguishes many other breaches of scientific integrity namely, splitting data to increase publication numbers, omitting previously published results, and using inappropriate statistical tests.

Similarly, competition among researchers can lead to deviations in scientific ethics such as plagiarism and fudging of results [1]. This situation due to the lack of scientific integrity leads researchers to choose a more profitable research path even if it involves ethical risks. The hunt for funding, with the advent of project-based research funding are factors worsening it. This situation stipulates researchers increasingly disregard ethical issues in research, which represents, according [2], a special effort that the researcher is obliged to make, a responsible act of adapting to certain norms, in his or her own interest, those of his or her fellow human beings, and of social life. It is thus a question of scientific integrity and of the ethics of the researcher's practices. So, what needs to be done to get researchers to consider questions related to research ethics?

It is in response to this questioning that an author asserts that professional ethics are baseless in the absence of early, consistent, internalized ethics education through systemic learning, carried out in school [2]. Indeed, our choices are influenced

by education, by the ability to detect ethical priorities in concrete situations. So, it is imperative to see the state of knowledge of researchers.

So far as the highest level of knowledge is the university degree, it is necessary that this research focuses on the university community (students and lecturer-researchers), to understand the factors determining knowledge of research ethics. Thus, this article aims to analyse the perceptions of scientific research ethics in the Beninese academic world, because ethical research problems have increasingly been raised in Beninese universities. Therefore, this research aims at analysing the influence of the training system (training entity, level of training) on the understanding of research ethics and on the reasons that justify a diversity of levels and knowledge of research ethics by the university actors, specifically at the University of Parakou. To do so, we based our analysis on the theory of social perception and motivation. The social perception allows to explain the perception of the actors about a fact from a sociological point of view. She drew on cognitive sociology to show that selective attention is a socio-cognitive process and that there are filters that act on social perception through other social construction processes such as gender, race, or reality [5]. The theory of systemic motivation in the approach of [6] highlights that the dynamics of the motivation of an individual is determined by a permanent back and forth movement between the effectiveness of the actions undertaken and the objectives initially set by the individual. Thus, we can understand the dilemma faced by the researcher when he is confronted with the efficiency of his research (to produce a lot, to publish in renowned journals and/or to obtain a lot of funding) and the original mission of his discipline, which is to produce knowledge, to answer problems to propose morally and legally appropriate solutions to his community.

The conduct of this research assumes an appropriate methodological approach. The following lines describe the materials and methods used to build this study.

## **2 THEORETICAL BACKGROUND**

Two theories have been chosen to serve as the theoretical framework for this study. They are the theory of social perception and motivation theory. Social perception (or person perception) theory explains how people form impressions of and make inferences about other people. The cognitive build of their impressions is as sovereign as possible with regard to the construction born of their education, their personalities and their environment. The theoretical approach developed by [5] emphasise the importance of selective attention. Referring to various authors, she shows that human attention is selective and that the mind selects what it needs to retain according to various criteria. The author completes this psychological dimension of her theory with a social dimension. That of social filters. Indeed, according to the author, the social construction of the reality implies the implementation of a mechanism of passage or blocking [5]. Thus, the analysis focuses on the dialectic of attention and inattention to explain the social perception of reality.

In conclusion, this theory emphasizes the capacity of the human mind to set up selective attention and filters to construct the social reality that surrounds it in order to extract perceptions. This theory is important for research in that it explains how the human mind proceeds to construct social perceptions in relation to ethical values for example in academic settings. This theory is complemented by the theory of systemic motivation.

The major assumption of theory of systemic motivation in the approach of [6] is that the dynamics of the motivation of an individual depend on a permanent back and forth movement between the effectiveness of the actions undertaken and the objectives initially set by the individual. This systematic motivation theory is a meta-theory which to focus on the nature and the importance of goals and feedback. About that there are cognitive, behavioural, and affective reactions to the goals and the feedback [6]. So, the role of attributions, expectancies, and goal hierarchies in determining those reactions.

This theory is important for the research because it gives us some conceptual framework to explain which parameters may be motivation for researchers to participate to the workshop and may conduce them to have an ethical behaviour in research.

It is important to determine that although it does not fall within the analytical framework of research, studies on research ethics explains this initiative. So, we have to clarify here the key concepts that underpin research ethics. Law as a discipline refers to the set of rules applicable in a society and whose respect is sanctioned by the authority. Morality, science of good and evil, closed system of norms of constraining behaviours and general principles. Based on these concepts, ethics is an individual disposition to seek the right decision in a given situation in connection with morality and law.

Contemporary societies are built around science, which is a central pillar. The democratic option of policies, modes of governance, technological progress, human health, food, security are all areas of my life in society whose axes are marked out by science. Given the magnitude of the resources mobilized internationally to fund scientific research, the requirements for researcher integrity and scientific quality of products are increasingly greater.

The question of the moral, professional, and legal responsibility of the researcher often arises in connection with his research object, his methodological approach, his research units, the conduct adopted to publish his work and often even with regard to the use that is made of the results of the research by the institution that finances it.

In this regard, there are several international provisions that govern research ethics. The first one is the European Code of Conduct for Research Integrity [7]. This code illustrates the principles of research ethics, including reliability, honesty, respect, and accountability. There are other international legal provisions such as: the Singapore Declaration on Research Integrity (2010), the International Ethical Guidelines for Biomedical Research involving human subjects of the Council for International Organizations of Medical sciences, the Code of Ethics of the International Sociological Association, the First Code of Ethics, World Archaeological Congress.

In West Africa, most countries are members of the African and Malagasy Council for Higher Education. This organization has a Code of Ethics that applies to all teachers-researchers in public and private universities recognized by CAMES. But in Benin, only local initiatives of universities are noted in terms of ethical rules in scientific research.

After the presentation of the theoretical framework of the research and the regulatory context of research ethics in Benin Republic in the lines below, the main findings will be presented.

### 3 MATERIAL AND METHODS

This study was conducted in the municipality of Parakou, department of Borgou. This municipality host the second largest public university, the University of Parakou in northern Benin. This university has several laboratories attached to specific entities. Among these laboratories is the Laboratory of Research on Innovation for Agricultural Development (LRIDA), which initiated this research from a workshop held in January 2020. Thus, a call was launched by the laboratory for participation in the workshop on the theme ‘research ethics. Initially, the call for participation in the workshop was drafted and launched. During the registration to the workshop, participants (invitees) must answer eight questions related to their introduction, their institutional linkage, and their knowledges about ethics in research to validate their registration. The registration form including the questionnaire was shared via social networks such as WhatsApp in various discussion groups for the University of Parakou. The survey conducted as part of the research took place online via a link that immediately redirects applicants to the questions. In total, 95 participants validated their participation in the workshop. These were mostly researchers and students. The characteristics of the participants are described in Table 1.

*Table 1. Profile of different participants on research ethics workshop the 8th of January 2020 by an online survey posted during the previous fifteen days*

Participant’s profile	Modality	Number	Proportion (%)
Sex	Male	59	62.11
	Female	36	37.89
Total		95	100
City of origin	Parakou	91	95.79
	Cotonou	1	1.05
	Other cities	3	3.16
Total		95	100
Entity of origin	Faculty of Agronomy (FA)	75	78.95
	Faculty of Letters, Arts and Human Sciences (FLASH)	12	12.63
	Doctoral School of Agronomic and Water Sciences (EDSAE)	07	7.37
	Faculty of Medicine (FM)	1	1.05
Total		95	100
Level of training	Bachelor	23	24.21%
	Master	49	51.58
	Doctorate / PhD	19	20
	Others	4	4.21
Total		95	100

The workshop on research ethics organized as part of the 2019-2020 academic year of the LRIDA laboratory of the University of Parakou, has attracted the interest of a significant number of people. A total of 95 individuals took part to it. Most of these participants are men and came from the city of Parakou. However, some participants came from Cotonou (500 km), Kandi (220 km) and Bembèrèkè (100 km). The participants to several entities of the University of Parakou. A strong mobilization of lecturers and students of the Faculty of Agronomy (FA) was observed followed by the participants of the Faculty of Letters, Arts and Human Sciences and by those of the Doctoral School of Agronomic and Water Sciences and by those of the Faculty of Medicine. The level of training of the participants shows a strong participation of students with a master's degree, followed by those with a bachelor's degree and finally by lecturer-researchers holding a doctorate degree. This diversity of level of training shows that ethics is a matter that concerns all actors of the university.

Various data were collected from this population. They include the participants' level of knowledge of research ethics, their motivation to participate in the workshop, and their knowledge of the definition of research ethics. These data were analysed using descriptive statistics, statistical tests, and discourse analysis. First, descriptive statistics consisted of calculating the frequencies of socio-demographic characteristics, motivations for participating in the workshop, and definitions of research ethics. Chi-square tests were performed to see the relationships between the level of apprehension of the ethical concept, gender, level of education, and the entity of origin. Similarly, a Chi-square test was conducted to understand the influence of individuals' level of education on their motivation to participate in the workshop at 5% level. Excel and SPSS software were used to perform these different analyses.

## 4 RESULTS

### 4.1 LEVEL OF UNDERSTANDING OF THE CONCEPT OF ETHICS ACCORDING TO GENDER, LEVEL OF EDUCATION AND ENTITY OF ORIGIN

#### 4.1.1 PARTICIPANTS' SELF-ASSESSMENT OF THEIR LEVEL OF KNOWLEDGE ABOUT RESEARCH ETHICS

The participants have many levels of knowledge.

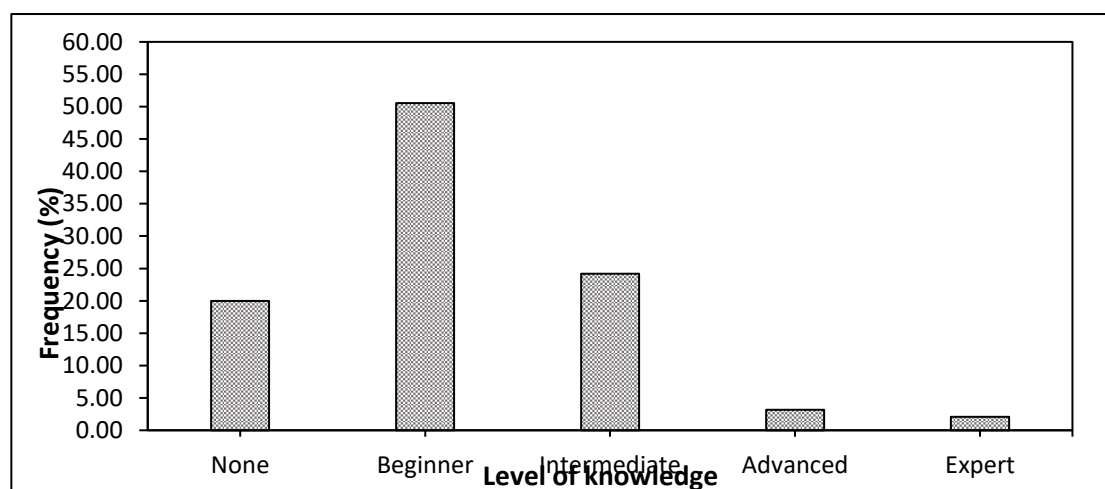


Fig. 1. Level of knowledge about the concept of research ethics

The analysis of Fig. 1 reveals that 50.5% of the participants think they have a beginner's level of knowledge about research ethics. Only 24.2%, 3.2% and 2.1% of the participants felt they had intermediate, advanced, and expert knowledge of the concept of research ethics, respectively.

4.1.2 RELATIONSHIP BETWEEN GENDER AND KNOWLEDGE OF RESEARCH ETHICS

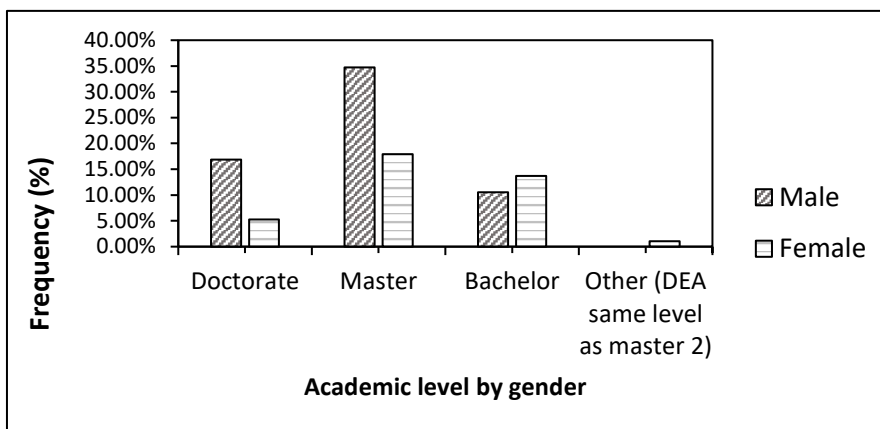


Fig. 2. Gender and educational level

Fig. 2 shows the distribution of participants according to educational level and gender. The analysis of Fig. 2 reveals that men have a higher level of education than women with 34.74% at the master’s level and 16.84% at the doctorate level, respectively. On the other hand, we noted that at the bachelor’s level, women exceeded men.

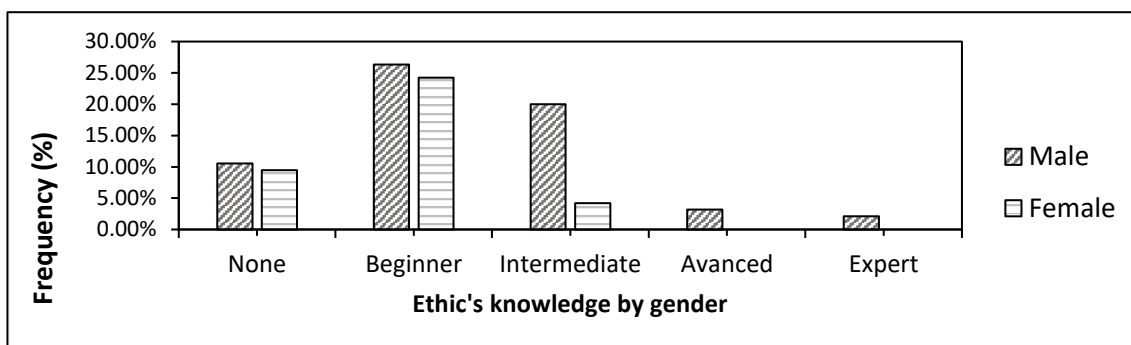


Fig. 3. Gender and level of knowledge about research ethics

In addition, gender by level of knowledge of research ethics is presented in Fig. 3. Men have a higher level of knowledge about research ethics. Indeed, 26.32%, 20.00% and 3.16% of men have a beginner, intermediate and advanced level of knowledge, respectively. While 24.21% of women have a beginner level of knowledge and only 4.21% have an intermediate level. Thus, we observe that there is a statistically significant difference at the 5% level of knowledge of ethics according to gender (Chi2 = 9.932; Degrees of freedom = 4; P = 0.042). This difference could be justified by the fact that men have a higher interest in the issue of research ethics than women. However, it should be noted that women who have a master’s degree and a doctorate have at least an intermediate level of knowledge about research ethics and are already inclined to reconcile both career prospects and family life.

4.1.3 RELATIONSHIP BETWEEN LEVEL OF TRAINING AND LEVEL OF KNOWLEDGE ABOUT ETHICS

The level of training of the participants in relation to the level of knowledge on research ethics are presented (Fig. 4).

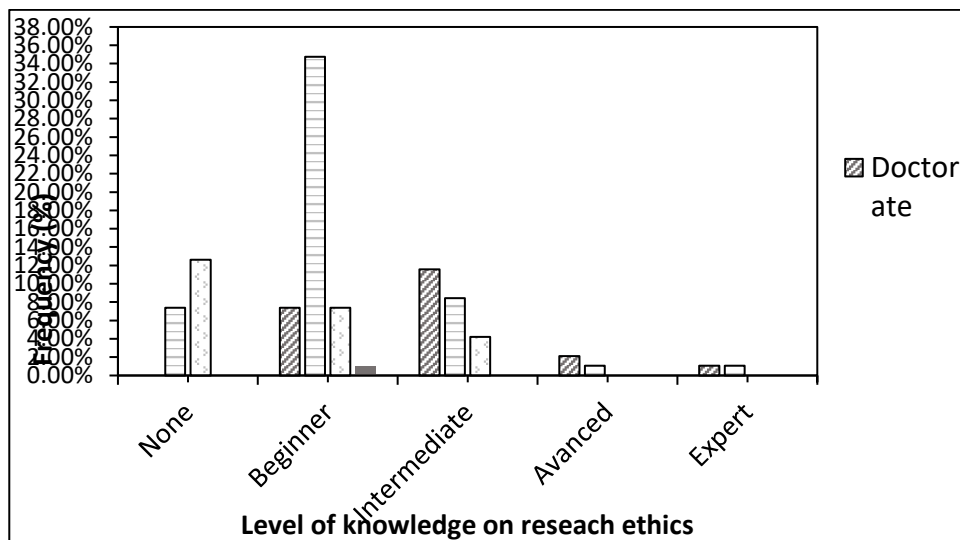


Fig. 4. Knowledge of ethics by level of education

After analysis, the figure shows that 34.74% of the participants with a master's level have a beginner's knowledge of research ethics. On the other hand, 11.58% of the participants with doctoral level have intermediate knowledge on research ethics. While 12.63% of participants holding bachelor's degree have no knowledge of research ethics.

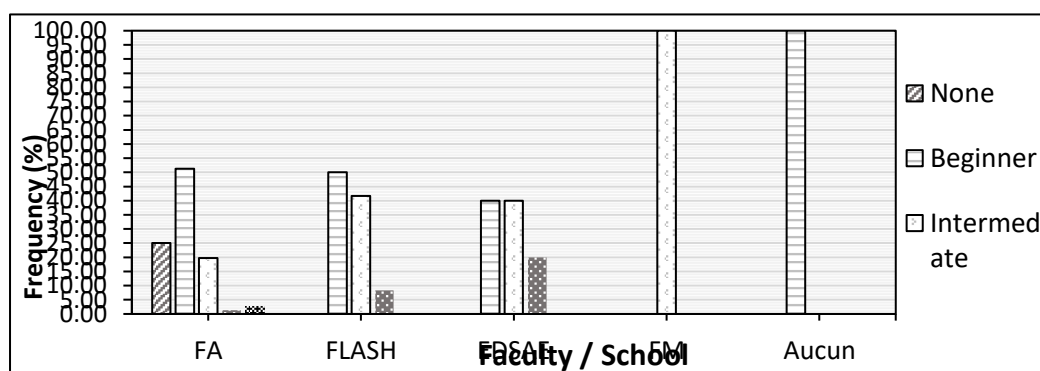


Fig. 5. Entité en fonction du niveau de connaissance de l'éthique de la recherche

In addition, Fig. 5 presents the level of knowledge of participants according to their entity of origin. The analysis of this figure reveals that, regardless of the entity of origin, the participants have a better level of knowledge of the concept of research ethics. This is confirmed by the statistical test that shows no statistically significant difference between the two variables ( $\chi^2 = 18.016$ ; Degrees of freedom = 0.323;  $P = 0.323$ ). Also, the figure 5 shows that all the participating students from the Faculty of Medicine have an intermediate level of knowledge about research ethics. Students from the Doctoral School of Agronomy also show a high proportion of knowledge of ethics (40%).

The second part of the results attempts to understand the motivation of participants to attend a research ethics workshop.

4.2 MOTIVATION TO PARTICIPATE IN THE ETHICS WORKSHOP

4.2.1 DETERMINANTS FOR ATTENDING THE RESEARCH ETHICS WORKSHOP

Fig. 6 presents the reasons for the participants for attending the ethics workshop.

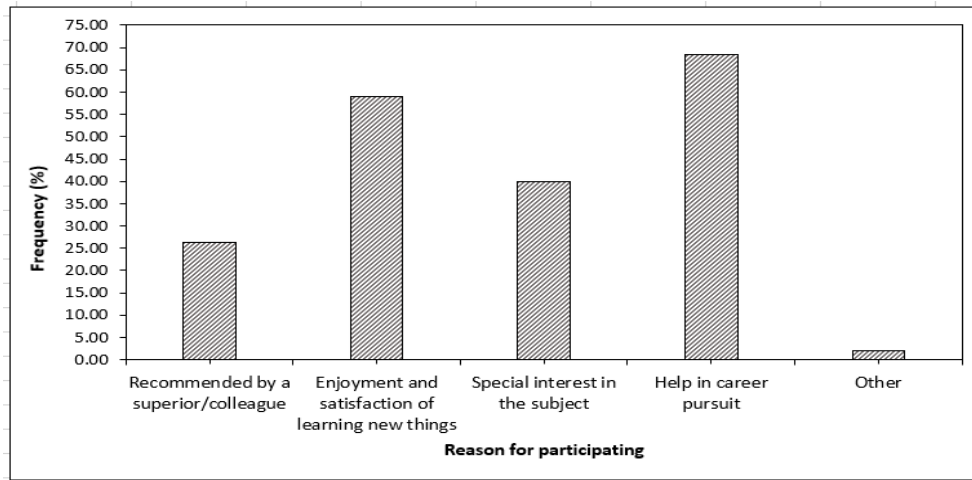


Fig. 6. Determinants of participation to the ethics workshop

Analysis of Fig. 6 reveals that 68.4% of the participants were motivated to attend the workshop because they believe it will be useful for them in their future careers. In addition, 58.9% of them were motivated by the pleasure and satisfaction of learning something new and 40% of participants found the topic particularly interesting. Also, some participants (26.3%) were recommended by a superior/colleague.

4.2.2 RELATIONSHIP BETWEEN REASONS FOR PARTICIPATION AND PARTICIPANTS' LEVEL OF EDUCATION

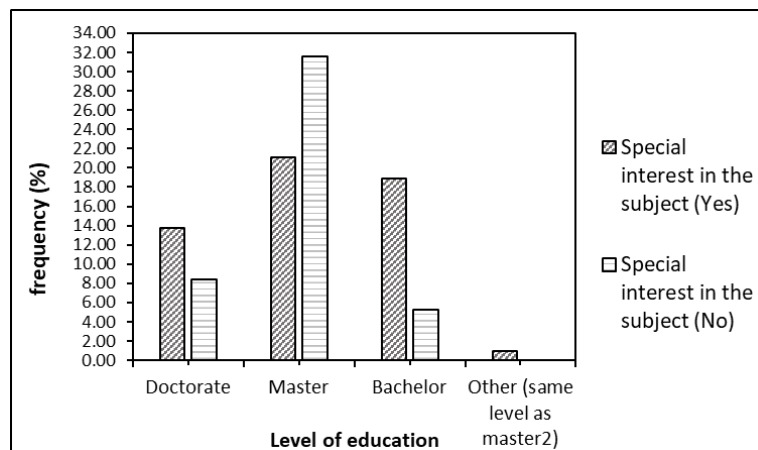


Fig. 7. Specific interest in the topic by education level

Fig. 7 shows the reasons for participation to the workshop according to the participants' level of education. Regardless of their level of knowledge, participants were motivated to participate in the workshop because they hope it will be helpful for their career. This is justified by the fact that the chi2 test does not show a statistically significant difference (Chi2 = 2.041; Degrees of freedom = 3; P = 0.564). Therefore, research ethics is a topic that concerns all actors in the academic world but especially those in the master's level expertise cycle.

4.2.3 RELATIONSHIP BETWEEN GENDER AND REASONS FOR ATTENDING THE WORKSHOP

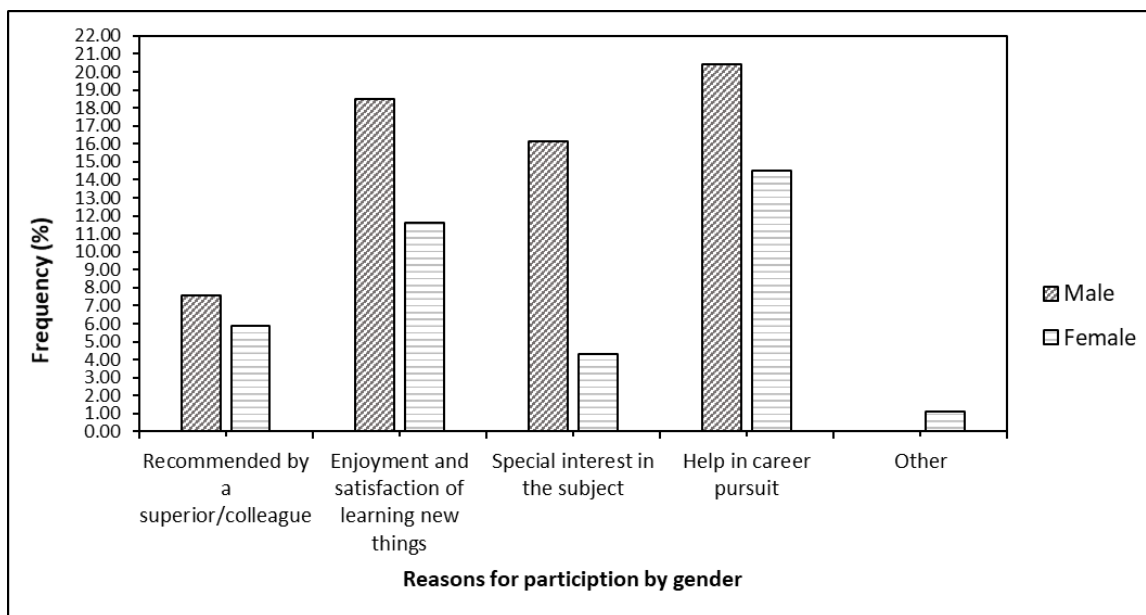


Fig. 8. Reasons of respondents' participation to the ethic workshop by Gender

Fig. 8 presents the relationship between gender and reasons for attending the research ethics workshop. The analysis of figure 8 reveals that both men and women were driven by the same reasons for attending the research ethics' workshop.

4.3 OVERALL UNDERSTANDING OF RESEARCH ETHICS

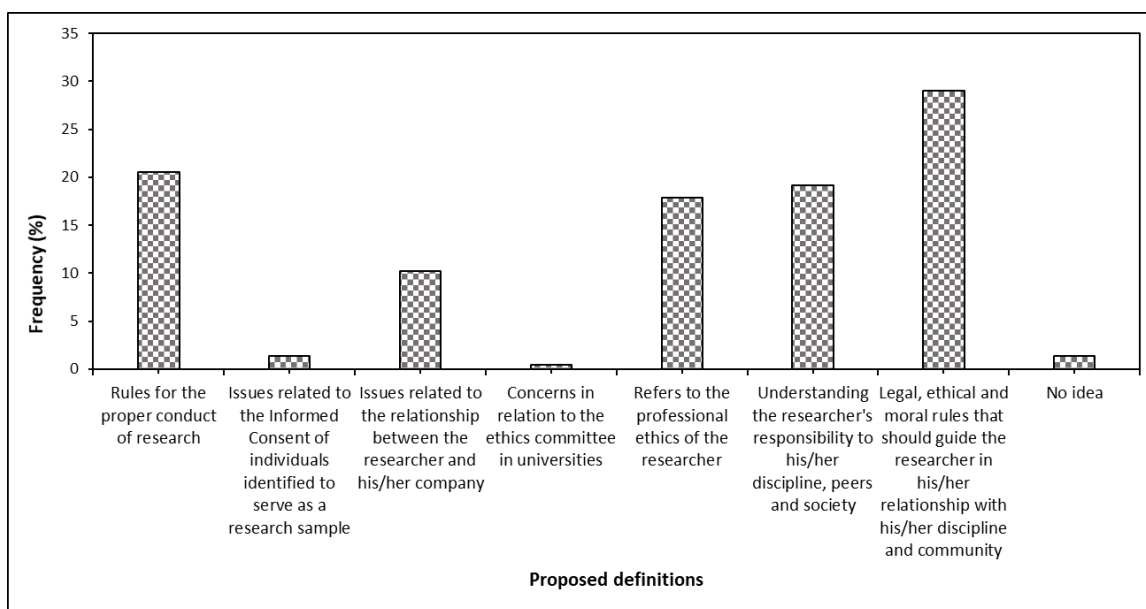


Fig. 9. Definition of research ethics

Fig. 9 highlights the different definitions of research ethics among participants. The analysis of figure 9 reveals that the definition that initially seems complete for the participants (29.01%) is the following: research ethics is 'the set of legal, deontological and moral rules that must guide the researcher in his relations with his discipline and his community'. This was followed by the definition that research ethics 'is everything that relates to ethics in research, i.e., the rules for the proper

conduct of research'. According to other groups of participants, 'ethics allows for a better understanding of the researcher's responsibility to his or her discipline, peers and society'. Finally, 17.85% of the participants thought that research ethics 'refers to the professional ethics of the researcher'.

Based on all these definitions, we can therefore retain that research ethics is perceived by the workshop participants as the set of deontological rules and moral values that apply to the researcher throughout the research process while strongly implying an understanding of the researcher's responsibility towards his or her discipline, peers, and society.

5 Research works should be divided into background, material and methods, results, discussion, conclusions, references.

## 6 DISCUSSION

This study analysed the level of knowledge of research ethics by the academics. Participants at the undergraduate, master's, and doctorate level showed different levels of research ethics knowledge (beginner, intermediate, advanced, expert, and none). Most of the respondents had a beginning level of knowledge of research ethics.

This can be explained by the fact that, firstly, apart from the philosophy courses taken in the second cycle of college where ethics and morals are taught, courses on research ethics are not taught at the undergraduate and master's levels, either professionally or as a research unit, although these notions are implicit in the research methodology courses. Secondly, the research methodology courses taught at the undergraduate level already specify what the researcher must do during his or her investigations, but do not specifically mention research ethics. Hence, many participants believe they have a beginner's level of knowledge. The second major trend that emerges is that many participants believe they have an intermediate level of knowledge. This is why [8], attests by saying that students in the humanities and social sciences who have taken courses in scientific research methodology, have a basis for judging the scientific value of information, but do not have knowledge about the ethical principles to be respected when conducting and using scientific research. Therefore, ethics should be considered as a foundation for learning programs [9].

Considering the level of understanding of research ethics according to gender, there is a significant difference between the level of training according to gender and the level of understanding of ethics. The observations show that there is a statistically significant difference at the 1% level of knowledge about research ethics according to the level of training ( $\chi^2 = 36.961$ ; Degrees of freedom = 12;  $P = 0.000$ ). This difference could be explained by the fact that as the level of education increases, the level of knowledge increases. In other words, the higher the level of education, the more knowledge one acquires in relation to research and more specifically on research ethics. Indeed, men have a higher level of education than women and therefore a higher level of knowledge about research ethics. According to [10], men are more strongly motivated by career prospects, their choice of study is more specifically in line with a logic of profitability and personal development; whereas women are more strongly motivated by a social commitment, they situate their choice of study more precisely in the context of a social problem. This is more noticeable notwithstanding those women are the majority among students (in bachelor's and master's degrees). As for the doctorate, their number decreases among lecturers and researchers and becomes a minority [11].

Furthermore, the level of education has a very significant influence on the level of knowledge of ethics. As the level of education increases, more advanced knowledge is acquired. Thus, education is a means of acquiring greater knowledge [12]. However, the observation made is that whatever the entity to which the academic belongs, his or her level of knowledge does not vary and is generally limited to a beginner or intermediate level. One of the reasons for this situation is the classical educational system in our universities, where the lecturer transmits a certain amount of knowledge that he or she filters and selects for the learners, which limits the student's ability to search for the relevant resources themselves to understand and react to the problems of daily and professional life [13].

The Chi-square test performed About the relationship between gender and reasons for attending the research ethics workshop is not significant at 5% level ( $P = 0.069$ ). This shows that gender does not influence the reasons for participation. This could be explained by the fact that once men and women are enrolled for studies, they are already in a career perspective, so they are all driven by the same motivations to evolve in their study.

Individuals surveyed articulated several motivations for participating in the research ethics workshop. More than half of the participants were motivated to attend the workshop because they felt it would be useful for their career. For others it was for fun and satisfaction of learning something new ideas. At the same time, some participate attended it, because they find the topic particularly interesting. These differences can be explained by the fact that participants are intrinsically motivated to pursue a career in research and therefore need to be aware of the rules of good research conduct, the relationship between the researcher and society, and the responsibility of the researcher to his or her peers and community. In all cases, there is a real motivation for the respondents to pursue a career in research and thus to know the rules of good conduct in research, the

relationship between the researcher and society and his or her responsibility towards his or her peers. This alludes to scientific integrity, which involves good practices, behaviours to adopt in research and to promote in the laboratories [14]. Thus, several notions of ethics have been proposed. The definition that initially seemed comprehensive to the participants is that research ethics is 'the set of legal, deontological, and moral rules that must guide the researcher in his or her relations with his or her discipline and community' In the same sense, Toma M. asserts that research ethics is a responsible act of the researcher that consists of the researcher adapting to certain norms, deliberately accepted, for the benefit of himself, his peers and society [2]. This first definition is followed by a second one which states that research ethics refers to 'the professional ethics of the researcher' It is the respect of scientific integrity, that is, a personal reflection on the rules of good human conduct and the values on which they are based in society, in the profession and in the academic field [15]. On the other hand [3], argues that ethics is an everyday affair, not just a capacity to respect a set of norms regarding the good practices of the researcher, but also affects our habits and actions in society.

All of the above means that in order to get researchers, teachers, doctoral students and students to adopt the principles of research ethics, it is necessary to make them understand the effectiveness of the actions undertaken by them within the framework of respecting the rules of ethics and the objectives initially set in the framework of their research. Therefore, in the face of the regulatory constraints imposed by universities in terms of ethical rules and the dilemma that usually arises for researchers faced with the effectiveness of research and the original mission of his discipline, the choice of compliance with ethical standards is easier. The researcher's motivation is thus found in the choice of ethical rules. The researcher then perceives the ethics of research through the social construction of reality around him in the academic community and outside this community.

## **7 CONCLUSION**

Considering the above, research ethics is a concept that is partially understood by most university actors, especially students. This explains why most of the respondents have a beginner's level of knowledge of research ethics. On the other hand, there is a significant difference between the level of training and the level of understanding of ethics. Also, the level of training significantly influences the level of knowledge of ethics. Therefore, as the level of education increases, more advanced and new knowledge is acquired. Furthermore, not all participants had the same motivation to participate in the workshop. Nevertheless, more than half were motivated to attend the workshop because they felt it would be useful for their future careers.

Science, with its diversity of explanatory truths about the world around us, places the academic actor at a crossroads between society's expectations of researchers and the latter's responsibility to make choices based on principles of integrity and morality.

The importance of an ethical approach in university research leads to certain questions: who carries out the act, what act is involved and what are the procedures? - Who should take responsibility for the research or its effects on society?

The answer to these questions raises some situations of lack of ethics in the university environment, the most recurrent of which is plagiarism. It appears that the practice of plagiarism in all its forms is on the rise. This is due less to dishonesty and more to an ignorance or limited level of awareness of research ethics. Therefore, more actions are required to sensitize researchers and to train students. These actions do not hinder the central role played by the University Pedagogy and Quality Assurance Centres in the promotion of good practices in teaching and research.

## **ACKNOWLEDGMENT**

We thank the rectoral team of the University of Parakou who encouraged the initiative of organizing a workshop to sensitize the university community on the importance of research ethics regardless of the researcher's disciplinary orientation. We also thank all the teachers, researchers and students who supported the initiative and actively participated in it.

## REFERENCES

- [1] K. Fort, G. Adda and K. Bretonnel Cohen, "Éthique et traitement automatique des langues et de la parole: entre truismes et tabous", *TAL et éthique*, vol.57, no. 2, pp. 7-19, 2016.
- [2] M. Toma, " Repères sémiologiques dans l'éthique de la recherche (semiologic landmarks in research ethics)", *Agathos*, vol.8, no. 2, pp. 119-130, 2017.
- [3] M. Khamassi, R. Chatila and A. Mille, "Éthique et sciences cognitives", *Intellectica*, vol. 1, no. 70, pp. 7-39, 2019.
- [4] Wright, M., *Réflexion sur les fraudes scientifiques en sciences biologiques et médicales ou quelques problèmes d'éthique que l'on peut rencontrer au hasard d'une manip ! Ecole doctorale Biologie-Santé-Biotechnologie. Toulouse. 2016.*
- [5] Friedman, A., *La perception: une approche en sociologie cognitive.Éditions de la Maison des sciences de l'homme. Paris. 2019.*
- [6] H. J. Klein, "An Integrated Control Theory Model of Work Motivation", *The Academy of Management Review*, vol. 14, no. 2, pp. 150-172, 1989.
- [7] ALLEA, *The European Code of Conduct for Research Integrity*, 2017. [Online] Available: <https://allea.org/portfolio-item/the-european-code-of-conduct-for-research-integrity/> (January 5, 2021).
- [8] K. St-Denis, "Comment enseigner l'éthique Professionnelle et l'éthique de la recherche ?", *Pratique partagée*, vol. 30, no. 3, pp. 9-13, 2017.
- [9] Bouchard, N., Gendron, C. and Gagnon, M. *Pour faire avancer l'école un programme d'éthique et vivre-ensemble*, Groupe de recherche sur l'éthique en éducation et en formation. GREF-UQAM. Québec, 2020.
- [10] Gilbert, A.-F., Crettaz de Roten, F. and Alvarez, E., *Promotion des femmes dans les formations supérieures techniques et scientifique, Rapport de recherche et recommandations. Observation EPFL Science Politique et Société, Lausanne. 2003.*
- [11] Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, *Egalité entre les femmes et les hommes: chiffre clés de la parité dans l'enseignement supérieur et la recherche, Rapport France. Paris. 2013.*
- [12] F. Flahault, "Instruction, éducation et transmission entre générations", *Revue du Mauss*, vol. 2, no. 28, pp. 295-304, 2006.
- [13] F. Docq, M. Lebrun and D. Smidts, "A la recherche des effets d'une plateforme d'enseignement/apprentissage en ligne sur les pratiques pédagogiques d'une université: première approche", *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, vol. 5, no. 2, pp. 45-57, 2008.
- [14] Tessier C., Dauchet M., Froidevaux C., Ganascia J.-G. and Kirchner C., *Proposition de formation doctorale – Initiation à l'éthique de la recherche scientifique*, 2016. [Online] Available: [http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/55/55709\\_Cahier\\_CERNA\\_FormationDoctorale 2018.pdf](http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/55/55709_Cahier_CERNA_FormationDoctorale 2018.pdf).
- [15] Tessier, C., Viallet, F., Mary, A., Bertrand, T., Baudouin, L. and al. 2017, *Formation Doctorale « éthique de la recherche et intégrité scientifique »*. Toulouse. 2017.

## Effet de la granulométrie de latérite sur la capacité épuratoire de réacteur garni de latérite et de sable

### [ Effect of particle size of laterite in efficiency of biosand laterite reactor ]

A. Lydie C. Mangoua-Allali<sup>1</sup>, Amidou Traore<sup>1</sup>, Ali E. Kouadio<sup>2</sup>, and Lacina Coulibaly<sup>1-3</sup>

<sup>1</sup>Unité de recherche en Biotechnologie et Ingénierie de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratoire National d'Essais-Qualité Métrologique et d'Analyses, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Département de Géologie et Matériaux, Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

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

**ABSTRACT:** The objective of this study was to know the effect of particle size of the laterite contained in reactors filled with laterite and sand on the removal of the physicochemical parameters of a well water. Three reactors filled from the bottom to the top with 10 cm of granitic gravel, 50 cm of sand, 10 cm of standing water and 30 cm of different particles sizes of laterite (granular, very coarse and medium) were used. The depths of the sand and the standing water were fixed according to a previous study. pH, conductivity, turbidity, suspended solids, ammonium, nitrate, lead and total iron were analyzed according to standard norms. The results showed that pH increased with decreasing particle size while conductivity decreased. With regard to suspended solids and turbidity, the removal was (98.9%) and of the same order in all the reactors. Removal efficiency of ammonium ranged from 97.67% to 98.1% in the reactors. The reactors also removed nitrate, total iron and lead. In addition, the concentrations of nitrate, total iron and lead decreased with increasing particle size. However, the reactor filled with medium laterite and sand was the most efficient.

**KEYWORDS:** Laterite, biosand, adsorption, filtration, physicochemical parameters, well.

**RESUME:** Cette étude avait pour objectif d'appréhender l'effet de la granulométrie de la latérite contenue dans des réacteurs garnis de latérite et de sable sur l'élimination des paramètres physico-chimiques d'une eau de puits. Pour se faire trois réacteurs remplis du bas vers le haut de 10 cm de gravier, 50 cm de sable, 10 cm de colonne d'eau surnageante et 30 cm de latérite de granulométrie différente (granule, très grossière et moyenne) ont été utilisés. Les hauteurs du sable et de la colonne d'eau surnageante ont été fixées suivant une étude antérieure. Le pH, la conductivité, la turbidité, les matières en suspension, l'ammonium, le nitrate, le plomb et le fer total ont été analysés selon les normes standard. Il ressort des résultats que le pH augmentait avec la diminution de la taille des grains contrairement à la conductivité qui diminuait. S'agissant des matières en suspension et de la turbidité, l'élimination était quasi-totale (98,9%) et de même ordre dans tous les réacteurs. Un rendement épuratoire assez élevé (98,1%; 97,67%; 97,24%) est noté pour l'ammonium respectivement dans les réacteurs garnis de latérite moyenne, très grossière et granule. Les réacteurs éliminaient également le nitrate, le fer total et le plomb. Par ailleurs, les concentrations en nitrate, fer total et plomb diminuaient parallèlement avec la granulométrie. Toutefois, le réacteur garni de latérite moyenne et de sable était le plus performant.

**MOTS-CLEFS:** Latérite, adsorption, sable, granulométrie, filtration, puits, paramètres physico-chimiques.

## 1 INTRODUCTION

L'eau potable est essentielle pour la santé des êtres humains [1]. Les principales sources d'eau de consommation sont les eaux souterraines, de surface et de pluie. Les eaux souterraines présentent des avantages indéniables: leur eau, épurée par le sol, est généralement de bonne qualité et moins vulnérable aux pollutions. Cependant, depuis quelques années, les eaux souterraines à l'instar des eaux de surface et de pluie sont exposées de plus en plus à tous les types de pollutions [2]. Cette situation est observée particulièrement dans les pays en développement (PED) à cause des activités anthropiques [3]. Par exemple, en Côte d'Ivoire, [4] ont révélé que les eaux de puits du village de M'badon servant à la boisson, à la vaisselle et au bain étaient polluées par le lixiviat provenant de la décharge d'Akouédo. Comme solution, les gouvernements des PED ont investi dans l'installation d'usines de traitements et de

systèmes publics d'adduction d'eau [1]. Cependant, le manque d'opérateurs compétents, de produits chimiques et des pièces de rechanges et les contraintes financières, ont entravé toute fonctionnalité et maintenance des usines. Par conséquent, certaines populations urbaines, rurales et défavorisées n'ont souvent accès qu'à une eau de qualité médiocre [5]. Ainsi, l'ingestion de telles eaux présente des risques pour leur santé [6]. Il incombe donc de développer des techniques de traitement efficaces et économiquement accessibles. Aussi, les méthodes de traitement des eaux de consommation au point d'utilisation sont une alternative. En effet, ces méthodes dites décentralisées sont réalisables à faible coût avec des matériaux locaux. Elles réduisent la quasi-totalité de la contamination fécale, physico-chimique de l'eau, ne requièrent pas de produits chimiques, ni d'électricité et peu d'entretien ([7], [8]). Les principaux systèmes décentralisés sont: les filtres membranaires dénommés Portable Aqua Unit for Lifesaving (PAUL), l'adsorption sur latérite, les filtres à sable à alimentation intermittente et les réacteurs garnis de sable et de clous de fer. S'agissant des filtres PAUL, ils éliminent 99,9% des coliformes et des virus mais sont inefficaces contre l'arsenic, le fluor et le nitrate. Pour l'adsorption sur latérite, les travaux de [9] et [10] ont montré que 95 à 98 % d'arsenic étaient éliminés par la latérite. Pour ce qui est du plomb, les pourcentages de réduction (96%) sont obtenus par [11] et [10]. Dans le cas des filtres à sable à alimentation intermittente, on a les filtres à fer métallique, filtres kls et filtres Biosand. Il ressort que les filtres à fer métallique éliminent certes bon nombre de polluants (halogènes, bactéries, métaux lourds, virus, etc.) mais ont une courte durée de vie [12]. Quant aux filtres kls, ils réduisent plus les microorganismes (90 à 99%) et la turbidité que les composés inorganiques [13]. Concernant les filtres Biosand, ils n'éliminent que les microorganismes, les matières en suspension, la matière organique et les composés azotés ([14], [15], [16]). Au niveau des réacteurs garnis de clous de fer et de sable, on constate leur émergence en Inde et au Bangladesh dans le but d'éliminer l'arsenic et les polluants organiques. En effet, les clous de fer adsorbent l'arsenic (85 à 95 %) contenus dans l'eau brute et le sable élimine les autres polluants. L'inconvénient majeur est que les clous de fer doivent être remplacés après 2 ans [17]. Pour pallier cela, de nouveaux supports comme les latérites pourraient être utilisés au lieu des clous de fer dans ces dits réacteurs. En effet, les sesquioxides de fer et /ou d'alumine contenus dans les latérites leur confèrent une grande capacité de rétention des métaux lourds. Par ailleurs, les latérites sont des matériaux naturels et disponibles. Ainsi, les réacteurs garnis de sable et de latérite, bien dimensionnés auront l'avantage d'éliminer à la fois les polluants organiques et métalliques contenus dans les eaux de consommation. Le développement de tels procédés présente un intérêt du fait de l'ampleur de ces polluants dans le monde. En dépit de ces avantages peu d'étude sur les paramètres de dimensionnement (granulométrie et hauteur des massifs., débit d'alimentation etc.) ont été réalisées sur ces dits réacteurs en Côte d'Ivoire où les massifs précités sont localement disponibles. En effet, la frange littorale ivoirienne est constituée surtout de sable et la quasi-totalité du sous-sol est riche en gisements latéritiques. C'est dans ce contexte que la présente étude s'est donné pour objectif général de développer un réacteur garni de sable et de latérite pour traiter des eaux de puits. Spécifiquement, il s'agit d'étudier l'influence de la granulométrie de la latérite sur le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), la turbidité, les matières en suspension (MES), l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), le nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), le fer total (Fe) et le plomb (Pb<sup>2+</sup>).

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIEL

Le dispositif expérimental est constitué de 3 réacteurs en tuyauterie PVC de diamètre interne 16 cm, de diamètre externe 11 cm et de hauteur 172 cm (Figure 1). Chaque réacteur est garni, de bas en haut de 10 cm de gravier, 50 cm de sable blanc de lagune et 30 cm de latérite de granulométrie différente. En effet, le réacteur 1 est garni de latérite sous forme de granules (Figure 2B) dont les éléments fins sont mieux triés. Par ailleurs, les granules sont uniformément réparties, très bien classées, propres, bien graduées. Quant au réacteur 2, il contient la latérite de granulométrie très grossière (Figure 2C), très bien classée, propre, uniforme et bien graduée. Cette latérite est également caractérisée par des éléments fins assez bien triés. S'agissant du réacteur 3, la latérite est de granulométrie moyenne, uniforme (Figure 2D), très bien classée, mal graduée. Par ailleurs, les éléments grossiers de cette latérite sont mieux triés. La courbe granulométrique de chaque latérite est présentée sur la figure 2E. Et, le tableau 1 résume les indices granulométriques des dites latérites.

La hauteur et la granulométrie du sable ainsi que la colonne d'eau surnageante ont été choisies selon les travaux de [16]. Ainsi, le sable est de granulométrie grossière uniforme avec un coefficient d'uniformité de 0,41.

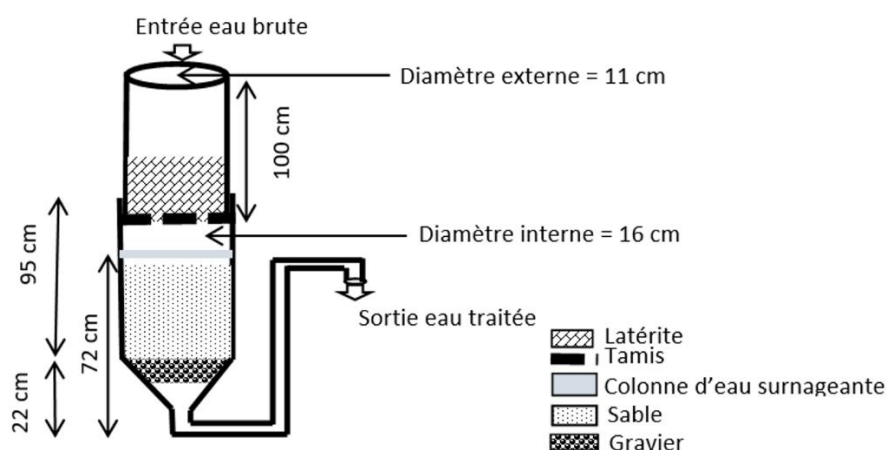


Fig. 1. Vue schématique d'un réacteur garni de latérite et de sable

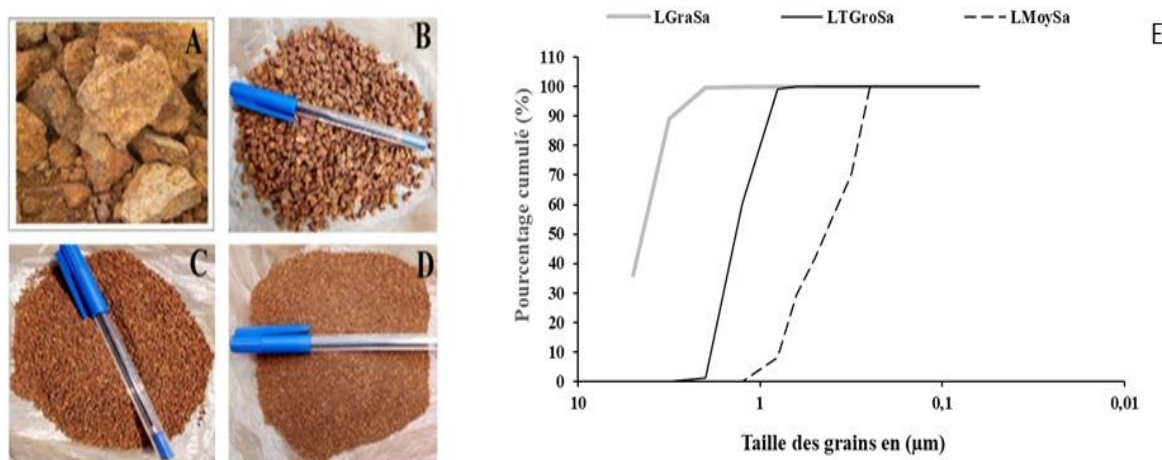


Fig. 2. Bloc de latérite (A), latérite sous forme de granule (B), latérite très grossière (C), latérite de granulométrie moyenne (D) et courbes granulométriques des latérites utilisées (E); LGraSa = réacteur garni de latérite sous forme de granule et de sable; LTGroSa = réacteur garni de latérite de granulométrie très grossière et de sable; LMoySa= réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

Tableau 1. Indices granulométriques des différentes latérites utilisées

Paramètres	LGraSa	LTGroSa	LMoySa
D5 (µm)	6000	2000	900
D16 (µm)	5000	1900	750
D50 (µm)	4500	1300	450
D84 (µm)	3200	1000	290
D95 (µm)	2500	800	270
Moyenne des grains (M) (µm)	4233	1400	497
Coefficient d'uniformité (CU)	0,73	0,63	0,48
Ecart-type	0,11	0,13	0,18
coefficient d'asymétrie	-1,65	-0,12	0,24
Coéfficient de courbure	1,14	0,95	1,25
Porosité (%)	69,98	46,07	33,29
Conductivité hydraulique (K) (m/s)	3,6 10 <sup>-1</sup>	3,6 10 <sup>-2</sup>	6,4 10 <sup>-3</sup>

## 2.2 MÉTHODES

Le fonctionnement des réacteurs a été suivi à travers le pourcentage de colmatage, le temps de séjour hydraulique (TSH), les analyses physico-chimiques et les rendements épuratoires. Les réacteurs sont alimentés avec de l'eau de puits.

### 2.2.1 POURCENTAGE DE COLMATAGE

Le colmatage est un ensemble de phénomènes qui conduisent à une diminution de la perméabilité du massif. Il est calculé par la relation (1).

$$\% C = \frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100 \quad (1)$$

Avec:

% C= Pourcentage de colmatage (%); V1: Volume cumulé des filtrats avant application de l'eau à traiter à l'instant t (mL); V2: Volume cumulé des filtrats après application de l'eau à traiter à l'instant t (mL).

### 2.2.2 TEMPS DE SÉJOUR HYDRAULIQUE (TSH)

Le temps de séjour hydraulique représente le temps moyen que met une goutte d'eau pour passer de l'entrée à la sortie du réacteur. Il a été déterminé par la relation (2).

$$TSH = \frac{V_v}{Q} = \frac{\epsilon * H * S}{Q} \quad (2)$$

Avec:

TSH= Temps de séjour hydraulique (h); Q = Débit d'infiltration de l'eau dans le réacteur (m<sup>3</sup>/h); V<sub>v</sub>= Volume du vide (m<sup>3</sup>);

ε= Porosité; H=Hauteur du massif filtrant (m); S=Surface du réacteur (m<sup>2</sup>).

### 2.2.3 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET CALCUL DES RENDEMENTS ÉPURATOIRES

Des échantillons d'eau prélevés à l'entrée et à la sortie des réacteurs toutes les deux semaines durant 43 jours ont été analysés les méthodes de [18] et [19]. Les analyses ont porté sur le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), la turbidité, les matières en suspension (MES), l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), le nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), le fer total (Fe) et le plomb (Pb<sup>2+</sup>). Les appareils, les normes et les méthodes utilisés sont résumés dans le tableau I. Par ailleurs, les rendements épuratoires (R) des réacteurs ont été calculés à partir de la relation (3).

$$\% R = \frac{C_0 - C}{C_0} * 100 \quad (3)$$

Avec:

% R: Performance épuratoire; C<sub>0</sub>: Concentration initiale (eau brute) (mg/L); C: Concentration dans le filtrat (mg/L)

### 2.2.4 DÉNOMINATION DES RÉACTEURS

Dans le reste du texte, les différents réacteurs seront désignés comme suit:

LGraSa = réacteur garni de latérite sous forme de granule et de sable;

LTGroSa = réacteur garni de latérite de granulométrie très grossière et de sable;

LMoySa= réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

## 3 RESULTATS

### 3.1 PH

La figure 3 présente la variation du pH de l'eau brute (EB) et des filtrats en fonction du temps. Le pH de l'eau brute présente un caractère acide et est inférieure à celui des filtrats. En effet, le pH de l'eau brute varie de 5,5 à 6,3 avec une valeur moyenne de 6,08±0,40. Concernant les pH des filtrats LGraSa, LTGroSa et LMoySa, ceux-ci varient respectivement de 6,5 à 7,4; 6,6 à 7,6; 6,7 à 7,8 avec des moyennes dans l'ordre des réacteurs de 7,13 ±0,40; 7,28 ±0,45 et 7,4 ±0,50. En comparant les filtrats, les pH sont basiques. La valeur maximale est enregistrée par le filtrat LMoySa, suivi du filtrat LTGroSa et enfin le filtrat LGraSa. Le test ANOVA à un facteur a révélé une différence (p<0,05). Cette différence n'est significative qu'entre le pH de l'eau brute et celui des différents filtrats (test t: p<0,05).

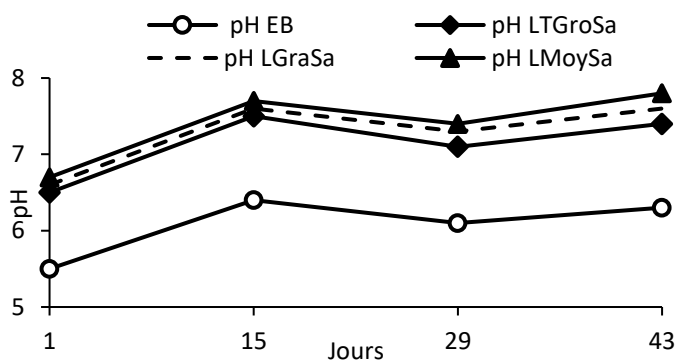


Fig. 3. Évolution du pH de l'eau brute de puits et des différents filtrats

*pH EB = potentiel hydrogène de l'eau brute, pH LGrSa = potentiel hydrogène du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, pH LTGroSa = potentiel hydrogène du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, pH LMoySa = potentiel hydrogène du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.*

### 3.2 CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE (CE)

Les profils de la conductivité électrique de l'eau brute (EB) et des filtrats des différents réacteurs sont illustrés sur la figure 4. Dans l'ensemble, l'eau brute présente une conductivité supérieure à celle des filtrats quel que soit la granulométrie de la latérite. En effet, les valeurs de la conductivité de l'eau brute oscillent entre 355 et 436  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de  $402,75 \pm 36,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Quant aux filtrats, leurs conductivités vont de 350 à 404  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une moyenne de  $393,25 \pm 32,28 \mu\text{S}/\text{cm}$  pour LGrSa; de 341 à 417  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une moyenne de  $387,25 \pm 32,77 \mu\text{S}/\text{cm}$  pour LTGroSa, et de 301 à 355  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une moyenne de  $334 \pm 24,51 \mu\text{S}/\text{cm}$  pour LMoySa. Une différence significative n'a été observé qu'entre la conductivité de l'eau brute et le filtrat LMoySa, ensuite, entre la conductivité du filtrat LTGroSa et celui du filtrat LMoySa (test t:  $p < 0,05$ ).

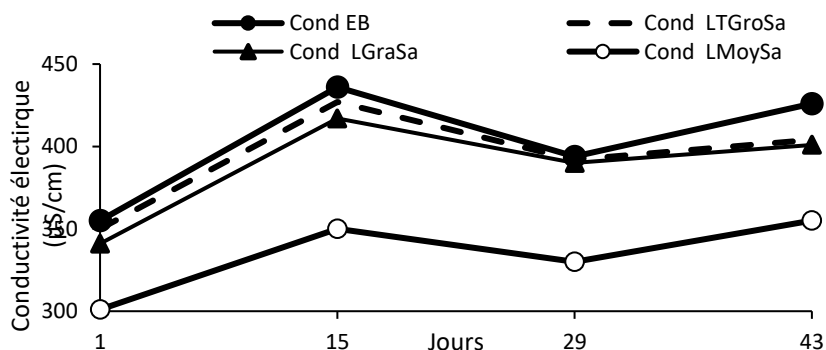


Fig. 4. Evolution de la conductivité de l'eau brute et des filtrats

*Cond EB = conductivité électrique de l'eau brute, Cond LGrSa = conductivité électrique du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, Cond LTGroSa = conductivité électrique du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, Cond LMoySa = conductivité électrique du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.*

### 3.3 TURBIDITÉ

La figure 5 fait état de l'évolution de la turbidité de l'eau brute et des filtrats des réacteurs. La turbidité des filtrats est inférieure à celle de l'eau brute dans tous les réacteurs. En effet, la turbidité de l'eau brute varie entre 1,8 et 2,45 NTU avec une valeur moyenne de  $2,18 \pm 0,29 \text{ NTU}$ . Pour ce qui est des filtrats, les turbidités sont sensiblement du même ordre de grandeur (0,01 NTU) quel que soit le réacteur. Par ailleurs, cette valeur reste constante tout au long de l'essai de traitement. Le rendement épuratoire en turbidité est de 99,5%. L'analyse statistique a révélé une différence significative qu'entre les valeurs de la turbidité de l'eau brute et celles des différents filtrats (test t:  $p < 0,05$ ).

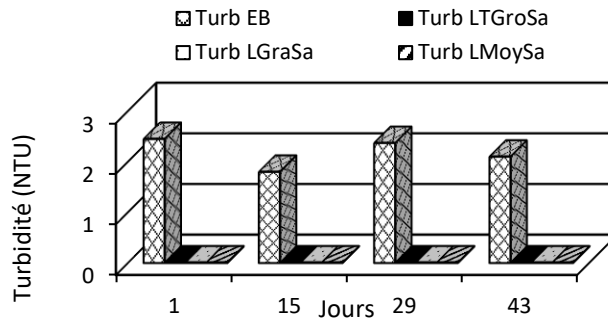


Fig. 5. Evolution de la turbidité de l'eau brute et des différents filtrats des réacteurs

Turb EB = turbidité de l'eau brute, Turb LGraSa = turbidité du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, Turb LTGroSa = turbidité du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, Turb LMoySa = turbidité du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

### 3.4 MES

L'évolution de la concentration en MES de l'eau brute de puits et des filtrats en fonction du temps est présentée par la figure 6. La concentration en MES de l'eau brute est comprise entre 0,29 et 0,54 mg/L, avec une valeur moyenne de 0,4 mg/L. Relativement aux filtrats, les concentrations en MES varient peu et sont du même ordre de grandeur (0,0041 ± 0,00087 mg/L) et sont significativement inférieures à celles de l'eau (test t: p<0,05). Le rendement épuratoire calculé pour chaque réacteur est de 98,9 %.

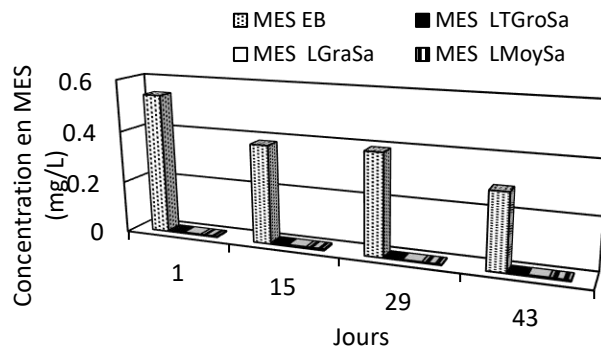


Fig. 6. Evolution de la concentration en MES de l'eau brute de puits et des différents filtrats des réacteurs

MES EB = matière en suspension de l'eau brute, MES LGraSa = matière en suspension du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, MES LTGroSa = matière en suspension du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, MES LMoySa = matière en suspension du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

### 3.5 AMMONIUM (NH4+)

Les profils d'évolution de NH4+ de l'eau brute et des filtrats des réacteurs sont illustrés par la figure 7. Globalement, les concentrations de NH4+ de l'eau brute sont supérieures à celles des filtrats. En effet, les concentrations de NH4+ de l'eau brute oscillent entre 12,7 et 16,3 mg/L; tandis que dans filtrats, les concentrations de NH4+ sont comprises entre 0,23 et 0,49 mg/L pour LGraSa, entre 0,19 et 0,5 mg/L pour LTGroSa, entre 0,1 et 0,33 mg/L pour LMoySa. Les concentrations moyennes de NH4+ sont 14,52 ± 1,23 mg/L; 0,38 ± 0,1 mg/L; 0,37 ± 0,1 mg/L et 0,25 ± 0,08 mg/L, respectivement pour l'eau brute et les filtrats LGraSa, LTGroSa et LMoySa. Une différence significative est constatée entre les concentrations de NH4+ de l'eau brute et celles des trois filtrats (test t: p<0,05). Au niveau des filtrats, les concentrations de NH4+ ne diffèrent pas d'un réacteur à l'autre (ANOVA: p > 0,05). Toutefois, l'abattement de NH4+ dans le réacteur garni de latérite moyenne et de sable est supérieur à celui enregistré dans les autres réacteurs (NH4+ LMoySa = 98,10 % > NH4+ LGraSa = 97,24 % > NH4+ LTGroSa = 97,23%).

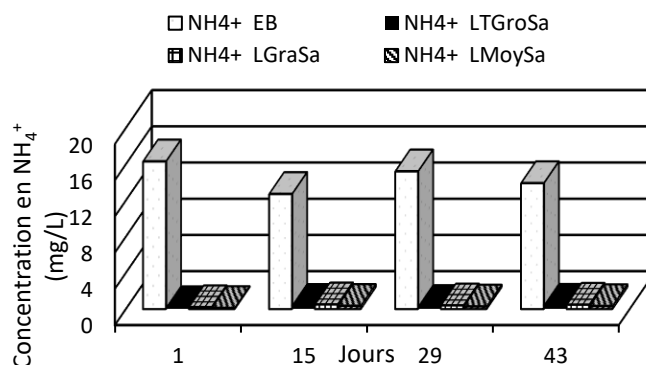


Fig. 7. Evolution de la concentration en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de l'eau brute de puits et des différents filtrats des réacteurs

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> EB = ammonium de l'eau brute, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> LGraSa = ammonium du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> LTGroSa = ammonium du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> LMoySa = ammonium du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

### 3.6 NITRATES (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les concentrations de l'eau brute varient dans le temps et sont supérieures à celles des différents filtrats (Figure 8). En effet, dans l'eau brute, les concentrations de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont comprises entre 72,12 et 96,25 mg/L; par contre au niveau des filtrats, les concentrations évoluent de 12,1 à 31,4 mg/L, de 13,5 à 28,6 mg/L et de 11,2 à 25,3 mg/L respectivement pour LGraSa, LTGroSa et LMoySa. Concernant les concentrations moyennes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, elles sont de 82,69 ±10,87 mg/L; 20,6 ±8,49 mg/L; 18,93 ±6,85 mg/L et 15,78 ±6,50 mg/L, respectivement pour l'eau brute et les filtrats LGraSa, LTGroSa et LMoySa. Le test t a révélé une différence significative (p<0,05) uniquement entre les concentrations de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de l'eau brute et celles des différents filtrats. S'agissant des filtrats, le réacteur LMoySa enregistre les valeurs minimales de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> par rapport aux autres réacteurs. Par ailleurs, le pourcentage de réduction de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> augmente lorsque la granulométrie diminue. En effet, l'ordre de classement est le suivant: R (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> LMoySa) = 81,36% > R (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> LTGroSa) = 76,83% > R (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> LGraSa) = 75,76%.

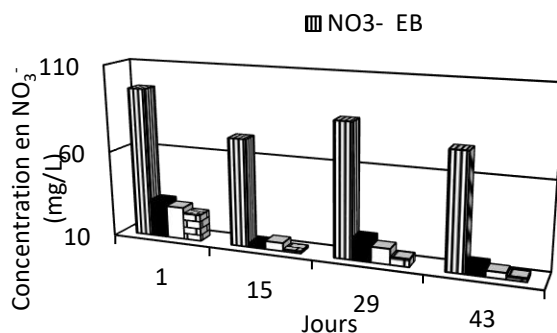


Fig. 8. Evolution de la concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de l'eau brute de puits et des différents filtrats des réacteurs

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> EB = nitrate de l'eau brute, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> LGraSa = nitrate du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> LTGroSa = nitrate du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> LMoySa = nitrate du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

### 3.7 PLOMB (Pb<sup>2+</sup>)

La figure 9 présente la variation de la concentration du plomb (Pb<sup>2+</sup>) de l'eau brute et des filtrats en fonction du temps. Dans l'ensemble, les concentrations de Pb<sup>2+</sup> dans les trois filtrats sont inférieures à celles enregistrées dans l'eau brute. En effet, ces concentrations fluctuent entre 0,057 et 0,076 mg/L pour l'eau brute; entre 0,007 et 0,01 mg/L pour le filtrat LGraSa, entre 0,006 et 0,01 mg/L pour le filtrat LTGroSa; entre 0,002 et 0,005 mg/L pour le filtrat LMoySa. Les valeurs moyennes se présentent dans l'ordre suivant: 0,064 ±0,008 mg/L; 0,009 ±0,002 mg/L; 0,008 ±0,001 et 0,004 ±0,002 mg/L respectivement pour l'eau brute et les filtrats de LGraSa, LTGroSa et LMoySa. La capacité épuratoire du réacteur LMoySa (R = 93,30% ±0,024) est supérieure à celui du réacteur LTGroSa (R = 87,51% ±0,02) à son tour supérieur à celui de LGraSa (R = 85,75% ±0,02). Les concentrations moyennes de Pb<sup>2+</sup> de l'eau brute et celles

des trois filtrats sont significativement différents (test t:  $p < 0,05$ ). En comparant les filtrats, les concentrations de  $Pb^{2+}$  diminuent parallèlement avec la granulométrie. Par ailleurs, une différence significative n'est observée qu'entre les concentrations de  $Pb^{2+}$  des filtrats (LGrSa, LTGrSa) et celle de LMoySa (test t:  $p < 0,05$ ).

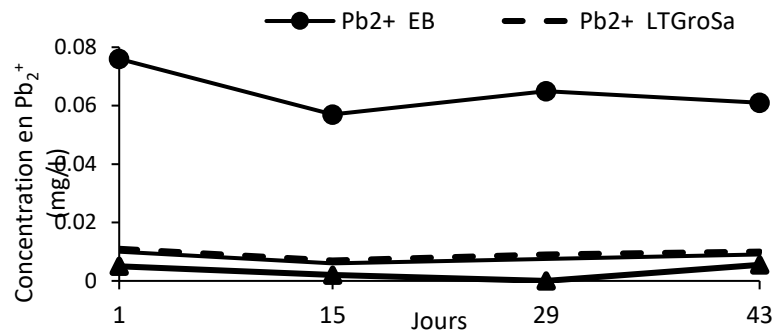


Fig. 9. Evolution de la concentration en  $Pb^{2+}$  de l'eau brute de puits et des différents filtrats des réacteurs

$Pb^{2+}$  EB = plomb de l'eau brute,  $Pb^{2+}$  LGrSa = plomb du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable,  $Pb^{2+}$  LTGrSa = plomb du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable,  $Pb^{2+}$  LMoySa = plomb du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

### 3.8 FER TOTAL (FE)

Pour ce qui est du fer total, globalement, les concentrations de fer dans les trois filtrats sont inférieures à celles enregistrées dans l'eau brute (Figure 10). Les concentrations minimale et maximale du fer sont respectivement 0,013 mg/L et 0,107 mg/L dans l'eau brute avec une moyenne de  $0,06 \pm 0,04$  mg/L. A la sortie des différents réacteurs, les concentrations du fer sont comprises entre 0,008 et 0,028 mg/L pour le filtrat LGrSa, entre 0,006 et 0,025 mg/L pour le filtrat LTGrSa et de 0,0009 à 0,001 mg/L pour le filtrat LMoySa. Les concentrations moyennes au niveau des filtrats LGrSa, LTGrSa et LMoySa sont respectivement:  $0,009 \pm 0,015$  mg/L;  $0,009 \pm 0,014$  mg/L et  $0,001 \pm 0,002$  mg/L. Le rendement épuratoire suit l'ordre suivant: R (Fe LMoySa= 96,33%) > R (Fe LTGrSa= 61,792%) > R (Fe LGrSa= 54,22%). Le test de Kruskal-Wallis a révélé une différence ( $p < 0,05$ ) entre les différentes valeurs de concentrations de Fe. Cette différence n'est significative qu'entre les concentrations obtenues dans l'eau brute et celle du filtrat du réacteur LMoySa, entre les concentrations des filtrats de LMoySa et LTGrSa (test U de Mann-Withney:  $p < 0,05$ ).

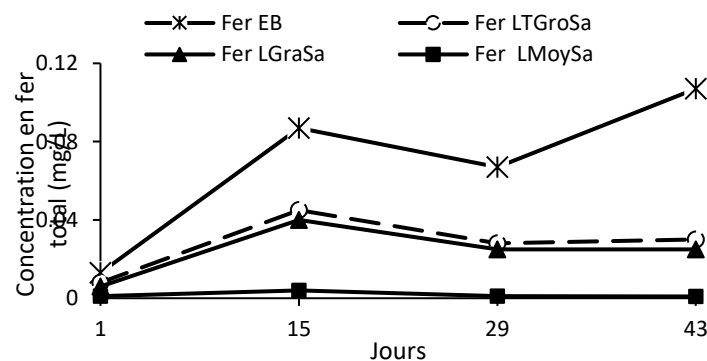


Fig. 10. Evolution de la concentration en Fer total de l'eau brute de puits et des différents filtrats des réacteurs

Fe EB = fer total de l'eau brute, Fe LGrSa = fer total du filtrat du réacteur garni de latérite granule et de sable, Fe LTGrSa = fer total du filtrat du réacteur garni de latérite très grossière et de sable, Fe LMoySa = fer total du filtrat du réacteur garni de latérite de granulométrie moyenne et de sable.

## 4 DISCUSSION

La présente étude a mis en regard le fonctionnement de trois réacteurs garnis de sable grossier uniforme et de latérite de granulométrie différente. En effet, les latérites utilisées étaient de trois granulométries: granule, très grossière et moyenne. Cette étude a montré une incidence plus ou moins significative de ces granulométries sur la performance épuratoire des réacteurs.

S'agissant du pH, celui de l'eau brute est inférieur à celui des trois filtrats. Cette augmentation de pH serait attribuable à l'adsorption des ions H<sup>+</sup>, au caractère basique de la latérite et à la dissolution du carbonate de calcium qui serait présent dans le granulats (sable). En effet, les ions H<sup>+</sup> peuvent être adsorbés par les oxydes de la latérite et le sable ([20], [21]). Cette adsorption augmente ainsi l'alcalinité du milieu. Concernant le caractère basique de la latérite, ([22], [23]) ont rapporté que la précipitation des hydroxydes ou des oxydes présents dans la latérite favorisent l'augmentation du pH des filtrats. Quant à la dissolution du carbonate de calcium au niveau de la couche de sable, elle permet la libération des bases HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Ces bases vont capter les ions H<sup>+</sup> et provoquent alors l'augmentation du pH des filtrats. En comparant le pH des filtrats, la valeur maximale est enregistrée pour LMoySa, (7,4 ±0,50) suivi de LTGroSa (7,28 ±0,45) et enfin LGraSa (7,13 ±0,40). Cette différence pourrait provenir de l'augmentation de l'aération au niveau de la latérite [24]. En effet, plus la taille des grains est grande, plus la porosité augmente et l'aération devient importante. Ces conditions sont donc favorables à la nitrification et l'oxydation de la matière organique. Ce qui provoque une diminution des pH. C'est ce que l'on observe pour le filtrat de LGraSa où la porosité (69,98%) est la plus élevée par rapport à celle de LTGroSa (46,07%) et LMoySa (33,29%). Les résultats de pH des filtrats de la présente étude sont supérieurs à ceux de [16] qui a utilisé que le sable, mais inférieurs à ceux de [10] dont la latérite ne constituait que le seul massif. Les valeurs de pH des filtrats sont dans l'intervalle de l'OMS (6,5 à 8,5) [25].

Les résultats obtenus montrent que la conductivité électrique de l'eau brute est supérieure à celle des filtrats des différents réacteurs. La diminution de la conductivité électrique des filtrats s'expliquerait par une rétention des sels minéraux dans les massifs (latérite et sable). En effet, ces sels peuvent être retenus par diverses réactions physico-chimiques et biochimiques (absorption, échanges ioniques, complexation, oxydation, neutralisation) qui se déroulent dans la latérite et le sable ([26], [27]). En considérant les filtrats, on note que la conductivité augmente dans le réacteur LGraSa (393, 25 ±22 µS/cm) par opposition aux réacteurs LTGroSa (387, 25 ±23 µS/cm) et LMoySa (334 ±18 µS/cm). Cette observation résulterait de la forte porosité du réacteur LGraSa qui permet une grande aération qui servira aux microorganismes pour dégrader les nutriments et la matière organique; ce qui entraîne plus de production de sels minéraux dans ce milieu [28]. Ces résultats sont contraires à ceux de [26] dont les études ont porté sur la latérite. En effet, ces auteurs avaient remarqué une augmentation de la conductivité électrique avec l'augmentation de température. Les valeurs de conductivité des filtrats (350 à 417 µS/cm) correspondent à celles des eaux moyennement minéralisées (250 à 500 µS/cm) [29]. La conductivité des filtrats n'excède pas la valeur limite définie par l'OMS qui est 1200 µS/cm [30].

Concernant les concentrations en MES, celles-ci dans l'eau brute étaient significativement supérieures à celles des filtrats. Ce résultat serait attribué à la filtration physique qui aurait permis la rétention des matières grossières en surface et les matières fines par blocage entre les pores des massifs, par adhésion sur les grains de sable et de latérite, par sédimentation, par interaction de type Van Der Waal et électrostatique [27]. La diminution des MES entraîne automatiquement celle la turbidité car cette dernière est une mesure globale qui prend en compte toutes les matières, soit colloïdales, soit insolubles, d'origine minérale ou organique [31]. On a observé également que le rendement d'élimination en MES dans les différents réacteurs était très élevée et relativement du même ordre de grandeur (98,9%). Ce qui fait qu'il n'y avait pas de différence significative entre ces réacteurs. Cette situation était vraisemblablement due au fait qu'après la latérite, les MES peuvent être retenues dans la colonne d'eau surnageante et enfin le sable [16]. L'élimination en MES au niveau de cette colonne de sable était principalement assurée par des mécanismes physiques et dépendait donc des caractéristiques du sable utilisé [32]. Or, pour les réacteurs développés, ils avaient été équipés du même type de sable; d'où la similarité de performance et le manque de différence entre les filtrats.

Pour le NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, la concentration dans les filtrats des différents réacteurs est inférieure à celle de l'eau brute. Cette diminution s'expliquerait par l'oxydation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> par les bactéries nitrifiantes dans les réacteurs [33]. Le rendement épuratoire du réacteur LMoySa (98,1%) supérieur à celui de LTGroSa (97,67%) et LGraSa (97,24%) s'expliquerait par le long temps de séjour de l'eau de puits dans ce réacteur; ce qui est favorable à la croissance et à l'activité des bactéries nitrifiantes. Des résultats similaires ont été observés par [16] qui a obtenu 64,8 à 89,1% d'élimination par filtration sur sable à alimentation intermittente. Quelle que soit la granulométrie de la latérite, les concentrations de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, dans les différents filtrats sont inférieures aux normes prescrites par l'OMS (0,5 mg/L).

Relativement au NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, il y a une diminution apparente de leur concentration après passage dans les trois réacteurs. Cette diminution résulterait de la dénitrification. En effet, les bactéries hétérotrophes transforment le nitrate en oxyde nitreux et en azote gazeux [34]. S'agissant des filtrats entre eux, l'ordre de classement des rendements est: NO<sub>3</sub>- LMoySa = 81,36% > NO<sub>3</sub>- LTGroSa = 76,83% > NO<sub>3</sub>- LGraSa = 75,76%. Ce résultat pourrait être dû au long temps de séjour de l'eau de puits dans le réacteur garni de latérite moyenne [31]. Cette situation favorise la croissance et l'activité des bactéries dénitrifiantes. Les rendements épuratoires obtenus sont inférieurs à ceux observés (93%) par [35]. Les valeurs obtenues après traitement de l'eau brute sont en dessous des normes de l'OMS (50 mg/L).

Pour ce qui est du plomb, la concentration dans l'eau brute est supérieure à celle des trois filtrats. Ce résultat serait imputable aux sesquioxides de la latérite qui possèdent des groupements OH capables de s'ioniser en milieu aqueux. Cette réaction produit des composés stables qui sont piégés dans la latérite. En effet, la latérite qui est fortement microporeux ([36], [37]) se laisse traverser par l'eau qui va dissocier les hydroxydes de fer en solution sous forme Fe<sup>2+</sup> et Fe<sup>3+</sup>. Ces ions vont former avec le plomb des complexes [11]. La diminution des concentrations du plomb dans les filtrats s'expliquerait également par le pH ([38], [39], [40]). En effet, à pH supérieur à 6, la surface de la latérite est négative, ainsi les cations Pb<sup>2+</sup> vont s'adsorber sur les sites de cette surface. S'agissant des pourcentages d'élimination du plomb, ils sont élevés quelle que soit la granulométrie de la latérite (LMoySa = 93,30%, LTGroSa = 87,51%, LGraSa =

85,75%). Cette forte rétention pourrait s'expliquer par l'importante surface spécifique de latérites utilisées [35]. Cependant, le réacteur LMoySa enregistre un fort rendement probablement à cause de la microporosité que la latérite présente contrairement aux deux autres latérites ([41], [31]). En effet, cette zone a une forte énergie d'interaction; ce qui favorise l'adsorption d'importantes quantités de plomb. Les rendements d'élimination de plomb dans la présente étude sont inférieurs à ceux obtenus par [10] (96,1 et 97,9%) et [11] (96%). Cette différence serait due à la hauteur de latérite (40 cm) utilisées par ces auteurs pré-cités. En effet, plus la hauteur est élevée, plus le temps de contact est long, plus le rendement est bon. Les concentrations de plomb des différents filtrats sont largement inférieures à la norme OMS (0,01 mg/L).

En ce qui concerne le fer total, une baisse de la concentration est observée dans les différents filtrats. Cette baisse de concentration dans les filtrats serait certainement due à une adsorption du fer par le sable et la latérite ([42], [35]). L'augmentation de rendement de Fer total avec la diminution de la granulométrie (LGraSa=54,2%, LTGroSa=61,8% et LMoySa=96%) pourrait s'expliquer par le pH. Il faut noter qu'à des pH compris entre 6 - 8,5; le fer existe sous forme de  $Fe^{2+}$  dans l'eau [43]. Selon [44], l'oxydation de  $Fe^{2+}$  peut être minimisée en abaissant le pH. Le résultat de LMoySa est en accord avec celui (90%) obtenu par [45]. Les valeurs obtenues après traitement de l'eau brute sont en dessous des normes de l'OMS sur la teneur en Fe de l'eau de consommation (0,3 mg/L).

## 5 CONCLUSION

Le présent travail a permis de développer des réacteurs garnis de sable et latérite pour éliminer les polluants organiques et métalliques d'une eau de puits. L'alimentation des réacteurs a été intermittente. L'essai de traitement a consisté à évaluer l'influence de la granulométrie de la latérite sur la capacité épuratoire des réacteurs. Relativement au sable et à la colonne d'eau surnageante, leurs hauteurs ont été fixées selon des études antérieures. Les paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, turbidité, MES,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , plomb et fer total) ont été analysés. Il ressort de cette présente étude la température et le pH augmentent quand la granulométrie de la latérite diminue. Par contre, la conductivité ainsi que les concentrations en  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , plomb et fer total diminuent lorsque la granulométrie diminue. Considérant les réductions de la turbidité et des MES, celles-ci étaient identiques quelle que soit la granulométrie. Ce résultat serait plutôt lié aux caractéristiques du sable utilisé. Au regard des résultats, il s'en suit que le réacteur garni de latérite moyenne et de sable est le plus performant. Toutefois, pour toutes les granulométries de latérite utilisées, les eaux traitées respectent les normes de potabilité de l'OMS.

## REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements au Directeur M. KOUADIO Ali Eugène, au Sous-Directeur M. YAO Laurent, ainsi que tous les techniciens du Laboratoire National d'Essais-Qualité Métrologique et d'Analyses (LANEMA) pour leur aide dans l'analyse des échantillons.

## REFERENCES

- [1] P.Disa-Disa, M Culot., J. Lobo, I. Kalala, C. Kawita, G. Ekoko and C. Mulaji, "Traitement des eaux de consommation par filtration lente sur sable à plusieurs étapes", *Revue des Sciences de l'Eau*, Vol. 27, no. 3, pp. 259-268. 2014.
- [2] Puttaswamaiah S., *Drinking Water Session of the IWMI-TATA 4th Annual Partners Meet*. Anand, Gujarat, India, 72 p. 2005.
- [3] H. G Mpakam., K. B. V Kamgang., K. G. R. Kouam, N. Bemmo and G. E. Ekodeck, "L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement (cas de Bafoussam au Cameroun)", *Revue en Sciences de l'Environnement*, Vol.7, no. 2, pp. 2377-2387. 2006.
- [4] A. L. C. Mangoua-Allali, A. Koua-Koffi, S. K. Akpo and L. Coulibaly, "Evaluation of Water and Sanitation Situation of Rural Area near Landfill, Abidjan", *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, Vol. 5, no. 3, pp. 3033-3041. 2015.
- [5] UNESCO, *Eau, Assainissement et Développement Durable: les enjeux dans les villes des pays en développement*. Veolia Water, 160 p. 2004.
- [6] P. R. Hunter, D. Zmirou-Navier and P. Hartemann, "Estimating the impact on health of poor reliability of drinking water interventions in developing countries", *Sciences Total Environnemental*, Vol. 407, pp. 2621-2624. 2009.
- [7] USEPA, *Point-of-use or point-of-entry treatment options for small drinking water systems*. USEPA, 127 p. 2006.
- [8] WBCSD, *Treating water at its Point-Of-Use*. Bulletin of WBCSD, Geneva, Switzerland, 1-6. 2009.
- [9] P. D. Nemade, A. M. Kadam and H. S. Shankar, "Adsorption of arsenic from aqueous solution on naturally available red soil", *Journal of Environmental Biology*, Vol.30, no 4, pp. 499- 504. 2009.
- [10] S. Ouattara, A. L. C. Mangoua-Allali, A. B. Ama-Cauphys, L. Coulibaly, "Arsenic, nickel and lead removal from underground wells by adsorption on laterite soil", *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, Vol. 5, no. 2, pp. 229-238. 2018.
- [11] B. Sorgho, S. Paré, B. Guel, L. Zerbo, K. Traoré and I. Persson, "Etude d'une argile locale du Burkina Faso à des fins de décontamination en  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  et  $Cr^{3+}$ ", *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, Vol. 31, pp. 49-59. 2011.
- [12] C. Noubactep, J. B. Tchatchueng and P. Wofo, "Traitement décentralisé de l'eau sur filtres à fer métallique: le sentier africain". *Africa and Sciences*, pp. 56-73. 2016.

- [13] F. Urfer, S. Perusse, S. Holding, Aepli P. and E. Ag, *Traitement décentralisé de l'eau potable*, kls®fiter, 8 p. 2012.
- [14] CAWST, *Biosand filter manual: design, construction, installation, operation and maintenance*. CAWST. Calagary, Alberta, Canada. 129 p. 2010.
- [15] M. A. Elliot, F.A. Digiano and M. D Sobsey, "Virus attenuation by microbial mechanisms during the idle time of household slow sand filter", *Water resources*, Vol. 45, pp. 4092-4102. 2011.
- [16] A. L. C. Mangoua-Allali, *Production d'eau potable en milieu rural par un filtre à sable immergé à alimentation intermittente: application aux villages de Blondey, Kougloboy et Thomasset*. Thèse de doctorat en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Cote d'Ivoire, 118 p. 2013.
- [17] J. Vincent, *Étude de la contamination par l'arsenic dans les eaux de forages: cas de la province du Seno, Burkina Faso*. Master en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2 iE, Ouagadougou, Burkina Faso, 65 p. 2012.
- [18] J. Rodier, *L'analyse de l'eau*, 8ième édition, Dunod, Paris, 1996.
- [19] AFNOR, *Recueil Normes et Réglementation Environnement. Qualité de l'eau*, 2005.
- [20] D. W. De Haas, M C. Wentzel and G. A. Ekama, "The use of simultaneous chemical precipitation in modified activated sludge systems exhibiting biological excess phosphate removal part 6: modeling of simultaneous chemical-biological P removal-review of existing models", *Water Sanitation*, Vol. 27, no. 2, pp. 135-150. 2001.
- [21] M. Embialle, A. Esayas, S. Adane and B. Abebe, "Removal of physicochemical and microbial impurities of water using modified homemade filter", *Ethiopian journal Health sciences*, Vol. 16, no. 2, pp. 112-121. 2006.
- [22] J. M. Godfrin and R. V. Bladel, "Influence du pH sur l'adsorption du cuivre et du zinc par les sols", *Sciences du sol*, Vol. 28, no. 1, pp. 15-26. 1990.
- [23] A. Tessier, P.G. Campbell and R. Carignan, "Influence du pH sur la spéciation et la biodisponibilité des métaux", *T.S.M.-L'EAU*, Vol. 2, pp. 69-73. 1990.
- [24] P. Molle, A. Liénard, C. Boutin, G. Merlin and A. Iwema, "How to treat raw sewage with constructed wetlands: an overview of the French systems", *Water Science and Technology*, Vol. 35, no. 6, pp. 11-21. 2005.
- [25] WHO, *Guidelines for Drinking-water Quality: incorporating the first and second addenda, Recommendations-3rd ed*, Geneva, 2008.
- [26] B. Wei, K. Lingwei and G. Aiguo, "Effects of physical properties on electrical conductivity of compacted lateritic soil", *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*", Vol. 5, pp. 406-411. 2013.
- [27] F. Razavi, A. Komrakova, C. F. Lange, "CFD-DEM Simulation of sand-retention mechanisms in slurry flow", *Energies*, Vol. 14, pp. 3797. 2021.
- [28] P. Molle, *Filtres plantés de roseaux: limites hydrauliques et rétention du phosphore*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier, France. 217 p. 2003.
- [29] J. Rodier, C. Bazin, J. P. Broutin, P. Chambon, H. Champsaur and L. Rodi, *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats*. Ed. Dunod, Paris, 2005.
- [30] OMS, *Directives de qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène et documentation*. 2nd édition. Genève, 2000.
- [31] Z. A. Naji, "The effect of sand filter characteristics on removal efficiency of organic matter from grey water", *Al-Qadisiya Journal For Engineering*, Vol. 4, no. 2, pp. 143-145. 2011.
- [32] J. S. Kim and A. Whittle, "Filtration in a porous granular medium: 1. Simulation of pore-scale particle Deposition and clogging. Transport Porous Media, Vol. 65, pp. 53-87. 2006.
- [33] J. M. Ouattara, L. Coulibaly, P. Manizan and G. Gourène, "Traitement des Eaux Résiduaires Urbaines par un Marais Artificiel à Drainage Vertical Planté Avec Panicum Maximum sous Climat Tropical", *European Journal of Scientific Research*, Vol. 23, no. 1. pp. 25-40. 2008.
- [34] S. Aslan and H. Cakici, "Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter", *Journal of Hazard Materials*, Vol. 148, pp. 253-258.
- [35] M. Madhukar, G. Chethan, K. T. Priyanka, R. S. Ashwin, N. S. Sowmya and Surya, "Performance Evaluation of Laterite Soil and Geo Textile Material for Media Based Stormwater Filtration System", *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, Vol. 4, pp. 164-169. 2012.
- [36] A. Lawane, A. Pantet, R. Vinai and J. H. Thomassin *Caractérisation des matériaux latéritiques pour une meilleure utilisation en Afrique*. 20eme Congrès Français de Mécanique, 2011.
- [37] L. S. Coulibaly, *Abattement des phosphates des eaux usées par adsorption sur des géo-matériaux constitués de Latérite, grès et schistes ardoisiers*. Thèse de Doctorat en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Lorraine, France, 236 p. 2014.
- [38] V. Lenoble, O. Bouras, V. Deluchat, B. Serpaud and J.-C. Bollinger, "Arsenic adsorption onto pillared clays and iron oxides", *Journal of Colloid Interface Sciences*, Vol. 255, pp. 52-58. 2002.
- [39] P. Bataillard, V. Guérin, J. Lions, B. Girondelot, A. Laboudigue, J. Van der Lee, C. Raepsaet and J. P. Gallien, "Mobilité des éléments-traces dans un anthroposol développé sur des sédiments de curage fortement contaminés", *Etude et Gestion des Sols*, Vol. 17, no. (3-4), pp. 239-254. 2010.
- [40] M. Ziati, S. Hazourli, S. Nouacer, F. Z. Khelaifia and N. N. Merzoug, " Adsorption de l'arsenic (III) sur un résidu naturel ligno-cellulosique valorisé en charbon actif exemple des noyaux de dattes", *Lebanese Science Journal*, Vol. 14, no. 1, pp. 73-85. 2013.
- [41] B. Sancey, *Développement de la bio-adsorption pour décontaminer des effluents des rejets industriels: Abattement chimique et gain environnemental*. Thèse de Doctorat en Sciences et Techniques, Université de Franche-Comté, France, 323 p. 2011.

- [42] D. Barloková and J. Ilavský, "Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials", *Journal of Environment Study*, Vol. 19, no. 6, pp. 1117-1122. 2010.
- [43] C. A. J. Appelo and D. Postma, "Iron in groundwater. In 'Geochemistry, groundwater and pollution'", Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands, 279 -284. 1994.
- [44] S. K. Sharma, M. R. Greetham and J. C. Schippers, "Adsorptive iron (II) onto filter media", *Journal of Water Supply*, Vol. 48, no. 3, pp. 84 - 91. 1999.
- [45] R. Buamah, Adsorptive Removal of Manganese, Arsenic and Iron from Groundwater. Doctorate thesis in water supply technology, Wageningen University, Netherlands, 198 p. 2009.

## Les enjeux du journalisme provincial en période de transformations politiques

### [ The challenges of provincial journalism in times of political transformation ]

*Daniel Nsimba Bwanga*

Département des Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Lubumbashi, Lubumbashi,  
Haut-Katanga, RD Congo

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

**ABSTRACT:** The content analysis of the audiovisual programs shows to what extent the journalism practiced at RTNC Haut-Katanga is stalling, because of its editorial line on the one hand, and the building effect on the other. Indeed, the objective pursued in this reflection is to demonstrate the limits of journalism which is practiced in the provinces in an audiovisual channel of the Congolese State. This journalism observes and promotes with commitment its editorial line which, moreover, constitutes one in the journalist's work. But in the case of the RTNC, this editorial line ultimately becomes a brake on the dissemination of quality information. Of course, observing an editorial line is a journalist's duty. The editorial line orients and specifies the work of a press house. However, promoting a brand image of a company, even of the state, always boils down to activism to the point where it becomes difficult to see the loopholes. The consequence is that this way of working stifles criticism. Moreover, trying to spare the boss who is the State at all costs (building effect) this stifles the work of the journalist with the risk of losing all credibility with his audience. This article has the merit of demonstrating how the editorial line, although of value in the treatment of information, ultimately constitutes an obstacle to the dissemination of information that is expected by the public. In order to avoid this inconvenience, the journalist obliges himself to respect the facts as well as his independence. He must ensure that he performs his work in accordance with the rules of the art.

**KEYWORDS:** Editorial line, Information, Public service, Journalism, Freedom of the press.

**RESUME:** L'analyse de contenu des programmes audiovisuels montre à quel point le journalisme qui se pratique à la RTNC Haut-Katanga marque le pas, à cause de sa ligne éditoriale d'une part, et de l'effet building d'autre part. En effet, L'objectif poursuivi dans cette réflexion est de démontrer les limites du journalisme qui se pratique en province dans une chaîne audiovisuelle de l'Etat Congolais. Ce journalisme observe et fait valoir avec engagement sa ligne éditoriale qui du reste constituerait une dans le travail du journaliste. Mais le cas de la Rtn, cette ligne éditoriale devient finalement un frein à la diffusion de l'information de qualité. Certes, l'observation d'une ligne éditoriale est un devoir du journaliste. La ligne éditoriale oriente et spécifie le travail d'une maison de presse. Cependant, la promotion d'une image de marque d'une entreprise fut-elle de l'Etat, ramène toujours à un militantisme au point qu'il devient difficile de voir les failles. La conséquence est que cette façon de travailler, étouffe la critique. Par ailleurs, chercher à ménager à tout prix le patron qui est l'Etat (effet building) ceci étiole le travail du journaliste avec le risque de perdre toute crédibilité auprès de son public. Cet article a le mérite de démontrer comment la ligne éditoriale quoi que une valeur dans le traitement des informations, constitue finalement un frein à la diffusion d'une information qui est attendue par le public. Afin d'éviter ce désagrément, le journaliste s'oblige au respect des faits ainsi qu'à son indépendance. Il devra veiller à exercer son travail dans le respect de règles de l'art.

**MOTS-CLEFS:** Ligne éditoriale, Information, Service public, Journalisme, Liberté de presse.

## 1 INTRODUCTION

La république démocratique du Congo est un pays en perpétuels soubresauts politiques depuis son indépendance en 1960. Le métier de journalisme n'a pas échappé à ces turbulences. Il a dû subir les contrecoups des aléas politiques et sociologiques qui, au final ont façonné le type de journalisme qui se pratique aujourd'hui dans notre pays.

L'année 1980 est venue ajouter à la complexité du métier un grand bouleversement technologique: l'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Pierre Levy n'en pense pas autrement: « Après l'ère industrielle du 20<sup>ème</sup> Siècle, l'humanité est entrée de plein pied dans l'ère du savoir, un savoir collectif propre à la société de l'information dont les origines remontent aux années 1980. C'est l'époque de l'explosion de l'information – elle –même multidimensionnelle, multisectorielle, quantitativement importante. Comme dans tous les univers, l'information a fortement influé sur la vie sociopolitique. Il faudra considérer que l'item *information* au menu du *Dictionnaire des médias* de Francis Balle, l'information constitue tout renseignement ou l'ensemble de renseignements concernant quelqu'un ou quelque chose et susceptible d'être portée à la connaissance d'une personne ou de plusieurs personnes rassemblées ou dispersées et sans relation les unes des autres » (Balle F., 2006: 213).

Et par l'émergence de technologies de l'information et de la communication, « les sociétés ont connu de grandes mutations à la fois rapides, transversales, profondes et universelles » (Levy P., 1994: 14). Cela a permis au public congolais de s'informer sans passer nécessairement par des voies officielles. Ce qui permet une lecture comparative des informations, surtout en période de changement politique. Avec l'avènement des technologies de l'information et de la communication, on se poserait alors la question de savoir quels seraient les enjeux d'un journalisme en province surtout en période de mutation politique ?

Paradoxalement, à ce jour, et plus que jamais, les médias officiels orientent leurs lignes éditoriales vers leurs propres intérêts au détriment d'un métier plus libre et indépendant. En poussant la réflexion plus loin, nous pouvons nous poser la question suivante: comment rendre plus crédible la ligne éditoriale d'une entreprise officielle de presse audio-visuelle telle que la RTNC /Haut-Katanga.

Par rapport à la reproduction aveugle des informations en provenance de Kinshasa, s'il faut prendre en compte la dépendance financière et statutaire de la chaîne locale, il serait convenable de réformer le secteur audio-visuel en RDC, en commençant par les médias d'Etat. Cela pourrait être un vecteur de changement qui conditionnerait les médias audiovisuels privés à jouer également un rôle positif dans tous les secteurs de la vie de la population. Cette réforme pourrait avoir comme but de transformer la RTNC en un véritable service public, ce qui pourrait produire des effets d'entraînement positif sur tout le paysage audiovisuel congolais. Les instruments tels que la ligne éditoriale, son choix, son application sur les informations ne devrait pas priver le public d'une information crédible et de qualité à l'ère d'internet. Car le citoyen est désormais armé pour se renseigner autrement sur des réseaux d'information plus crédibles. La transformation de la RTNC en service public (comme maison de presse, la RTNC est considérée comme un service public mais en réalité c'est une chaîne aux mains de l'Etat.) devient une nécessité dès lors qu'il s'agit d'introduire de la plus-value au service rendu au public, laquelle se caractérise par le respect de la ligne éditoriale et l'information du public sans altérer le message.

L'objectif de cette réflexion est de tenter de montrer que l'introduction des nouvelles technologies de l'information a affecté d'une manière certaine le fonctionnement du journalisme en province, surtout lors des échéances majeures telles que les élections, la gestion de conflits armés, mais surtout lors de l'avènement de la démocratie. Cette réflexion s'articule en cinq points essentiels: de la résurgence de la liberté de parole comme un enjeu majeur, la ligne éditoriale comme balise; la place de l'information locale; les turbulences journalistiques et les contraintes.

## 2 DE LA RÉSURGENCE DE LA LIBERTÉ DE PAROLE: UN ENJEU MAJEUR

La rupture politique en République démocratique du Congo vers les années 1990, a permis deux faits essentiels: l'avènement du multipartisme et la libéralisation de la presse. Sous le régime dictatorial du Maréchal Mobutu, la presse était muselée par le pouvoir. Il sied de retenir qu'au lendemain du discours historique du 24 avril 1990, discours qui consacrait le multipartisme, l'on a observé l'avènement des maisons de presse à travers le pays. Et les médias se sont imposés comme phénomène social dans leurs interactions avec la société.

Pour Lino Pungi: « les médias sont devenus de nos jours un fait social: leur influence grandissante marque et modèle la culture, et qui dit culture, dit pensée, vision du monde et de l'homme dans son comportement individuel et collectif dans son agir imaginaire et symbolique. Ils sont ainsi devenus un *modus operandi* de la vie sociale. Ceci nous amène à dire que les hommes d'aujourd'hui savent, pensent et disent que la vie est conditionnée par les médias et que l'expérience humaine est devenue une expérience médiatique » (Pungi L.,: 5).

Les médias sont dès lors considérés comme un couteau à double tranchant qui peut servir et desservir à la fois. Ils constituent à même temps, « un facteur de risque »<sup>1</sup> pour le pouvoir en place et une « richesse dans une société démocratique. »<sup>2</sup> Les informations qu'ils distillent rentrent dans un processus communication qui a tendance à dérapier du fait de l'absence d'un cadre institutionnel rigoureux qui préside à son émergence. Le monde sociopolitique congolais n'était pas préparé à entrer de plaines pieds dans une ère de la parole libérée. Ainsi, l'avènement de la liberté d'expression dans un environnement non préparé, conjuguée avec l'avènement de la démocratie, a comme libéré la cage aux loups qui se sont mis en divagation communicationnelle.

L'argument de Philippe Breton est sans aucun doute justifié: « La place prise par les médias, l'importance de la publicité comme phénomène de société, l'irruption de nouvelles technologies de communication sont aujourd'hui l'occasion de débats parfois très tranchés » (Breton Ph., 2012: 13) et pas toujours orthodoxes dans l'espace public congolais. La soif du pouvoir et le sensationnalisme à tout crin ou le recours aux invectives à tout rompre ont transformé le métier du journalisme surtout en province. Car c'est de la ligne éditoriale imposée à partir de la capitale Kinshasa que les stations de télévision provinciales tirent leurs substances informationnelles. Ce qui est préoccupant sur le plan de la pratique professionnelle

En nous proposant de mener une réflexion sur les enjeux du journalisme en période de transformations politiques, tant du point de vue notionnel que du point de vue organisationnel, nous avons à cœur le souci de décortiquer la Radiotélévision Nationale Congolaise, installée dans la province du Haut-Katanga. Il s'agit en substance d'examiner entre autres les problèmes que pose sa ligne éditoriale pendant la période de 2016 – 2017, période qui correspond aux turbulences politiques issues de la tentative du président Joseph Kabila de s'octroyer, de manière inconstitutionnelle, le troisième mandat. Notre analyse tient à démontrer qu'il n'est pas d'information crédible tant que les médias dits officiels ne deviennent pas publics. Car cela pose le problème de la diversité d'opinions pour le bien du public et de l'épanouissement même de médias.

Si l'on se réfère au fait que l'information répond à un besoin humain fondamental, le journaliste a la lourde obligation d'apporter une information véridique au public. Mieux, le journaliste provincial, proche du terroir se doit d'être crédible en proposant des informations dignes de confiance. Cela consoliderait la démocratie comme le souligne judicieusement Yves Agnès: « Il n'est pas d'exercice de la démocratie sans une information honnête, rigoureuse, fiable, pluraliste et responsable. Le droit du public à une information de qualité fonde la légitimité du travail du journaliste. Une information de qualité détermine la confiance du public et qualifie la valeur des médias qui les éditent » (AGNES Y., 2008: 435).

Le journaliste s'oblige ainsi à apporter à son public l'information dont il a besoin pour vivre en homme libre et autonome. Pour assurer cette tâche, sa première obligation est le respect de la vérité. Toujours dans l'intérêt du public, il se doit déontologiquement, de vérifier l'information avant toute diffusion et cela en toute honnêteté. Le professionnel de médias qui a compris le bien fondé du métier, c'est-à-dire, livrer la bonne information, vraie, impartiale, équilibrée et indépendante, ne cherchera pas à contourner la réalité des faits et en inventer une autre à diffuser au public.

### **3 DE LA LIGNE ÉDITORIALE: DES BALISES ESSENTIELLES**

Dans la société en général, l'actualité est nourrie par plusieurs faits issus des domaines variés. Dans une société en transformation, les tendances divergent davantage entre les conservateurs et les modernistes ce qui décuple les sources d'informations. Afin d'éviter la diversion des uns et des autres, il s'avère important de délimiter le champ d'action, sinon de faire le choix et d'en préciser à l'avance les critères. D'où l'importance du choix d'une ligne éditoriale claire. Celle-ci a pour fonction de baliser la vision du média et de hiérarchiser la place des sujets dans les journaux d'informations. Elle définit les choix de traitement. Du coup, elle constitue des limites à ne pas franchir, une fois le principe établi. C'est cela qui constitue le frein lorsqu'on prend en considération le journal provincial, dans le Haut-Katanga, comme dans le reste de la république, d'ailleurs. Il est soumis à une seule ligne éditoriale nationale, (l'accompagnement médiatique), des institutions comme si l'ensemble du pays n'avait qu'une et une seule réalité uniforme. Cette façon de procéder renvoie, malgré la démocratie, à une manière déguisée de prolonger les relents dictatoriaux du régime mobutiste et kabiliste; une mainmise absolue sur le pouvoir audiovisuel.

C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir de l'indépendance au niveau rédactionnel. La rédaction se poserait alors des questions, en toute autonomie, sur le choix judicieux des informations: privilégier le reportage ou les déclarations, les invités en direct ou le

---

<sup>1</sup> Facteur de risque en ce sens que s'il est bien utilisé en donnant de la bonne information, fiable aux yeux des citoyens, cela contribue à crédibiliser à la fois maison presse voir même les gouvernants. Ce qui invite à l'usage conscient de l'outil médiatique dans les règles de l'art et de la déontologie.

<sup>2</sup> Dans une société démocratique, les médias constituent une richesse dans la mesure où ils sont au service des citoyens. Ils vont s'en approprier en faire un outil de débats et d'échange.

travail d'un correspondant ? Elle définirait le point d'équilibre entre le traitement de l'information et de l'opinion. A ce sujet, La Gardette souligne que: « Si vous restez trop flou, votre lectorat le sera aussi. Qui dit flou dit vague, qui dit vague dissuade » (La Gardette, J-M., 2008: 28).

Par ailleurs, c'est la ligne éditoriale qui permet de fidéliser son auditoire, ses lecteurs. Elle se définit en fonction des centres d'intérêt de l'équipe rédactionnelle. C'est elle qui dicte les choix des thèmes, des informations ainsi que l'angle à aborder. Elle donne à l'entreprise audiovisuelle une certaine originalité, une cohérence, voire sa justification. Elle hiérarchise les rubriques les unes par rapport aux autres. C'est ici que se justifie la conférence de rédaction, cette instance qui délimite les marges de manœuvre dans lesquelles va évoluer l'ensemble du journal radio-télévisé, par exemple.

Dans le concret, la ligne éditoriale n'est pas, comme on le remarque dans la majorité des rédactions locales, du ressort du Directeur Général de la radio, ni de son Président, encore moins de son autorité de tutelle.

#### 4 DE LA PLACE DE L'INFORMATION LOCALE

Considérée comme « des événements nouveaux », selon Deborah Potter, « l'information est le récit d'événements récents ou des nouvelles inédites, [...], tous les événements qui se produisent chaque jour dans le monde ne sont pas forcément relatés par la presse écrite ou audiovisuelle » (Potter D., 2005: 5).

L'on peut donc, à partir de l'herméneutique des informations disponibles, se poser la question de savoir ce qui préside à la sélection et à l'alignement d'une information pour la publication ou pour la diffusion ? Divers facteurs entrent en ligne de compte pour ce faire. Ainsi, les journalistes professionnels pourront décider de l'intérêt d'une nouvelle selon les critères d'évaluation: l'opportunité, l'impact, la proximité, la controverse, la notoriété, l'actualité et l'insolite. Dans un message à transmettre, l'information constitue un fait ou un événement socialement significatif que le journaliste rapporte après lui avoir donné une forme, une structure. D'où la nécessité d'une grande marge de manœuvre à laisser à la radio et à la télévision locales pour qu'elle épouse l'image du terroir, en proie aux transformations sociopolitiques majeures. Ainsi le *dicktat* de l'uniformité laissera la place à la créativité régionale, gage d'une adaptation réussie aux réalités locales en mouvement. C'est cela le développement de la démocratie audiovisuelle.

Cependant, un événement ne devient une information que lorsqu'on lui donne une certaine forme, une structure. La forme rend l'information facilement consommable par le public. Lorsque quelqu'un écrit par exemple que « Le Gouverneur a inauguré un pont », l'on ne peut pas prétendre donner une information du fait de l'article indéfini *un*. Il manque à la phrase un certain nombre d'éléments de structure pour qu'elle devienne informative. On dirait plutôt: « Le Gouverneur a inauguré hier le pont reliant le quartier Kalubwe au quartier Golf. » Ce propos complet devient informatif. Il répond à des critères de référence: les six questions incontournables qui contraignent tout journaliste à la rigueur: *qui dit quoi, où, quand, pourquoi et comment?* (Harold D. Lasswell, 1930).

En parlant de la communication et du traitement de l'information, Léon-Michel Ilunga souligne avec objectivité les trois grandes *techniques*, évoquées de Jovan Kurbalija: « Tout d'abord la *contextualisation*. Une information n'a de sens que si elle est replacée dans son contexte: comment elle prend sens par rapport à une situation locale » (M. Loriol et alii, in: Ilunga L-M, 2019: 61). Ensuite, il faut procéder par « la prospection de l'information »: l'objectif est de rassembler des grandes séries de données capables de donner du sens à une information ponctuelle ».

« La troisième et dernière technique est la *synthèse*: face à la prolifération d'informations de toute nature, il est de plus en plus important d'en pouvoir extraire les plus pertinentes. Il ne s'agit pas simplement de résumer un grand nombre de pages en quelques lignes, ce qui induit toujours un risque de perte d'informations et d'excès de simplification, mais de penser le texte en fonction des niveaux de précision pertinents et de la nature des informations utiles pour chaque type d'usage qui sera fait. » (M. Loriol et alii, in: Ilunga L-M.: 62).

Ces éléments constituent le nœud de toute activité d'un journalisme politique en matière d'informations en rédaction. Ceci revient à dire que le concept *information* est donc un ensemble de renseignements, de nouvelles obtenues d'une source et se rapportant sur un individu ou sur un groupe d'individus.

#### 5 LES TURBULENCES JOURNALISTIQUES

Dans son histoire tumultueuse, la RDC a connu un journalisme mouvementé à cause de l'instabilité chronique du pays depuis son indépendance. A ce jour, le pays dispose de nombreux organes médiatiques tant officiels que privés tout aussi diversifiés parmi lesquels on récence les pro-gouvernementaux et ceux qui sont proches de l'opposition. Ils sont tous réglementés par un Conseil Supérieur de l'Audiovisuel et de la Communication, CSAC, en sigle.

Par ailleurs, la constitution de République prévoit la liberté de la presse bien que cette garantie soit rarement observée. Le rapport de *Freedom House* (2017) classe le pays comme non libre en matière d'expression médiatique. *Reporter sans frontières* fait écho de ce rapport en classant la RDC à la 154<sup>e</sup> place au classement mondial de la liberté de presse au cours de l'année 2017. Les médias publics sont sous l'autorité du Ministère de la communication et des médias, ce qui implique l'intrusion de l'exécutif dans les médias publics. C'est la loi n° 002/96 du 22 juin 1996 qui fixe les modalités de l'exercice du métier de journaliste et de la liberté de presse en RDC. Comment alors être libre de prendre position, en tant que journaliste, dans un régime en fin mandat et décidé à modifier la constitution pour perdurer ?

Selon Francis Balle, le journalisme « est un métier, un ensemble de métiers ou forme d'expression de tous ceux qui se consacrent, dans quelque domaine que ce soit, à la publication d'une information dès lors que celle-ci a un rapport avec l'actualité immédiate ou récente, et par quelque média que ce soit, un journal, une station de radio, de télévision ou site web » (Balle F., 2006: 226).

Il s'agit ici, dans le contexte de turbulences qui est le nôtre, d'un métier, à risque nous semble-t-il, qui consiste à collecter, à traiter et à diffuser les informations, dans un contexte tendu, velléitaire, vaillant.

Dans la même veine, Jacques Le Bohec renseigne que le journaliste est: « l'individu qui, exerçant son activité professionnelle pour un ou plusieurs organes d'information (presse périodique, agence de presse, radio, télévision) assure tout ou partie du travail de collecte, de traitement et de présentation des informations relatives à des faits ou événements d'actualité. (...) Depuis, le journalisme est devenu toujours plus divers: depuis l'enquête sur terrain ou la collecte et le tri des dépêches d'agences jusqu'à la rédaction et la mise en page ou en ligne, en passant par la détermination des rubriques » (Balle F., 2006: 227).

Tous ces éléments témoignent de la complexité du métier dans un univers pétri de subjectivisme politique où chaque échéance électorale devient un défi pour l'ensemble du monde sociopolitique et pour l'Eglise (la CNCO). Comment prendre position dans l'objectivité que requiert le métier sans irriter certaines opinions politiques. Ce sont là quelques challenges sur la route d'un journalisme provincial dans un contexte de changement.

## 6 DU TRAITEMENT DES INFORMATIONS ET DES CONTRAINTES PROFESSIONNELLES

Connaissant les tenants et les aboutissants de la ligne éditoriale et des contraintes d'une société en transformation politique, l'on peut désormais considérer que celle de la RTNC/Haut-Katanga relève du mimétisme de la chaîne nationale parce qu'elle n'est pas un principe ou un précepte écrit. Il sied de retenir cependant, après plusieurs entretiens avec des responsables de la station, que la ligne éditoriale de la chaîne repose sur la promotion de l'image de marque de la RDC et des institutions de la République au niveau tant national qu'international. Elle prône la primauté de l'institution la présidence de la République sur les autres Institutions. Cela constitue une entorse à la professionnalisation du métier qui aurait dû fonctionner en toute autonomie.

La forme du pouvoir politique en place contribue à cet écart par rapport à la norme. Cette ligne éditoriale imposée comprend quatre pages traditionnelles: la page nationale, la page locale, la page africaine et la page internationale. La page nationale correspond à la photocopie des informations de la province Ville de Kinshasa. Le conducteur demeure interchangeable au niveau provincial car la censure, presque à tous les niveaux, empêche le professionnel local de déployer son génie. Les informations dites de proximité sont rares parce que la marge de manœuvre est minuscule pour la rédaction provinciale, ce qui occulte, d'une certaine manière, les informations du terroir.

## 7 LE PIÈGE D'UNE LIGNE ÉDITORIALE UNIQUE

Au chapitre de la ligne éditoriale, faisons remarquer que, si pour la RTNC Haut Katanga, l'objectif est de promouvoir l'image de marque de la République démocratique du Congo à travers ses institutions, d'accompagner le pouvoir dans son élan vers la démocratie, la paix et le développement, il est difficile à la RTNC de présenter l'autre face du pays et de ses institutions sous peine de voguer à contre-courant. Ainsi, la question reste entière: la ligne éditoriale ne constitue-t-elle pas un frein à la diffusion d'une bonne information ? Nous répondrons par l'affirmative et aussi par la négative.

D'abord relevons ici que chaque maison de presse rendant son contenu public a nécessairement une ligne éditoriale. Celle-ci constitue une identité, c'est aussi l'élément fondateur de toute publication. Pour dire autrement, c'est encore une ligne de conduite qui fait la cohésion de l'équipe. Restons tout de même circonspect. L'importance d'une ligne éditoriale n'est pas une gageure dans laquelle l'on devient prisonnier. Car se définir c'est également s'enfermer dans des principes qui risquent fort de faire échapper de vraies occasions de pouvoir informer le public sur l'une ou l'autre actualité brûlante. Raison pour laquelle, ces lignes sont souvent aléatoires, discontinues parfois et qui changent selon les circonstances ou lorsque le pouvoir change de camp.

Signalons qu'en province, certaines chaînes audiovisuelles font profil bas devant certains événements importants sous peine de violer leur ligne éditoriale. C'est à ce point que la ligne éditoriale devient un frein à la diffusion d'une information crédible et authentique. Dans les points qui vont suivre, nous évoquerons quelques cas où la RTNC Haut-Katanga n'a pas donné de la voix au nom de sa ligne éditoriale. Ensuite, nous répondons par non. La ligne éditoriale clairement définie, mieux partagée au sein de l'entreprise ne peut pas constituer un frein à la diffusion d'une information de qualité étant entendu que celle-ci constitue une identité d'une maison de presse. Alors quand est-ce que celle-ci devient-elle un frein à la diffusion d'une bonne, ou mieux d'une information ? Cette question sera éclairée avec l'étude des cas dans les pages qui suivent.

## 7.1 FORMAT DES PAPIERS

A titre illustratif, nous évoquons certains sujets sur lesquels la RTNC/Katanga avait choisi de parler sommairement par principe ou tout simplement par respect de sa ligne éditoriale. Pour être plus concret, nous prendrons la période allant de décembre 2016 à mars 2017. Nous aurions voulu donner plusieurs cas, mais à causes de différentes restrictions, il nous a été difficile d'obtenir auprès des responsables de la chaîne certains papiers portant des informations dites sensibles. Les trois exemples que nous commentons ici ont été obtenus dans des conditions difficiles: le refus systématique d'accéder aux archives de la chaîne.

### 7.1.1 DE LA HIÉRARCHISATION POLITIQUE DES INFORMATIONS

Pour mieux s'en rendre compte, nous avons retenu le papier publié le 26 novembre 2016. Au Journal de 6 heures 30 minutes, la RTNC Haut-Katanga délivre l'information suivante: *«L'opération attaque généralisée lancée par le Gouverneur Jean-Claude Kazembe se concrétise de plus en plus à la périphérie de la ville de Lubumbashi. Plusieurs artères sont reliées au centre-ville. Pour ce faire, le n°1 du Haut-Katanga a fait appel à l'office de routes. C'est le cas ici de l'avenue Pangula, au quartier Bongonga. Cette avenue qui mène à l'Institut Supérieur des Statistiques a vu ses bourniers purgés, le réglage de sa plateforme et le rechargement de la chaussée à la latérite. Les étudiants de l'Institut Supérieur des Statistiques, premiers bénéficiaires de cette initiative du Gouvernement provincial saluent surtout ici la fidélité à la parole donnée du Gouverneur Jean-Claude Kazembe. ----- élément Sonore-----»* (Archive 1).

Comme on peut le constater, le rendu est une évocation d'une information venue sans aucun doute du service de presse du Gouvernorat. La hiérarchisation des informations est fonction de la priorité accordée par la hiérarchie de la radio au rang des personnalités sur lesquelles porte l'information. Ainsi, le Gouverneur passe en premier tandis que les autres personnalités, voire les autres institutions passent ensuite. Cela témoigne de la confiscation de l'espace informationnel dans cet univers congolais où tout ou presque prend un statut politique. En principe, le journalisme ne doit pas se limiter à énumérer ou à faire un bouquet des activités d'une autorité, fût-ce-t-elle un Gouverneur de province. Le professionnel des médias a plutôt pour mission d'aller au fond des choses et d'analyser tout le contour de la question. Cette manière de faire ouvre grande la porte à une faiblesse: le manque de crédibilité.

### 7.1.2 DE L'ALLÉGEANCE POLITIQUE ET DU MANQUE DE CRÉDIBILITÉ

En date du 19 décembre 2016 à 18 heures 30 minutes, la radio donne une information relative à cette journée, date butoir du mandat constitutionnel du Chef de l'Etat.

Au tour de ladite date, certains politiciens de l'opposition appelaient à la désobéissance civile afin de marquer leur mécontentement: un signe de démocratie par excellence. A Lubumbashi, dans certains quartiers périphériques, l'on avait noté une effervescence et une grande activité des forces de l'ordre afin de maintenir le calme. A cette occasion, la RTNC Haut-Katanga avait diffusé l'information dont nous livrons ici le contenu du chapeau. Celle-ci est passée le 20 décembre 2016 à 6 heures 30 minutes. *« La ville de Lubumbashi a vécu normalement ce lundi 19 décembre 2016. Les magasins, boutiques et autres institutions ont ouvert comme d'habitude. Les appels au désordre lancés par l'opposition politique n'ont pas été suivis. »* --- Sonore--- C'est un reportage de Didier Mumba.

On constate bien que l'organe de presse est dans son rôle d'accompagnateur du pouvoir politique dominant, dans sa recherche de la paix sociale et non dans l'investigation objective autour des événements. La dernière phrase de cette citation trahit bien ce rôle qui consiste, en quelque sorte, à marcher dans le sens du vent: jamais évoquer les causes de l'échec des opposants, mais surtout parler de la réussite du pouvoir politique en place, pourtant en fin mandat. Les mots sont bien choisis pour sauvegarder l'image des institutions. Et les journalistes ne peuvent pas donner une autre version de l'information au risque de subir les foudres des dirigeants de la chaîne.

Pour de tels événements, on aurait espéré, pour un média, de rester crédible en livrant une information équilibrée car les auditeurs ont certainement leur version des faits des événements sur le terrain. Ils sont parfois même des acteurs de l'actualité

susmentionnée. C'est pour cela qu'il paraît impérieux de rappeler que la qualité de l'information ne se vérifie que dans la liberté du journaliste. Le contrôle de la qualité de l'information devrait occuper une place importante, comme le souligne judicieusement Michel Lemay (2016). Car l'indépendance et la qualité de l'information sont des conditions primordiales d'une presse digne de foi. Il s'agit de l'indépendance à l'égard de tous les pouvoirs. C'est une valeur qui manque hélas aux professionnels des médias publics. Du coup, les journalistes passent pour de simples répétiteurs, des rossignols du pouvoir. Ainsi, le goût à l'investigation s'étiolle, faute de liberté vis-à-vis du pouvoir politique.

## 8 CONCLUSION

Le but poursuivi dans notre réflexion était de montrer, dans une période de transition vers la démocratie, le bien-fondé d'une ligne éditoriale dans une 'chaîne publique' d'une part et, de l'autre, de chercher à savoir si une ligne éditoriale ne constituait pas, au final, un frein à la diffusion de l'information de qualité. Ou le message lui-même ne prenait pas un détour qui arrangerait le pouvoir, parce que propriétaire de l'entreprise. La RTNC en général et la station du Haut Katanga en particulier a une vocation à nos yeux: celle de devenir réellement une chaîne de **service public** ayant pour objectif de démontrer constamment sa capacité de devenir la **voix de la société Congolaise**. Elle devrait garantir un accès égalitaire à un large éventail d'idées et en permettant différentes rencontres d'intérêts communs qui puisse former la volonté publique.

A recherche confirme aussi que la ligne éditoriale de la RTNC Haut-Katanga continue à promouvoir l'image de marque de la République Démocratique du Congo et de ses institutions tant en interne qu'en externe. Néanmoins, il semble difficile, voire irréaliste de promouvoir l'image de marque d'une entreprise, d'une institution, fût-ce-elle publique sans émettre une moindre critique. C'est ici que la recherche d'une promotion de l'image de marque d'une quelconque organisation, devient partisane sinon militante et propagandiste. La promotion d'une image de marque d'une organisation étouffe la critique.

En cherchant à ménager le pouvoir qui est du reste patron de l'entreprise, pour des raisons de sécurité d'emploi ou de sécurité publique ou pour des raisons d'Etat, constitue une entrave à la liberté de la presse. Puisque, au lieu de traiter l'information véridique la rédaction prend un détour, un angle qui arrange le pouvoir. C'est justement pour éviter cette contradiction que la RTNC Haut-Katanga prend le risque de rater des opportunités de livrer l'information de qualité à son public, foulant ainsi aux pieds toutes les valeurs à la fois morales et professionnelles qui constituent les fondements du journalisme.

## REFERENCES

- [1] LEVY, P., *L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*, Paris, La Découverte, 1994.
- [2] PUNGI, L., Editorial, in: *Revue Africaine de communication sociale*, Facultés Catholiques de Kinshasa. 2007, pp.5 -7.
- [3] BRETON, Ph., et S. PROULX, *L'explosion de la communication*, Paris, La Découverte, 2012.
- [4] AGNES, Y., *Manuel de journalisme*, Paris, La Découverte, 2008.
- [5] LE BOHEC, J., *Dictionnaire du Journalisme et de Médias*, Paris, PUF, 2010.
- [6] LEMAY, M., « La qualité de l'information dans les médias », in [www.latoile.coop.fr](http://www.latoile.coop.fr), consulté le 18 avril 2021.
- [7] LA GARDETTE, J-M., *Le guide de l'écriture Journalistique*, Paris, La Découverte, 2008.
- [8] POTTER, D., *Guide du journalisme indépendant*, Washington, B.I.D.E.US, 2006.
- [9] BALLE, F., *Lexique d'information communication*, Paris, Dalloz, 2006.
- [10] ILUNGA, L-M., *Pour une nouvelle Communication politique et Diplomatique Africaine*, Louvain-la Neuve, EME éditions, 2019.

## Intégration de l'approche psychosociologique de la communication dans la campagne de vaccination contre la Covid-19 en République démocratique du Congo

### [ Integration of the psychosocial approach of communication in the vaccination campaign against Covid-19 in the RD Congo ]

*Valery Ngoy Ndala<sup>1</sup>, Benjamin Junior Ibimi Ngambun<sup>2</sup>, Marie Mbantshiona Mundi<sup>3</sup>, and Solange Mwanampulu Nda<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Doctorant en Psychologie Scolaire, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

<sup>3</sup>Doctorante en Psychologie Scolaire, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

<sup>4</sup>Assistante, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

---

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

**ABSTRACT:** Negatively charged with rumors and painful memories from the start, the covid-19 vaccination campaign in the Democratic Republic of the Congo struggles to convince. The Congolese authorities are confronted with the distrust of the population with regard to the vaccine. If for some, it is the fear of being taken for guinea pigs that invades them, for others, covid-19 simply does not exist. And therefore, considering the vaccine as a cure-all for Covid-19 imperatively requires extricating it from social obscurantism, which plebiscites a number of prejudices and rumors at the origin of mistrust and reluctance. The communication strategies proposed as an alternative to a vast vaccination campaign have as an epistemological basis, the psychosociological approach to communication. This article presents the results of a survey conducted among a random sample of 428 Congolese across the country. It also lays the groundwork for an intervention model that highlights the psychosociological approach to communication as a driver of success in vaccination against Covid-19 in the DRC.

**KEYWORDS:** Covid-19, vaccine, campaign, communication, psychosocial approach.

**RESUME:** Chargée négativement de rumeurs et de souvenirs douloureux dès le départ, la campagne de vaccination contre la covid-19 en République démocratique du Congo peine à convaincre. Les autorités congolaises sont confrontées à la méfiance de la population à l'égard du vaccin. Si pour certains, c'est la peur d'être pris pour des cobayes qui les envahit, pour d'autres, la covid-19 n'existe tout simplement pas. Et donc, envisager le vaccin comme une panacée à la Covid-19 nécessite impérativement de l'extraire de l'obscurantisme social, qui plébiscite un certain nombre des préjugés et rumeurs à l'origine de la méfiance et de la réticence. Les stratégies communicationnelles proposées comme alternative d'une vaste campagne de vaccination ont pour socle épistémologique, l'approche psychosociologique de la communication. Cet article présente les résultats d'une enquête menée auprès d'un échantillon aléatoire de 428 congolais à travers le territoire national. Il pose également les jalons d'un modèle d'intervention qui met en exergue l'approche psychosociologique de la communication comme moteur de la réussite dans la vaccination contre la Covid-19 en RDC.

**MOTS-CLEFS:** Covid-19, vaccin, campagne, communication, approche psychosociologique.

## **1 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE**

Vacciner un maximum de personnes permet de juguler le coronavirus et de revenir à la vie d'avant ou presque: c'est le défi des gouvernants de la planète depuis plusieurs mois, alors que la pandémie de la Covid-19 perturbe la planète depuis plus d'un an. Si certains pays y sont parvenus rapidement, comme Israël par exemple, beaucoup d'autres sont confrontés à des difficultés. Pourtant, depuis la pandémie de la Covid-19 et les débuts de la vaccination, les fausses informations se sont multipliées à travers le monde. Parmi eux: le vaccin nous injecte une puce électronique, on ne sait pas trop ce qu'il y a dans le sérum, les effets secondaires sont inhabituels, etc. (Estelle Priam & Bénédicte Demmer, 2021).

En effet, la pandémie liée à la covid-19 qui semblait épargner l'Afrique, s'est vite installée et s'est propagée sur le continent. Avec leurs capacités limitées, les gouvernements africains ont tenté de freiner la propagation de la pandémie, en prenant diverses mesures: confinement, couvre-feux, campagnes de sensibilisation et promotion des gestes barrières, etc. Par ailleurs, des moyens de traitement ont été déployés, à des échelles variables, dans tous les pays, pour une prise en charge efficace des patients. Après cette vague de mesures préventives et curatives et avec les prouesses des chercheurs qui ont réussi l'exploit de développer des vaccins en un temps record, des campagnes de vaccination à grande échelle sont préconisées depuis plusieurs mois. Cependant, les vaccins, controversés pour la plupart en raison de leurs effets secondaires connus et non, réels ou supposés, ne sont pas toujours bien accueillis par les populations africaines. Qu'est-ce qui justifie cette peur et cette méfiance des populations africaines à l'égard des vaccins contre la Covid-19, qui leur sont proposés par les gouvernements ? Est-ce à cause d'un manque de communication ? Les campagnes de vaccination calquées sur les modèles européens sont-elles vraiment efficaces en Afrique ? L'Afrique doit-elle plutôt changer de paradigme ? Quelles sont les solutions possibles ? (SciDev.Net, 2021). Telles sont les préoccupations autour desquelles les chercheurs africains sont appelés à réfléchir pour des pistes de remédiation adaptées aux réalités africaines. En ce qui nous concerne, nous avons voulu aborder ce thème en nous concentrant sur le cas de la République Démocratique du Congo.

En République démocratique du Congo, depuis l'annonce du premier cas de la Covid-19 en avril 2020, les autorités congolaises sont confrontées à la méfiance de la population à l'égard de la vaccination. Si pour certains, c'est la peur d'être pris pour des cobayes qui les envahit, pour d'autres, cette maladie n'existe tout simplement pas. (BBC, 2021). Ainsi, le vaccin Covid-19 semble perdre sa valeur. Les causes de cette réticence de la population face au vaccin Covid-19 sont à la fois historiques et actuelles, comme nous les présentons dans la partie dédiée à l'interprétation des résultats.

Quelle est la perception de la Covid-19 et de la vaccination y relative en République démocratique du Congo ? Comment intégrer l'approche psychosociologique dans la vaccination contre la Covid-19 ? Telles sont les questions auxquelles nous répondons dans cet article, en s'appuyant sur les résultats d'une enquête que nous avons effectué auprès d'un échantillon aléatoire de 428 Congolais ainsi que les données scientifiques existantes.

## **2 OBJECTIFS**

En entreprenant cette investigation, nous nous sommes fixés un double objectif:

- Identifier la perception de la population congolaise par rapport à la Covid-19 ainsi que la vaccination y relative, et
- Elaborer le modèle d'intervention adapté aux réalités de la société congolaise.

## **3 METHODOLOGIE**

Notre étude a été réalisée en République démocratique du Congo, durant la période allant du 10 mars au 30 juin 2021. La cible de notre enquête est la population congolaise en général. Cependant, en raison des moyens très limités, nous n'avons pas pu atteindre l'ensemble de la population. D'où le recours à l'échantillonnage aléatoire, ciblant 428 Congolais à travers le pays. Dont voici leurs caractéristiques clés:

**Tableau 1. Répartition de l'échantillon par province et par sexe**

Provinces	Effectifs	Hommes	Femmes
Équateur	3	3	0
Haut-Katanga	98	51	47
Haut-Lomami	31	25	6
Sankuru	26	18	8
Kasaï central	46	30	16
Kasaï oriental	21	5	16
Kinshasa	58	31	27
Lomami	2	0	2
Lualaba	47	25	22
Maniema	6	2	4
Nord-Kivu	34	24	10
Sud-Kivu	24	18	6
Tanganyika	32	21	11
<b>Total</b>	<b>428</b>	<b>253</b>	<b>175</b>

Source: Données d'enquête, mars - juin 2021

Dans ce tableau, il ressort que parmi les 482 participants ayant pris part à notre étude, nous avons 253 hommes soit 59 % de notre échantillon et 175 femmes soit 41 % de notre échantillon.

Relativement à la conception scientifique des étapes de la vie humaine basée sur l'âge chronologique de Havighurst (qui a été pris en compte dans notre questionnaire), voici à quoi ressemble la répartition des participants par tranche d'âge:

**Tableau 2. Répartition de l'échantillon**

Tranche d'âge	Fréquence	Pourcentage
13 à 18 ans	85	20%
18 à 35 ans	199	46%
35 à 60 ans	102	24%
60 ans et au-delà	42	9,8%
<b>Total</b>	<b>428</b>	<b>100%</b>

Source: Données d'enquête, mars - juin 2021

Ce tableau n°2 montre que sur les 428 participants qui constituent notre échantillon d'étude, il y a 85 participants soit 20% de notre échantillon qui sont âgés entre 13 à 18 ans, 199 participants soit 46% de notre échantillon ont l'âge variant entre 18 et 35 ans, 102 participants soit 24% de notre échantillon sont âgés entre 35 et 60 ans et enfin, 42 participants soit 9,8% de notre échantillon ont l'âge qui varie entre 60 ans et plus.

**Tableau 3. Répartition de l'échantillon selon le niveau d'étude**

Niveau D'étude	Effectif	Pourcentage
Sans instruction/sans diplôme	8	1,9
Diplômé	114	27
Gradué	95	22
Licencié/Ingénieur	112	26
Master	87	20
Docteur	12	2,8
<b>TOTAL</b>	<b>428</b>	<b>100</b>

Source: Données d'enquête, mars - juin 2021

Ce tableau nous présente les caractéristiques de notre population d'étude selon le niveau d'étude. Ainsi, nous observons que la grande partie des participants est constituée des diplômés d'études secondaires.

En effet, les données à produire sur le terrain nous ont guidés vers le choix de la méthode d'enquête. Quant aux techniques de production de données, nous avons principalement utilisé la technique du questionnaire, qui a été mise en œuvre à l'aide d'un formulaire en ligne, administré de manière volontaire aux participants ci-dessus. Ensuite, nous avons réalisé quelques entretiens avec les participants disponibles. Nous avons également utilisé les éléments de l'observation, afin d'éclairer certaines opinions relativement aux réalités de l'environnement congolais.

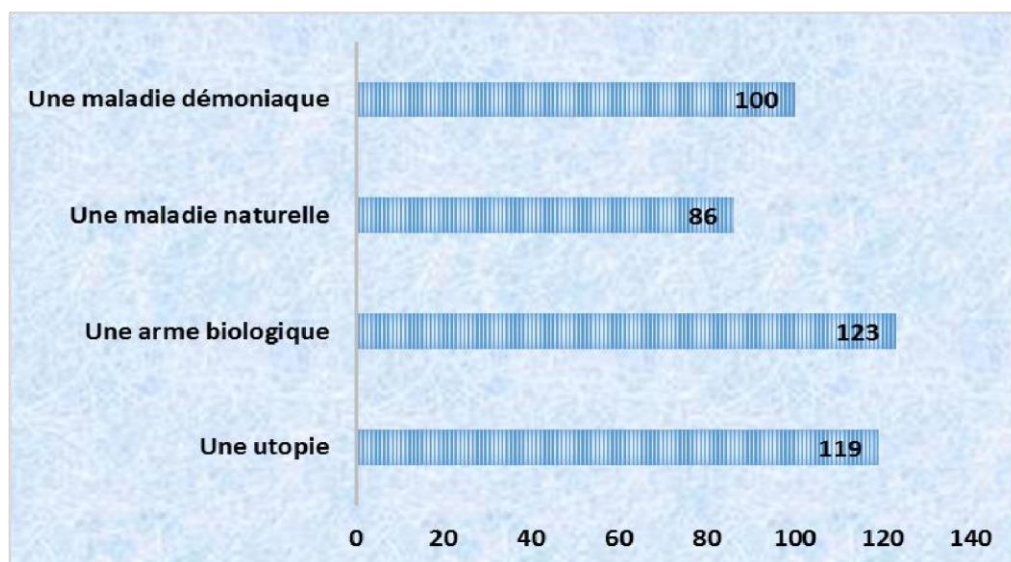
Après la production des données, nous les avons dépouillées grâce à l'analyse de contenu, et le traitement a été effectué à l'aide des calculs de proportions, dégagant ainsi la significativité des opinions des participants, dans l'ordre utile, que nous avons présenté à l'aide des graphiques.

#### **4 RESULTATS DE L'ETUDE**

Dans cette partie, nous présentons les différents résultats relatifs à notre étude avant de les confronter dans la discussion :

##### **4.1 RESULTATS RELATIFS À LA PERCEPTION DE LA COVID-19**

Par rapport à la perception de la Covid-19 par les participants à notre étude, en dépit des différentes informations en leur possession, les résultats obtenus sont résumés dans le graphique suivant :



*Fig. 1. Perception de la Covid-19 en R.D.Congo*

*Source: Données d'enquête, mars – juin 2021*

Dans la figure 1 nous lisons qu'une grande partie de la population congolaise a une perception négative de la Covid-19. De nombreux participants à l'étude voient la Covid-19 comme une arme biologique ou une utopie. D'autres, cependant, la qualifie d'une maladie démoniaque. Seul, un petit nombre de participants considère la Covid-19 comme une maladie naturelle.

##### **4.2 RESULTATS RELATIFS À LA PERCEPTION DU VACCIN CONTRE LA COVID-19**

Dans un second temps, nous avons interrogé les participants à notre étude sur leur perception du vaccin Covid-19. Après compilation, les résultats sont présentés de manière synoptique dans la figure ci-dessous :

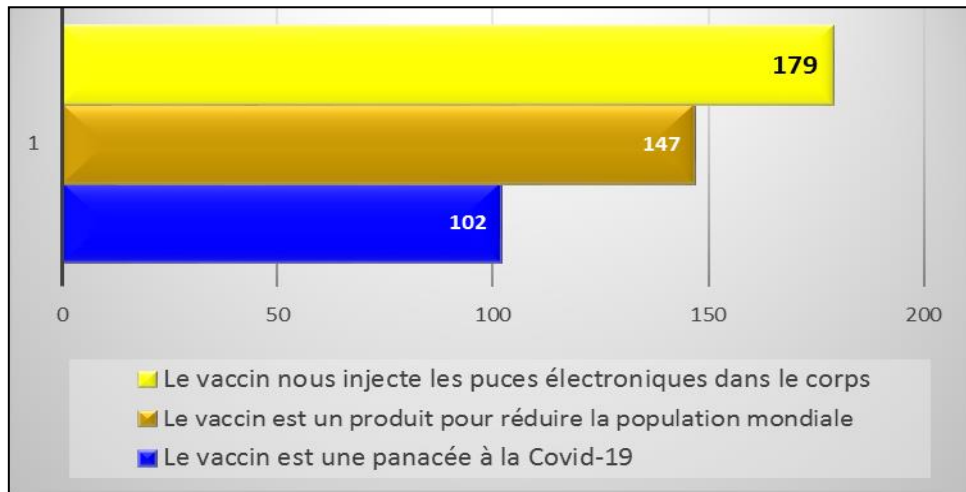


Fig. 2. Perception du vaccin contre la Covid-19

Source: Données d'enquête, mars - juin 2021

Au vu des données de la figure 2, il ressort que la perception du vaccin Covid-19 est globalement très négative au sein de la population congolaise. Seul un petit nombre considère le vaccin comme une panacée à la Covid-19.

#### 4.3 RESULTATS RELATIFS AUX ALTERNATIVES ENVISAGÉES PAR LA POPULATION FACE À LA VACCINATION

Face à la perception négative du vaccin Covid-19 par la population congolaise, nous avons voulu identifier les alternatives envisagées par les participants pour être convaincus de la vaccination ou les solutions qu'ils proposent pour y remédier. Le graphique ci-dessous reprend les réactions des participants à l'étude:

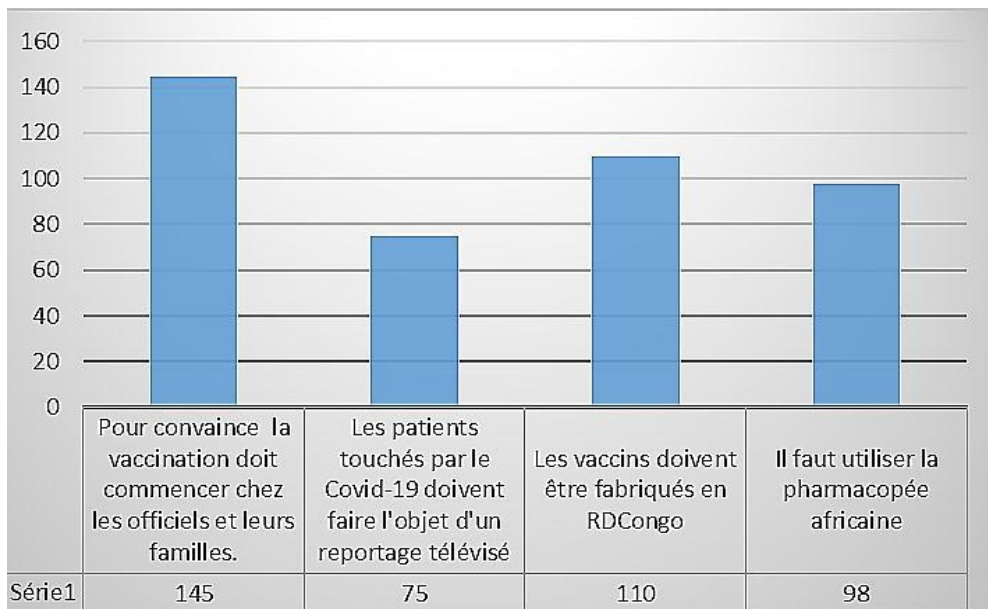


Fig. 3. Alternatives envisagées par la population face à la vaccination

Source: Données d'enquête, mars - juin 2021

Dans la figure 3, nous voyons que de nombreux participants veulent voir les officiels du pays donner le ton dans la vaccination, en commençant d'abord par eux-mêmes, ensuite leurs familles. Un autre groupe estime que les patients covid-19

devraient faire l'objet d'un reportage télévisé afin de confirmer la véracité des cas et de convaincre la population sur la dangerosité de la Covid-19. D'autres, en revanche, pensent qu'il vaudrait mieux que les vaccins soient fabriqués en RDC pour dissiper tout malentendu. Enfin, un autre groupe des participants trouvent la pharmacopée comme une alternative à promouvoir, en lieu et place du vaccin.

## **5 DISCUSSION DES RESULTATS**

Le passage en revue des résultats ci-dessus, nous montre que la Covid-19 et son vaccin sont perçus négativement par la grande partie de la population congolaise. Ce résultat corrobore celui de Target (2020) qui stipule que bon nombre de congolais ne croient pas à l'existence de la pandémie à corona virus; qui d'ailleurs si elle existait peut être soignée grâce à la pharmacopée, comme l'indique Mbah Mekem et Sidje Jonas (2020). En outre, le Cabinet Target (2020) révèle qu'en juillet 2020, 56% des congolais ne voulaient pas d'un vaccin contre le coronavirus même si le nombre de contaminations progressaient. De son côté, l'Institut de sondage juge l'attitude de congolais "paradoxe" car une grande majorité des personnes interrogées ne perçoivent pas la dangerosité de la Covid-19 mais ont sensiblement modifié leurs habitudes quotidiennes en augmentant ou diminuant certaines activités en conformité avec les messages de sensibilisation véhiculés dans les médias et autres supports de communication.

### **5.1 COMMENT S'EXPLIQUE LA PERCEPTION NEGATIVE DU VACCIN COVID-19 EN RDC ?**

Plusieurs points de vues ayant soutenus l'administration du vaccin à l'échelle nationale qu'internationale font face actuellement aux prédictions presque apocalyptiques du prix Nobel Luc Montagnier qui renforcent le scepticisme autour du vaccin: « *il n'y a aucun espoir et aucun traitement possible pour ceux qui ont déjà été vaccinés. Nous devons être prêts à incinérer les corps. Ils mourront tous d'une amélioration dépendante des anticorps. Rien de plus ne peut être dit* ». Il clos ses propos en reconnaissant qu'il s'agit là d'une double erreur: « *scientifique ainsi que médical* », et qu'elle serait « *inacceptable* ». D'autre part, le virologue Montagnier condamne le silence coupable et complice de ses pairs sur ce qu'il appelle « *le renforcement dépendant des anticorps* » car pour lui, et comme il convient de consulter et de prendre l'histoire à témoin, « *c'est la vaccination qui crée les variantes* ».

En République démocratique du Congo en particulier, la Covid-19 et son vaccin sont au départ chargés négativement de rumeurs et des souvenir douloureux. Voici les quelques facteurs qui ont ponctué négativement la présence de la Covid-19 et de son vaccin en République démocratique du Congo:

#### **5.1.1 LES CAUSES HISTORIQUES RELATIVES À LA MEFIANCE DU VACCIN COVID-19 PAR LA POPULATION CONGOLAISE**

Les causes historiques ayant influencé la perception négative de la Covid-19 et de son vaccin en R.D.C remontent à l'annonce du premier cas de Covid-19. Durant cette période plusieurs audios et vidéos ont été partagés via les réseaux sociaux, laissant entendre les personnes déclarées positives et leurs entourages proches démentir en bloc leur positivité à la Covid-19. Dès lors, plusieurs voix se sont levées dans la population à travers le pays, souhaitant que les patients touchés par la Covid-19 puissent faire l'objet d'un reportage télévisé. Car pour certains, aucun patient n'a été vu ou répertorié dans leur environnement immédiat depuis le début de la pandémie. Un autre fait historique important est l'annonce faite le 20 avril 2020 de l'importation du vaccin par le Dr Muyembe, coordinateur de l'unité de riposte à la pandémie de la Covid-19, faisant de la RDC l'un des terrains d'essai. Alors qu'elle ne figure pas sur la liste des pays à forte létalité dans le monde et en Afrique, qui devrait en principe être le « terrain d'essai » du vaccin pour faire baisser le taux de morbidité et de mortalité.

Les fortes tensions suscitées par cette communication jugée incendiaire et provocatrice par la population congolaise à travers divers espaces publics, l'avait poussé à la démentir. Ce démenti a été précoce et diffusé dans un seul média (la télévision nationale congolaise, RTNC) tandis que sur les réseaux sociaux, les propos populaires ont fait le parallélisme malheureux avec la gestion calamiteuse de la onzième épidémie d'Ebola déclarée "urgence sanitaire" de portée internationale par l'OMS en juin 2019, mais aussi qualifiée « d'Ebola business » par les populations de l'est du pays. Rappelons que les rumeurs véhiculées au tour de la Covid-19 et de son vaccin se situent toutes au prolongement presque identique de celles qui ont développées la réticence populaire pendant l'épidémie d'Ebola à l'Est du pays: vente des cadavres, dilapidation et détournement de fonds, commerce de vaccin, hégémonie néo-colonialiste, etc. Le « pic de la maladie » annoncé avec un crash probablement pour le mois de mai 2020 par le Dr Muyembe, n'était qu'une « fausse alerte », un « pronostic sombre » contrecarré par la courbe descendante des cas infectés et des décès. Cet « évangile apodictique » est perçu par une catégorie de personnes comme une préparation psychologique lointaine visant à faire entrer le vaccin dans le pays. Pour certains congolais, jusqu'à ces jours, le bulletin d'intervention quotidien en République démocratique du Congo ne donne pas de signaux alarmants, et les hôpitaux

de soins ne semblent pas aussi débordés que prévu par les responsables de la riposte contre la Covid-19. Par conséquent, ils affirment que les informations officielles sur la présence de patients Covid-19 dans les hôpitaux sont tronquées.

Rappelons également qu'en date du 25 février 2021, la RDC faisait face à une panique générale, qui avait commencé dans les écoles de la ville de Bukavu. Certains parents avaient couru pour retirer leurs enfants des écoles suite à la rumeur d'une certaine campagne de vaccination obligatoire des élèves contre la Covid-19 (Okapi, 2021). La rumeur avait atteint plusieurs écoles de Bukavu et celles d'autres villes du pays comme Lubumbashi, Likasi, etc. créant la psychose collective et obligeant les parents à courir chercher leurs enfants. Ceci dit, en RDC, il y a persistance des doutes autour de l'existence de la Covid-19 ainsi que de la fiabilité de son vaccin.

Le 2 mars 2021, la RDC avait reçu un premier lot de 1,7 million de doses du vaccin Astra Zeneca par l'intermédiaire de COVAX, un partenariat entre la Coalition pour les Innovations en matière de Préparation aux Épidémies (CEPI), Gavi, l'UNICEF et l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Face aux effets secondaires du vaccin Astra Zeneca, qui est jusqu'à présent l'unique en RDC, la diaspora congolaise s'était investi à fond via les réseaux sociaux pour montrer simultanément à leurs compatriotes les dangers que regorge AstraZeneca partant des cas de caillots signalés respectivement dans leurs pays de résidence. Une sorte de contre-expertise pour battre en brèche tout discours persuasif arguant sur la nécessité du vaccin à administrer en RD Congo. C'est ainsi, prévu pour le 15 mars 2021, les autorités congolaises avaient décidé de retarder le lancement de la campagne de vaccination qui a finalement démarré très timidement le 19 avril 2021 à Kinshasa. A dix jours après le début de la campagne de vaccination contre la Covid-19, la RDC n'avait réussi à vacciner que 2 734 personnes. Cela avait incité le pays à donner la plupart des 1,7 million de doses reçues dans le cadre de l'initiative COVAX, de peur qu'elles ne soient périmées. (BBC, 2021).

Lors du lancement officiel de la campagne de vaccination le 19 avril 2021 par le ministre sortant Eteni Longondo, l'absence très remarquable du président de la République, de son premier ministre et de tout son gouvernement, des membres de deux chambres du parlement, le coordinateur de la cellule de riposte de la Covid-19, pourtant annoncés, a été largement commentée au sein de la population et dans la presse. D'autant plus que dans certains pays, l'on a vu des chefs d'Etat comme Emmanuel Macron, Paul Kagame, etc. lancer la vaccination et se faire vacciner publiquement en premier, en tant que garant de la nation. Cette absence des plusieurs officiels et même des responsables de la riposte a été mal perçue par la population laissant accroître l'hypothèse de la théorie de complot. Par ailleurs, peu avant ce lancement, le ministre sortant Eteni Longondo avait rassuré le congolais que l'administration du vaccin était volontaire mais obligatoire pour le personnel soignant. Un flou total a régné dans le commun de mortel incriminant cette disparité. Lors du sommet de Paris sur le financement des économies africaines, justifiant la résistance à la vaccination anti-Covid en Afrique, particulièrement en RDC par le fait que le vaccin est fabriqué ailleurs, le président Félix Tshisekedi avait plaidé pour la fabrication du vaccin antiCovid en Afrique afin de contrer les campagnes anti-vaccin: « *Si le produit vient d'Afrique, cela aura un impact positif "contre" le travail de sape des réseaux sociaux qui ont diabolisé la vaccination en la faisant passer pour un complot international pour exterminer le peuple africain.* » (Radio Okapi, 2021). Si pour certains, cette position est idéale pour dissiper les doutes, pour d'autres ce plaidoyer du Chef de l'Etat n'as fait qu'amplifié d'avantage les rumeurs existantes.

### 5.1.2 LES CAUSES ACTUELLES RELATIVES À LA MEFIANCE DU VACCIN COVID-19 PAR LA POPULATION CONGOLAISE

Dans les faits actuels, la responsabilité incombe plus à la position paradoxale des gouvernants congolais, dans leurs attitudes face à la Covid-19 y compris le vaccin. En effet, le Cabinet Target (2020) révèle que les autorités politiques ne prêchent pas toujours par l'exemple en matière de respect des règles de distanciation sociale: on voit souvent dans les médias des scènes de bain de foule ou d'autres événements officiels avec plusieurs dizaines de personnes. Derrière ce cliché, la population n'est pas convaincue de l'ampleur de la maladie, encore moins de l'importance du vaccin. Un fait aggravant est que jusqu'à ces jours, le président de la République et quelques personnalités clés du gouvernement n'ont pas encore été vaccinés. Une position paradoxale qui augmente les doutes dans la population. D'un côté, le chef de l'Etat refuse de se faire vacciner, mais de l'autre, il autorise le lancement de la campagne de vaccination pour le reste de la population congolaise<sup>1</sup>. (France 24, 2021; RFI, 2021). Cette position des officiels congolais laisse croire à la théorie du complot, selon quelques participants. « *La RDC dispose des produits qui promettent par les premiers résultats* » telle est la phrase prononcée par le chef de l'Etat congolais, avant de

---

<sup>1</sup> Le président de la République démocratique du Congo, Félix Tshisekedi, ne s'est pas encore fait vacciner et multiplie les critiques contre le vaccin AstraZeneca. Une communication qui tranche avec les efforts du gouvernement, qui tente de faire accepter le sérum dans l'opinion face à la hausse des contaminations et à la présence du "très contagieux" variant Delta dans le pays.

souligner que *le vaccin, c'est un passage obligé pour freiner la contagion*. (Actualité.cd, 2021). Face à ces déclarations, les grandes questions qui se posent dans la population congolaise sont celles de savoir pourquoi les produits congolais ne sont pas propulsés sur le marché, tant national qu'international ? Plus encore pourquoi cette réticence des gouvernants congolais face à la vaccination, eux qui devaient prêcher par l'exemple ?

Rappelons également qu'actuellement le vaccin qui est proposé comme panacée à la pandémie vient faire fi de plusieurs protocoles des chercheurs congolais. Ces protocoles dans l'ensemble ont montré le côté dérisoire du traitement contre la Covid-19. Bela-Unilu par exemple combine un traitement à base de trois molécules: la chloroquine, les interférons (IFN) de type 1 (IFNab), et II (IFNy) les antioxydants. Selon le professeur Lungu Anzwal co-promoteur du protocole, « ces trois molécules sont connues, non toxiques, non létales et n'ont aucun effet antagoniste, mais au contraire, elles agissent en synergie et se complètent; elles stimulent, réactivent et boostent le système immunitaire » (www.idakdialogue.org). Un traitement administré selon une approche à la fois préventive et curative. Cela déduit que d'une manière ou d'une autre, Bela-Unilu peut agir comme un vaccin (www.mediacongo.net), et renforcer le système immunitaire et prévient contre la contamination de la pandémie. Soulignons que ces produits phares peuvent s'obtenir à des prix abordables en pharmacie même par des congolais moins nantis. Par ailleurs, les recherches du chevronné défunt pharmacien Batangu Mpesa du Centre de recherche pharmaceutiques de Luozi (www.santétropicale.com) ont montré que le coronavirus est traitable à base de substances végétales desquelles il a fabriqué Manacovid. L'artémisia dont parle le docteur Muniangi est devenue une plante qui se cultive et se commercialise facilement à partir des jardins de certains monastères catholiques du pays.

En outre, actuellement, plusieurs tradipraticiens et naturopathes ont simplifié la thérapeutique, démontrant que la solution à la Covid-19 résiderait dans la nature et que le vaccin serait une autre alternative d'homicide, étant donné que le Coronavirus est considéré dans l'imaginaire collectif comme une invention des laboratoires chinois pour diminuer la population mondiale d'ici à l'an 2035. Pour ces spécialistes des feuilles et racines, une simple infusion des feuilles d'arbres fruitiers, des citrons et de citronnelles élimine le virus. L'idée du vaccin devrait donc affronter les mentalités et barrières socioculturelles rigides à l'origine de la méfiance et de la réticence des populations à certains traitements proposés et homologués par l'OMS. Un nombre considérable de Congolais est d'avis qu'il ne faut pas perdre de vue les richesses incommensurables de la pharmacopée africaine, qui à travers ses lieutenants, ont continué à offrir une myriade de solutions bon gré mal gré contre le virus. Cette position corrobore à l'idée d'un article de Mbah Mekem et Sidje Jonas (2020) dont le sous-titre évocateur est: « *COVID-19: La contribution de la médecine naturelle* » dans lequel il souligne que l'Afrique et les noirs africains peuvent combattre victorieusement la Covid-19 avec des produits naturels et aider tous les pauvres et démunis du monde entier à en faire autant.

Au sujet des sources d'information qui influencent négativement la perception de la Covid-19 et de son vaccin, nous avons également découvert lors de nos entretiens que, certains participants mentionnaient avoir reçu des informations de leurs proches, d'autres, en revanche, reçoivent d'informations via les médias (radio, télé) et sur les réseaux sociaux. En effet, dans le décours d'un malheur collectif, quel qu'il soit, catastrophes naturelles (séisme, tsunami), accident technologique (accident d'une usine chimique ou d'une centrale nucléaire), guerres, attentats terroristes, épidémies mortelles, etc. les fake news et les théories conspirationnistes naissent quasi inévitablement, beaucoup plus au sein des populations inquiètes, vivant un cocktail particulièrement expositif: angoisse face à une maladie inconnue, peur face à sa vitesse de propagation, incompréhension face aux mesures prises par les autorités, désarroi face à une communication officielle erratique, etc. (Eveline Josse, 2020; Cécile Dolbeau-Bandin & Elsa Jaubert, 2020). Les ingrédients ne sauraient être meilleurs, ce que confirme Hélène Romeyer (2020), spécialiste des médias: « *Tout est donc réuni pour favoriser la désinformation et les rumeurs: on ne maîtrise pas le virus, on ne le comprend pas complètement, il vient d'un pays qui n'est pas transparent et l'usage des réseaux sociaux est très développé. L'explosion de l'offre et des outils médiatiques fait que cela prend très rapidement une proportion très importante, et « les témoignages individuels pèsent parfois plus lourd que les discours d'expertise ».*

De ce qui précède, on se rend compte que dans sa lutte pour endiguer la propagation du coronavirus, le gouvernement congolais se trouve face à un obstacle majeur: convaincre la population et dissiper les rumeurs ainsi que les fausses informations qui alimentent à la fois la méfiance et l'angoisse d'une grande partie de la population face au vaccin covid-19. Ce petit détour nous permet de comprendre le mode indirect et non critiqué de l'information, que balancent souvent les médias et surtout les réseaux sociaux qui sont un carrefour de « tout » et du « tout ». Toutefois, dans le monde politique, la gestion des risques épidémiques ne peut pas se faire avec la déclaration selon laquelle « *tout est sous contrôle* » alors que, dans le même temps, les informations quotidiennes disent le contraire (Sandro Cattacin et al, 2020, p15).

## **5.2 QUELLE SOLUTION POUR UNE CAMPAGNE DE VACCINATION RESPONSABLE ?**

Dans le contexte actuel, où l'influence des médias semble clairement avoir atteint ses limites auprès de la population dans le cadre de la campagne de vaccination Covid-19, l'approche psychosociologique de la communication peut s'avérer réellement

fructueuse de par la relation de proximité et/ou de confiance qu'elle permet de nouer entre les participants. C'est la solution idéale que nous apportons et peut suivre le modèle suivant:

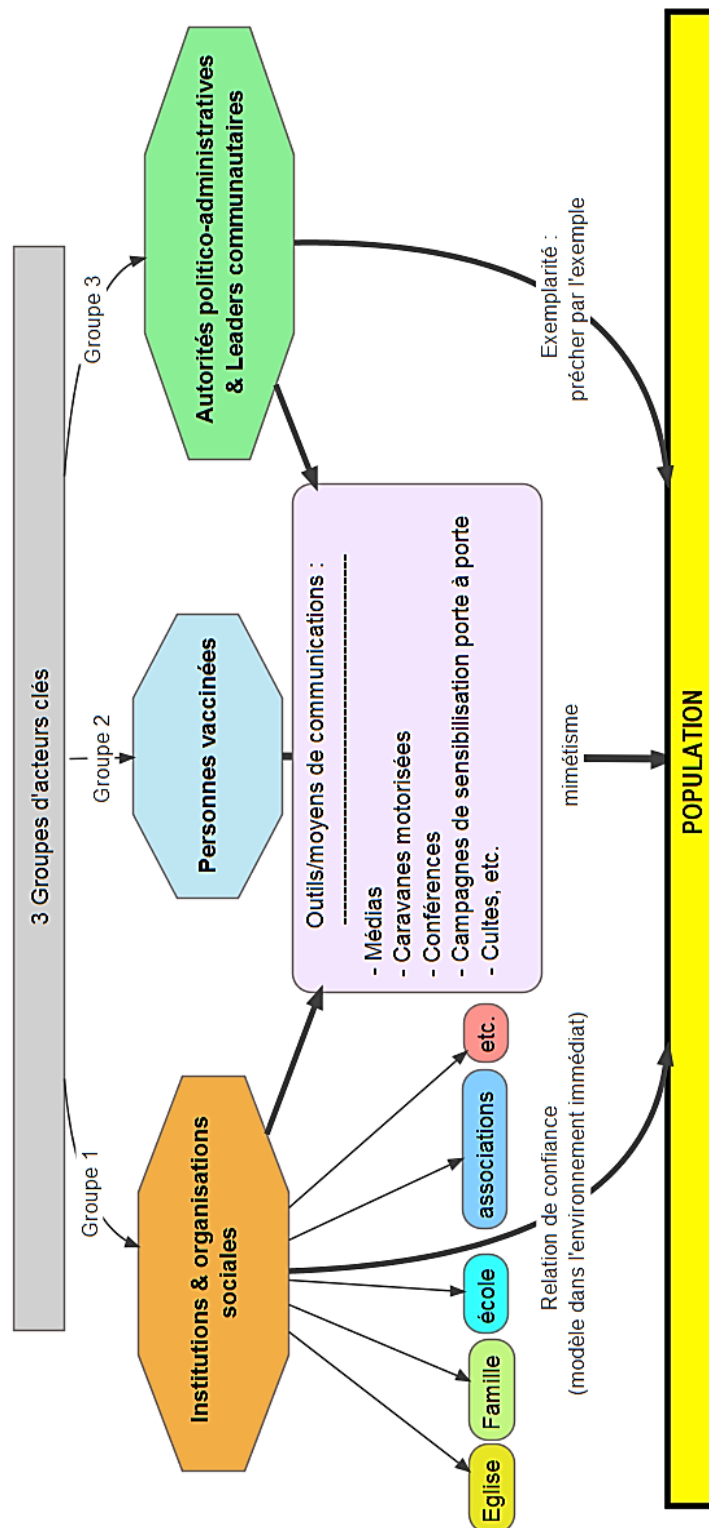


Fig. 4. *Modèle d'intervention: approche psychosociologique de la communication pour le vaccin Covid-19*

Le modèle que nous proposons appelle les gouvernants congolais à privilégier une intervention adaptée au contexte actuel en République démocratique du Congo, en mettant en avant l'approche psychosociologique de la communication comme

moteur de réussite de la vaccination contre la Covid-19. En effet, dans une approche psychosociologique, contrairement à l'idée populaire; la communication ne repose pas bien entendu sur la seule expression orale: elle est un système à canaux multiples. La communication est donc bien un acte social, pouvant être délibéré ou involontaire, conscient ou non. Il est en tout cas l'un des actes fondateurs du lien social et, comme le formulent si bien les théoriciens de la « nouvelle communication » (Watzlawick en particulier), on ne peut pas ne pas communiquer. « Si l'on admet que dans une interaction, tout comportement a la valeur d'un message, c'est-à-dire qu'il est une communication, il suit qu'on ne peut pas ne pas communiquer, qu'on le veuille ou non » (Watzlawick et al. 1972) cité par Jean-Claude Abric (2019). Ainsi, la communication est d'un point de vue psychologique une conduite psychosociale visant à transmettre une information par l'emploi du langage, des gestes, des attitudes ou des mimiques. Dans la communication, on part avec quelque chose de très large et à l'arrivée très peu de choses sont perçues. La réponse donnée par le récepteur est la garantie que l'émetteur a été compris ou non: c'est le "feed-back", qui pourra être positif ou négatif. La communication est donc une série de feed-back successifs. (Dominique Giffard, 1985).

Ce modèle met en évidence trois groupes d'acteurs clés dans le cadre de l'approche psychosociologique de la communication pour la vaccination contre la Covid-19: les institutions et organisations sociales, les personnes déjà vaccinées ainsi que les autorités politico administratives et les leaders communautaires. A leur tour, ces différents acteurs, en dépit de l'influence qu'ils jouent dans la société, doivent également utiliser divers moyens de communication à leur disposition dans le but de convaincre la population à adhérer de manière responsable à la vaccination: médias, conférences, séminaires, cultes, cours, etc. Sans être exhaustif, voici les quelques pistes que nous proposons pour chaque groupe d'acteurs:

### **5.2.1 IMPLICATIONS DES INSTITUTIONS & ORGANISATIONS SOCIALES**

"L'homme est un animal social" dit-on. Ce dicton signifie simplement que l'être humain est appelé à vivre en compagnie des autres ou qu'il est influencé par son entourage. Albert Bandura, dans les années 1970, a développé une théorie de l'apprentissage social qui met l'accent sur le rôle de l'observation, de l'imitation et de la coopération dans l'apprentissage du comportement. En effet, les attitudes des individus dans un groupe sont communément décrites comme des comportements appris, qui exercent une influence constante sur les réactions individuelles aux objets, aux personnes ou aux groupes. En tant que produit de la socialisation, les attitudes sont perçues comme changeantes. C'est pourquoi l'implication des institutions et des organisations sociales est essentielle dans la sensibilisation pour la vaccination contre la covid-19. Parmi ces institutions nous citons: la famille en tant que noyau sociétal, l'église, l'école, les associations, les milieux professionnels, etc. Ces organisations sociales devraient jouer un rôle important dans l'éducation de la population principalement sur les bienfaits du vaccin.

Par exemple, il faudra impliquer les chefs religieux, les enseignants, les présidents d'associations, etc. pour désintoxiquer les populations face aux rumeurs sur la dangerosité de se faire vacciner contre le Covid-19. L'avantage est que la communication sera plus fluide et la relation entre l'émetteur et le récepteur étant une relation de confiance, l'adhésion à la vaccination serait rassurée. Cependant, il convient de souligner que les communications des acteurs de ces organisations se fassent dans un premier temps de manière directe: de bouche à oriel par exemple afin d'éviter de tomber dans la monotonie médiatique, si toutes les sensibilisations doivent avoir lieu à la télé ou via les réseaux sociaux. De plus, comme indiqué plus haut, les mêmes médias et réseaux sociaux véhiculent paradoxalement des images contraires à l'égard des exigences officielles dans l'éradication de la Covid-19.

### **5.2.2 MIMÉTISME DES VACCINES DANS LA SENSIBILISATION**

Comme c'est le cas dans le point précédent, l'homme agit en fonction de ce que lui offre le cadre social. Ainsi, en parlant du mimétisme il est question ici, sur le plan comportemental, du mécanisme fondamental de l'apprentissage qui passe par la synchronisation de ses propres gestes avec ceux de la personne imitée. En des termes simples, le mimétisme s'explique par le fait qu'en voyant l'autre faire que l'on se représente l'utilité ou l'intérêt de la chose faite, en même temps que l'on découvre l'apparence que prend ce geste.

En effet, les personnes vaccinées contre la Covid-19 devraient être impliquées dans le circuit de sensibilisation, tant dans leurs familles respectives que dans leurs milieux professionnels, religieux, associatifs, etc. A ce niveau, ce mimétisme des vaccinés aura plus d'effet qu'une simple sensibilisation via les médias, car étant « immédiate » et donc sans intermédiaires. En outre, notons que parmi les théories modernes de modification du comportement en psychologie, les théories du comportement planifié de Fishbein et Ajzen (1975) et celle des comportements interpersonnels qui est un modèle psychosocial proposé par Triandis (1980) stipulent dans leur ensemble que le réseau social à proximité doit être ciblé pour soutenir le changement de comportement souhaité chez la personne. Car l'environnement social constitue l'une des facteurs facilitant

ou nuisant à l'adoption du comportement et l'identité personnelle (état physiologique ou psychologique de l'individu susceptible de favoriser ou non la réalisation du comportement). C'est dans ce cadre qu'il est important de travailler sur l'influence du mimétisme des vaccinés dans le cadre de la sensibilisation pour la vaccination.

### 5.2.3 EXEMPLARITE DES AUTORITES POLITICO-ADMINISTRATIVES ET LEADERS D'OPINIONS

On ne le dira jamais assez, les acteurs sociopolitiques ont un rôle très crucial à jouer dans la campagne de vaccination contre la covid-19. Dans le processus de sensibilisation, ils doivent enclencher une stratégie de communication de proximité réelle avec une participation active visant à prêcher par l'exemple: se faire vacciner devant la population avant de les inviter à le faire à leur tour. Cette forte implication des leaders d'opinion locaux et autres personnalités politiques (président de la république, ministres, députés, sénateurs, chefs de quartier, chefs d'avenues, bourgmestres, responsables religieux, artistes, journalistes, etc.) permet de véhiculer un message bien réel et responsable. C'est à ce niveau qu'il faut prioriser l'action médiatique de la prise du vaccin par les autorités politico-administratives afin de mettre la population en confiance et la convaincre à prendre au sérieux la Covid-19 et adhérer à son vaccin.

Toutefois, les informations diffusées sur les médias doivent faire l'objet d'une analyse minutieuse, afin que toutes images ou scènes publiques qui véhiculent le non-respect des règles sanitaires, comme la distanciation sociale oui qui véhiculent les informations qui sèment des doutent dans la population ne soient diffusées. Ayant bon nombre des moyens nécessaires à leurs dispositions pour persuader la population, d'abord en prêchant par l'exemple, comme souligné ci-dessus, les autorités du pays et les leaders d'opinions doivent aussi faire recours aux caravanes motorisées, aux conférences débats, ou aux campagnes de sensibilisation porte à porte en vue d'intensifier leurs actions.

## 6 CONCLUSION

La rédaction de cet article, est le fruit d'un constat fait en République démocratique du Congo, lequel souligne que la campagne de vaccination contre la covid-19 peine à convaincre la population, étant donné que des rumeurs et des souvenirs douloureux ont accompagné son imaginaire collectif face à la covid-19 et son vaccin. Ainsi, les autorités du pays peine à convaincre la population, faute d'approches appropriées. Dans un premier temps, nous avons voulu identifier la perception de la Covid-19 et de son vaccin en R.D.Congo. Les résultats obtenus nous ont montré que cette perception est généralement négative, d'où nous avons fait l'inventaire des facteurs explicatifs de cette perception négative de la Covid-19 et de son vaccin. Notre analyse montre que les causes sont à la fois historiques et actuelles. En guise de notre apport, nous avons élaboré un modèle d'intervention calqué sur les réalités situationnelles de la République démocratique du Congo. Basé sur l'approche psychosociologique de la communication, ce modèle privilégie l'implication des trois groupes d'acteurs clés dans le processus de la communication responsable, sans restreindre celle-ci à la campagne de sensibilisation. L'implication des institutions et organisations sociales, notamment la famille, l'église, l'école, les associations, etc. le mimétisme des vaccinés dans la sensibilisation et l'exemplarité des autorités politico-administratives et leaders d'opinions sont les grandes pistes d'intervention que propose ce modèle, dans un processus communicationnel et socio-interactif. Nous sommes convaincus que cet article servira de référence aux chercheurs et différents acteurs concernés par la thématique dans divers horizons.

## REFERENCES

- [1] Actualité.cd (2021). *Coronavirus*. URL: <https://actualite.cd/2021/01/12/coronavirus-nous-avonsdeux-produits-congolais-qui-promettentnous-allons-en-faire>.
- [2] BBC (2021). Covid-19: pourquoi la vaccination contre le coronavirus en RDC est-elle si lente ? consulté sur: <https://www.bbc.com/afrique/region-56933366>.
- [3] Target (2020). *Covid-19 en RDC: les recommandations de Target pour redresser les perceptions négatives sur la gravité de la maladie*. URL: <https://www.target-sarl.cd/fr/content/covid-19-en-rdc-les-recommandations-de-target-pour-redresser-les-perceptions-negatives-sur>, consulté le 03 Juillet 2021.
- [4] Target (2020). Les congolais et la Covid-19. Rapport-Covid, Kinshasa.
- [5] Dolbeau-Bandin, C. & Elsa J.M. (2020). *Infox et Coronavirus Covid-19: une relative contagiosité ?* URL: <https://www.hal.archives-ouvertes.fr>. Consulté le 25 septembre 2020.
- [6] Giffard, D. (1985). *Communication*. URL: [http://psychiatriinfirmiere.free.fr/infirmiere/formation/psychologie/psychologie/com munication.htm](http://psychiatriinfirmiere.free.fr/infirmiere/formation/psychologie/psychologie/com%20munication.htm).
- [7] Priam, E. & Demmer, B. (2021). *Vaccin anti Covid-19: le tour des fake news*. <https://www.doctissimo.fr/sante/epidemie/coronavirus-chinois/vaccin-covid-19fake-news>.
- [8] France24 (2021). Consulté le 03 juillet 2021, URL: <https://www.france24.com/fr/afrique/20210703-covid-19-en-rd-congo-les-proposanti-vaccin-du-président-félix-tshisekedi-font-polémique>.
- [9] Abric, J-C. (2019). *Psychologie de la communication: Théories et méthodes*. Dunod.
- [10] Mbah Mekem et Sidje Jonas (2020). COVID-19: La contribution de la médecine naturelle.
- [11] Radio Okapi (2021). *Bukavu: panique dans les écoles à cause d'une rumeur sur la vaccination contre la COVID- 19*. Consulté sur: <https://www.radiookapi.net/2021/02/25/actualite/societe/bukavu-panique-dans-lesecoles-cause-dune-rumeur-sur-la-vaccination>.
- [12] RFI (2021). *RDC: le refus de Félix Tshisekedi de se faire vacciner contre la Covid-19 fait polémique*, Consulté le 03 juillet 2021. URL: <https://www.rfi.fr/fr/afrique/20210702rdc-le-refus-de-félix-tshisekedi-de-se-faire-vacciner-contre-le-covid-19-faitpolémique>.
- [13] Romeyer, H. (2020) « *La médiatisation tend aujourd'hui à céder un peu plus à la panique* », in la revue des médias, 9 mars 2020, URL: <https://larevuedesmedias.ina.fr/covid-19coronavirus-la-mediatisation-tendaujourd'hui-ceder-un-peu-plus-la-panique>.
- [14] SciDev.Net (2021), *Débat: La vaccination contre la COVID-19 en Afrique, entre peur et méfiance*, consulté sur: <https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/opinions/lavaccination-contre-la-covid-19-en-afrique-entre-peur-et-mefiance/>.

## Evaluation de l'efficacité du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) sous différentes pratiques de travail du sol en zone Sahélienne du Mali

### [ Evaluation of the effectiveness of Tilemsi phosphate rock (PNT) under different tillage practices in the Sahelian zone of Mali ]

*Aliou Badara Kouyate<sup>1</sup> and Idriss Serme<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR, IFRA), Département des Sciences et Techniques Agricoles, Unité science du sol, BP 06 Koulikoro, Mali

<sup>2</sup> Institute of the Environment and Agricultural Research (INERA), 04 B.P. 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso

---

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

**ABSTRACT:** The deficiency in available phosphorus for crops is a major constraint on cereal production in Mali. The objective of this study was to assess the combined effects of phosphorus sources at different rate and tillage practice on maize agronomic performance and soil chemical properties. The treatments used consisted of the combination of three sources of phosphorus at three doses each and two types of tillage, arranged in a split-plot device with three repetitions. Contour plowing increased corn grain yield by 22 and 16% compared to conventional plowing in 2013 and 2014, respectively, and improved the availability of PNT's phosphorus due to its ability to increase soil moisture. Maize growth and phosphorus uptake were better with contour plowing compared to conventional plowing with an increase of 44% and 65% respectively in 2013 and 2014. Relative agronomic efficiency was higher with contour plowing. level compared to conventional plowing. The powdered form of PNT significantly ( $P < 0.05$ ) increased phosphorus adsorption indices compared to the granule form. These results show that there is a great opportunity to improve maize production in Mali through the use of natural phosphorus combined with an adequate tillage practice.

**KEYWORDS:** Available phosphorus, Maize, Mali, Tillage practice, TPR.

**RESUME:** La déficience en phosphore disponible pour les cultures, est une contrainte majeure à la production céréalière au Mali. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets combinés des sources de phosphore à différentes doses et le travail des sols sur les performances agronomiques du maïs et les propriétés chimiques du sol. Les traitements utilisés consistaient à la combinaison de trois sources de phosphore à trois doses chacune et deux types de travail du sol, arrangés dans un dispositif en split-plot avec trois répétitions. Le labour en courbe de niveau augmentait le rendement en grain du maïs de 22 et 16 % comparé au labour conventionnel, respectivement en 2013 et 2014 et améliorait la disponibilité du phosphore du PNT du fait de sa capacité à augmenter l'humidité du sol. La croissance du maïs et le prélèvement du phosphore ont été meilleurs avec le labour en courbe de niveau comparé au labour conventionnel avec respectivement une augmentation de 44 et 65 % en 2013 et 2014. L'efficacité agronomique relative était plus élevée avec le labour en courbe de niveau comparativement au labour conventionnel. La forme en poudre du PNT a augmenté significativement ( $P < 0.05$ ) les indices d'adsorption du phosphore comparée à la forme granule. Ces résultats montrent qu'il existe une grande opportunité pour améliorer la production du maïs au Mali à travers une utilisation du phosphore naturel combiné à une pratique adéquate de travail du sol.

**MOTS-CLEFS:** Maïs, Mali. Phosphore assimilable, PNT, Travail du sol.

## **1 INTRODUCTION**

La déficience des sols en phosphore est considérée comme l'une des contraintes biophysiques majeures à la production agricole dans les régions semi-aride et sub-humide de l'Afrique. L'apport de phosphore est une nécessité absolue sans lequel l'apport d'autres éléments minéraux n'entraînera pas un accroissement de la production agricole dans ces régions [1], [2], [3].

Les systèmes de culture Sahéliens sont caractérisés par des sols fortement altérés, une extraction des nutriments avec des faibles apports externes [4] qui, au fil des siècles ont entraîné l'appauvrissement de ces sols en phosphore avec des valeurs souvent inférieures à 5 mg Bray-P kg<sup>-1</sup> de sol [5].

L'apport d'engrais phosphatés plus ou moins solubles comme le superphosphate triple, le superphosphate simple et les phosphates naturels est proposé pour assurer l'approvisionnement des plants en phosphore assimilable. Considérant que les phosphates hydrosolubles sont des engrais industriels qui nécessitent des investissements onéreux et que leurs applications régulières ont des incidences sur l'environnement [6], [7]; il est indispensable de trouver d'autres alternatives pour corriger le déficit en phosphore dans les sols.

L'utilisation du phosphate naturel (PN) a été suggérée comme une alternative pour pallier à la déficience du phosphore des sols tropicaux [8].

L'efficacité agronomique des phosphates naturels dépend de leur réactivité, des propriétés des sols, du climat, des cultures et des pratiques culturales [9], [10], globalement des conditions agropédoclimatiques. L'amélioration de l'efficacité agronomique des phosphates naturels peut se faire par augmentation de l'humidité du sol qui affecte positivement le taux de dissolution du phosphate naturel [8]. Le processus est affecté par la rapide neutralisation des ions hydroxydes libérés et l'enlèvement de calcium (Ca) et autres produits de la réaction dans la zone proche des particules du phosphate naturel. Un approvisionnement adéquat en eau favorise l'absorption du phosphore par la plante, entraînant une amélioration de l'efficacité agronomique des phosphates naturels [8].

Le maïs est la 3<sup>ème</sup> céréale la plus cultivée au Mali après le mil et le sorgho [11]. Malgré cette importance du maïs dans la production vivrière, il convient de signaler que le développement des productions céréalières en général et de celle du maïs en particulier au Mali et dans les autres pays Sahéliens, se trouvent contrariés non seulement par des aléas climatiques devenus presque endémique (insuffisance et/ ou mauvaise répartition des pluies) mais aussi la faible productivité des sols agricoles. L'utilisation des engrais minéraux et de la fumure organique constitue un moyen efficace pour contribuer à restaurer la fertilité des sols et à accroître les rendements des plantes cultivées. Les engrais phosphatés hydrosolubles comme le phosphate d'ammoniaque sont généralement recommandés pour corriger la déficience en phosphore du sol. Cependant, la plupart des pays en voie de développement importent ces engrais, qui sont difficiles d'accès pour les producteurs à faible revenu. L'application directe du phosphate naturel de Tilemsi pourrait être rentable en comparaison avec les engrais phosphatés importés [12].

Bien que l'utilisation du phosphate naturel de Tilemsi dans la production agricole au Mali ait fait l'objet de plusieurs recherches [13], [14], la plupart de ces travaux ont porté sur le broyage, la combinaison du phosphate naturel de Tilemsi avec la matière organique ou l'acidulation partielle et l'inoculation avec des microorganismes. Il existe actuellement peu d'informations scientifiques sur la dose de PNT à apporter en combinaison avec le type de gestion ou de travail du sol qui peut améliorer de façon significative son efficacité agronomique dans une zone à pluviométrie faible et aléatoire comme la zone Sahélienne du Mali. C'est dans ce cadre que cette étude a été initiée dans l'objectif d'évaluer les effets de différentes formes et doses d'application du phosphate sous différentes pratiques de travail des sols sur les performances agronomiques du maïs et les propriétés chimiques du sol. L'hypothèse de cette étude est que le mode de gestion du sol comme le labour en courbe de niveau améliore la solubilité du PNT et le rendement du maïs.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE**

L'étude a été conduite pendant deux ans (Mars 2013 à Décembre 2014) en plein champ à Konobougou au Mali. La zone est localisée entre le 12° 55' Nord et 6° 46' Ouest. Le climat est de type sahélien avec une longue saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une courte saison des pluies de juin à septembre. La moyenne annuelle des pluies varie entre 500 et 700 mm [15]. La longueur de la saison des cultures est de 90 -100 jours. Les sols sont à dominance sablo-limoneuse.

## 2.2 MATERIEL DE L'ETUDE

Le matériel végétal utilisé dans le cadre de cette recherche est la variété de maïs Sotubaka (*Zea mays L.*). Les semences ont été obtenues auprès du «Programme Maïs» du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba. Elle a un cycle cultural de 90 - 100 jours avec un rendement moyen en station variant entre 3,5 et 4 t ha<sup>-1</sup>.

Trois types d'engrais ont été utilisés: le DAP (18-46-0), l'urée (46% d'azote) et le KCl (60%).

## 2.3 METHODES

### 2.3.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET COLLECTE DES DONNEES

L'étude a consisté à comparer trois (3) types d'engrais phosphatés: PNT granulé, PNT en poudre et le DAP à trois (3) doses d'application: 0 kg ha<sup>-1</sup>, 11kg ha<sup>-1</sup> (dose recommandée), et 16 kg ha<sup>-1</sup> (dose standard pour le site de l'étude) combinées à deux (2) types de travail du sol: labour en courbe de niveau (LCN) et le labour conventionnel (LC) disposés en split-plot arrangé en bloc randomisé complet avec trois répétitions.

Les engrais phosphatés ont été apportés avant le semis suivi d'un léger enfouissement. L'urée a été apportée en fumure de couverture en deux fractions (15 jours après semis et 45 jours après semis).

### PARAMÈTRES MESURÉS

Les paramètres suivants ont été déterminés:

#### LE RENDEMENT GRAIN ET LA BIOMASSE SÈCHE

Le rendement en grain du maïs a été déterminé à la récolte après maturation complète des grains. Les épis récoltés sur chaque parcelle élémentaire ont été séchés au soleil et égrenés. Les grains de maïs, après vannage ont été ensuite pesés.

Le rendement (Rdt) grain par unité expérimentale a été converti en kg ha<sup>-1</sup> en utilisant la formule suivante:

$$\text{Rdt grain (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{kg Rdt grain m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^{-2}$$

La biomasse a été déterminée après séchage au soleil dans les conditions du milieu ambiant pendant 10 jours. Le séchage a été suivi par la pesée avec une balance de précision.

Le rendement de la biomasse sèche par unité expérimentale a été aussi converti en kg ha<sup>-1</sup> par la formule suivante:

$$\text{Rdt biomasse (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Rdt en kg de la biomasse m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^{-2}$$

#### ESTIMATION DE L'ABSORPTION DES NUTRIMENTS PAR LA PLANTE

Pour l'évaluation de l'absorption générale des éléments nutritifs, des échantillons de grains, de feuilles et de tiges ont été sélectionnés pour l'analyse du phosphore total.

L'absorption du phosphore (P) a été calculée comme le produit de la concentration du nutriment (P) dans la graine et la biomasse multipliée par le Rendement (Rdt).

$$\text{Nutriment absorbé} = \text{Rdt grain} \times \text{concentration du nutriment (P) dans le grain} + \text{Rdt paille} \times \text{concentration du nutriment (P) dans la biomasse}$$

#### L'HUMIDITÉ DU SOL

L'humidité du sol ou humidité gravimétrique a été déterminée par échantillonnage du sol en trois (3) périodes: 4, 8 et 12 semaines après semis sur le labour en courbe de niveau et le labour conventionnel. Douze (12) échantillons de sols ont été prélevés par répétition et par date de prélèvement. L'humidité du sol ou la masse de l'eau a été déterminée par séchage de sol humide (Phs) à un poids constant (105 °C à 24 H). Le poids du sol a été pesé après et avant séchage (Pss). La masse de l'eau ou poids de l'eau a été estimé par la différence entre le poids humide et le poids sec [16].

L'humidité du sol sur la base du poids sec a été calculée suivant la formule:

$$\Theta_g = \frac{(Phs + tare) - (Pss + tare)}{(Pss + tare) - (tare)}$$

Phs: poids humide du sol; Pss: poids sec du sol

### **L'EFFICACITÉ AGRONOMIQUE RELATIVE (EAR)**

L'efficacité agronomique relative (EAR) a été calculée comme le rapport du rendement (Rdt) avec le PNT sur le rendement obtenu avec le DAP au même niveau d'application (11 kg de P ha<sup>-1</sup> et 16 kg de P ha<sup>-1</sup>) en utilisant la formule:

$$EAR = \frac{Rdt_{PNT} - Rdt_{Temoin}}{Rdt_{DAP} - Rdt_{Temoin}} \times 100$$

### **PRÉLÈVEMENT ET ANALYSE DES ÉCHANTILLONS DE SOL**

L'échantillonnage du sol a été fait avec la tarière. Des échantillons composites ont été prélevés à 0 - 20 cm de profondeur avant l'application des engrais et à la récolte sur chaque unité expérimentale. Les échantillons ont été soigneusement séchés à l'air et tamisés avec un tamis de 2 mm de diamètre. Les échantillons tamisés ont été conservés dans des sacs en polythène pour les analyses chimiques. Ces analyses ont porté sur la détermination du pH eau (1/1), le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Bray 1, les bases échangeables par la méthode de l'acétate d'ammonium, l'azote totale par la méthode Nelson et Sommers. L'analyse des échantillons a été faite au laboratoire sol eau plante (unité d'analyse) de l'IER/ Sotuba.

### **ANALYSE STATISTIQUE**

Les données collectées ont été soumises à l'Analyse de la Variance (ANOVA) avec le logiciel « *Genstat statistical package 9<sup>th</sup> édition* ». En cas de différence significative, la séparation des moyennes a été faite en utilisant le test de la plus petite différence significative (ppds). L'analyse de corrélation et de régression a été faite entre les propriétés du sol et les paramètres du maïs à la récolte.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU SITE DE L'ETUDE**

Les résultats d'analyse du sol au moment de l'implantation de l'expérimentation sont consignés dans le tableau 1. Le pH du sol était fortement acide, les teneurs en matière organique, en azote, et en phosphore assimilable étaient très faibles avec une capacité d'échange cationique effective très faible.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du sol du site de l'étude

<b>Analyse chimique</b>	
pH (1: 1 H <sub>2</sub> O)	4,70
M.O (%)	0,68
Azote total (%)	0,02
P assimilable (mg kg <sup>-1</sup> )	2,13
<b>Cations échangeables (Cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>)</b>	
Ca	0,85
K	0,10
Na	0,21
Mg	0,40
Al+H	0,06
CECE	1,62
<b>Granulométrie (%)</b>	
Sable	76,5
Limon	19,3
Argile	4,20
Classe texturale	Limon sableux

Légende: M.O: Matière organique; P: Phosphore; CECE: Capacité d'échange cationique effective

### 3.2 EFFET DU TRAVAIL DU SOL ET DE L'APPLICATION DU PHOSPHORE SUR CERTAINES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU SOL

L'apport des formes de phosphore (DAP et PNT) a influencé de façon significative ( $P < 0.01$ ) le pH du sol. La valeur du pH mesurée dans les parcelles qui ont reçu le PNT a été supérieure à celles des parcelles du DAP et du témoin (Tableau 2). Le calcium échangeable ( $\text{Ca}^{2+}$ ) a été significativement ( $P = 0.004$ ) influencé par les formes de phosphore dans la deuxième année de l'étude (Tableau 2). Les parcelles qui ont reçu le PNT ont donné la plus grande valeur  $\text{Ca}^{2+}$  ( $0,92 \text{ Cmol}^+ \text{kg}^{-1}$ ).

Le type de travail du sol a significativement influencé ( $P < 0.01$ ) la teneur du phosphore assimilable du sol, pendant la première année de l'expérience, le labour en courbe de niveau a enregistré le taux de P assimilable le plus élevé comparé au labour conventionnel (Tableau 2). Bien qu'en deuxième année aucune différence significative n'a été observée entre les deux types de travail du sol le taux de phosphore assimilable libéré dans le sol avec le labour en courbe de niveau a été plus élevé que le labour conventionnel.

La teneur en phosphore assimilable du sol a été significativement influencée ( $P < 0.001$ ) par les différentes formes de P (Tableau 2). Parmi les sources de phosphore, le DAP a été supérieur aux différentes formes de PNT pour la teneur en phosphore assimilable libérée dans le sol. La teneur du phosphore assimilable du sol augmente avec le niveau d'application du phosphore aussi bien avec le labour en courbe de niveau que le labour conventionnel durant les deux années de l'expérimentation.

Tableau 2. Effets des engrais phosphatés et du travail du sol sur le pH, le Ca et le P assimilable

	2013			2014		
	pH	Ca (cmol.kg <sup>-1</sup> )	P (mgkg <sup>-1</sup> )	pH	Ca (cmol.kg <sup>-1</sup> )	P (mgkg <sup>-1</sup> )
TraT Type de travail du sol						
LCN	4,41	0,68	5,26	4,76	0,80	4,25
LC	4,38	0,59	3,81	4,71	0,74	3,96
Fpr	0,55	0,49	0,01	0,13	0,32	0,25
Forme de phosphore (FP)						
Témoin (sans-P)	4,25	0,59	3,12	4,20	0,57	2,73
DAP	4,29	0,63	6,67	4,72	0,77	4,69
PNT (Granule)	4,59	0,63	4,13	4,98	0,92	4,11
PNT (Poudre)	4,54	0,67	4,55	5,03	0,84	4,61
Ppds (0.05)	0,21	0,13	0,85	0,20	0,19	0,46
Fpr	0,01	0,71	< 0.001	< 0.001	0,004	<0.001
Dose de Phosphate (DP) kg/ha						
0	4,26	0,64	3,10	4,33	0,66	2,25
11	4,38	0,60	4,63	4,89	0,92	4,79
16	4,54	0,65	6,13	4,98	0,75	5,28
Ppds (0.05)	0,18	0,11	0,74	0,17	0,16	0,40
Fpr	0,01	0,69	< 0.001	<0.001	0,01	<0.001
CV (%)	7.20	31.70	28.10	6.30	36.90	16.90

### 3.3 EFFET DU TRAVAIL DU SOL ET DE L'APPLICATION DU PHOSPHORE SUR LE RENDEMENT GRAIN ET LA BIOMASSE SECHE DU MAÏS.

Le type de travail du sol n'a pas eu une influence significative ( $P > 0.05$ ) sur le rendement grain. Cependant on note que le labour en courbe de niveau a permis une augmentation du rendement grain de 22 % et 16 % respectivement en 2013 et 2014 comparé au labour conventionnel.

L'apport du phosphore a eu une influence significative ( $P < 0,001$ ) sur le rendement grain du maïs dans l'ordre décroissant DAP > PNT poudre > PNT granulé > témoin au cours de l'étude (Tableau 3). Un rendement grain significativement élevé a été obtenu avec le DAP avec les différents niveaux d'apport du phosphore (11 et 16 kg ha<sup>-1</sup>) comparé aux formes de PNT (poudre et granulé) durant les deux années. Le PNT sous forme de poudre a produit un rendement grain significativement plus élevé que le PNT sous forme granulé et le témoin à la fois à 11 et 16 kg ha<sup>-1</sup> pendant les deux années d'étude (Figures 1 et 2).

Une augmentation générale a été observée du faible niveau d'application à la dose de 16 kg ha<sup>-1</sup> pendant les deux années.

Le rendement biomasse sèche a connu une augmentation avec le labour en courbe de niveau de 32 % et 14 % respectivement en 2013 et 2014 comparé au labour conventionnel. Parmi les différentes formes de phosphore, aucune différence significative n'a été observée entre le DAP et le PNT (poudre) durant les deux années. Ceux-ci sont significativement supérieurs dans l'élaboration du rendement biomasse sèche en comparaison au PNT (granulé) et le Témoin (Tableau 3).

Tableau 3. Effets des engrais phosphatés et du travail du sol sur le rendement grain et biomasse du maïs

	2013		2014	
	Grain	Biomasse	Grain	Biomasse
	(kg ha <sup>-1</sup> )			
<b>Travail du sol (TS)</b>				
LCN	1544	4391	1504	4261
LC	1267	3321	1299	3727
Fpr	0.07	0.11	0.08	0.14
<b>Type de phosphore (TP)</b>				
Témoin (sans- P)	460	2753	521	2909
DAP	2300	4790	2270	4667
PNT (Granule)	1097	3494	1133	4073
PNT (Poudre)	1765	4389	1683	4326
Ppds (0.05)	228.50	838.40	219.20	535.10
Fpr	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<b>Dose de Phosphate (DP kg/ha)</b>				
0	578	2729	615	2871
11	1610	4146	1633	4298
16	2029	4694	1957	4812
Ppds (0.05)	197.90	726.10	189.80	463.40
Fpr	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<b>Interactions</b>				
TP x DP	< 0.001	0.60	< 0.001	0.001
CV (%)	24.20	32.40	23.30	19.90

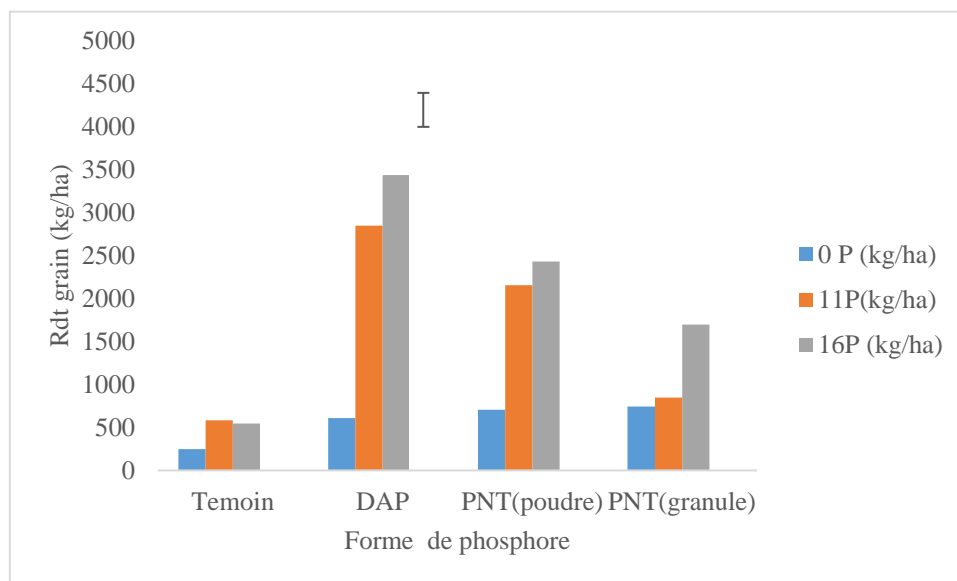


Fig. 1. Effets d'interaction entre le type et le taux d'apport du phosphore sur le rendement grain en 2013

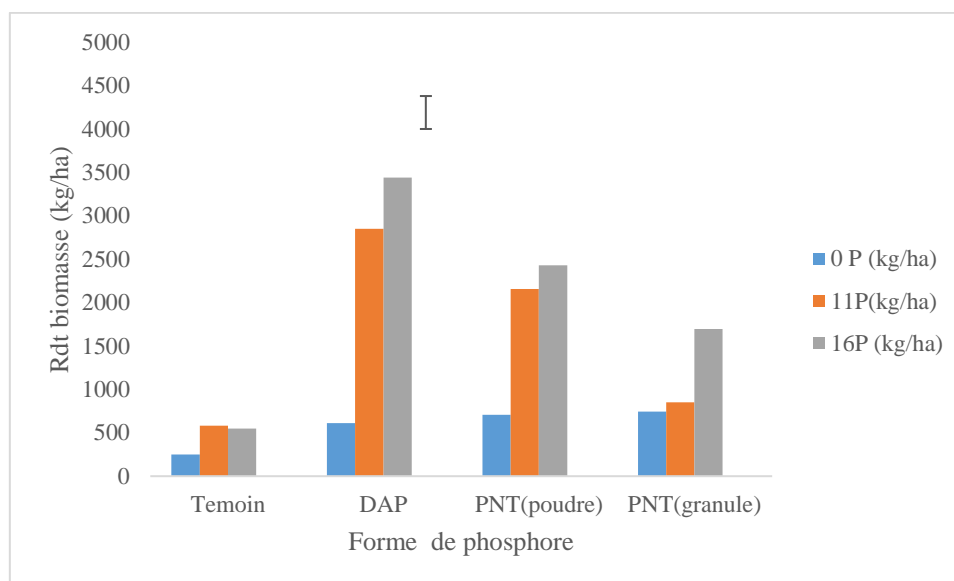


Fig. 2. Effets d'interaction entre le type et le taux d'apport du phosphore sur le rendement grain en 2014

### 3.4 EFFET DU TRAVAIL DU SOL SUR L'HUMIDITE GRAVIMETRIQUE A 0-20 ET 20-60 CM DE PROFONDEUR

L'humidité du sol a été plus importante avec le labour en courbe de niveau que le labour conventionnel pendant les deux années de l'expérimentation aussi bien à 0 - 20 que 20 - 60 cm. Le taux d'accroissement de l'humidité du sol pour le labour en courbe de niveau comparé au labour conventionnel a été de 59 % et 22 % respectivement en 2013 et 2014. Une augmentation générale de l'humidité gravimétrique a été observée du début à la fin de l'expérimentation. La teneur en humidité du sol augmente avec la profondeur du sol.

### 3.5 RELATION ENTRE LE RENDEMENT GRAIN ET CERTAINES PROPRIETES DU SOL A LA RECOLTE

L'équation de régression multiple qui décrit la relation entre le rendement en grain et certaines propriétés du sol est présentée dans les tableaux 4 et 5. Le rendement grain a été significativement influencé par le phosphore assimilable et le pH du sol avec le labour en courbe de niveau. L'analyse a montré que le P assimilable du sol ( $P < 0,001$ ) a permis une augmentation significative du rendement grain au cours des deux saisons et pour les deux types de labour (Tableaux 4 et 5). À l'inverse, les autres propriétés du sol n'ont pas eu d'influence significative ( $P > 0,05$ ) sur le rendement en grain, à l'exception de l'azote total en 2014.

Tableau 4. Régression multiple entre le rendement grain et les propriétés du sol en 2013

Propriétés du sol	LCN			LC		
	Coeff	SE	Significance	Coeff	SE	Significance
Constant	-2830	1614	0.09	-2135	2199	0.34
P.ass	267.20	38.8	< 0.001	3516	91.8	< 0.001
Humidité	24.60	53.30	0.64	0.7	80.6	0.99
Exch. Ac	15350	7698	0.06	-14699	10479	0.17
Exch. Ca	4589	9369	0.62	1763	14937	0.24
Exch. K	-5146	3157	0.11	-2837	5055	0.57
Exch.Mg	-8467	18489	0.65	-32894	29515	0.27
Total N	893	16489	0.95	-2598	34693	0.94
Carbone du sol	-533	973	0.58	-2149	1820	0.24
pH	515	282	0.05	643	543	0.24

Coeff: coefficient; SE: standard error; P.ass: P assimilable

$Y_{LCN} = 267.20 (\pm 38.8) P.ass + 515 (\pm 282) pH$   $P < 0.001$   $R^2 = 0.74$

$Y_{LC} = 3516 (\pm 91.8) P.ass$   $P < 0.01$   $R^2 = 0.42$

Tableau 5. Régression multiple entre le rendement grain et les propriétés du sol en 2014

Propriétés du sol	LCN			LC		
	Coeff	S E	Significane	Coeff	SE	Significane
Constant	-451	1349	0.74	-2022	1768	0.26
P.ass	343.30	61.2	< 0.001	429	157	0.01
Humidité	-15	51.4	0.77	108.9	83.3	0.20
Exch. Ac	873	6668	0.89	10048	15402	0.52
Exch. Ca	-449	794	0.57	483	1140	0.67
Exch. K	-486	4018	0.90	-248	5869	0.96
Exch.Mg	826	1702	0.63	-650	2159	0.76
Total N	220	251	0.38	467	222	0.04
SOC	187	969	0.84	259	874	0.76
pH	35	258	0.89	-266	376	0.48

Coeff: coefficient, SE: standard error

$Y_{CR} = 343.30 (\pm 61.2) P.ass P < 0.001 R^2 = 0.69$

$Y_{HT} = 429 (\pm 157) P.ass + 467 (\pm 222) Total N P < 0.001; R^2 = 0.52$

### 3.6 ABSORPTION DU PHOSPHORE PAR LE MAÏS

Le type de travail du sol a eu une influence significative ( $P < 0.004$ ) sur l'absorption du phosphore par le maïs. L'absorption du phosphore a été plus élevée avec le labour en courbe de niveau comparé au labour conventionnel (Figures 3 et 4) durant les deux années d'expérimentation. Le taux d'accroissement de l'absorption du phosphore avec le labour en courbe en niveau comparé au labour conventionnel a été de 44 % et 65 % respectivement en 2013 et 2014.

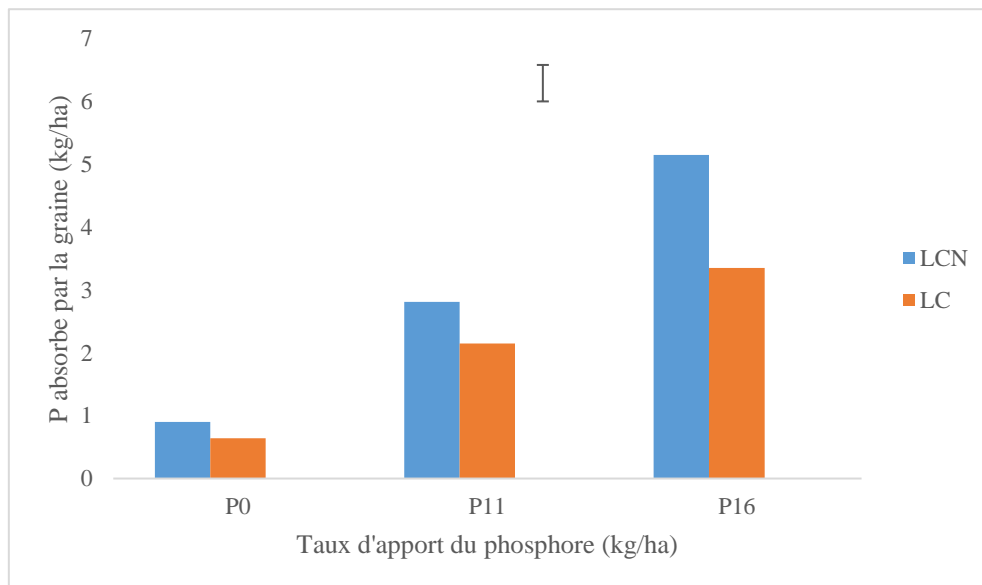


Fig. 3. Effets du taux d'apport du phosphore sur l'absorption du phosphore par la graine

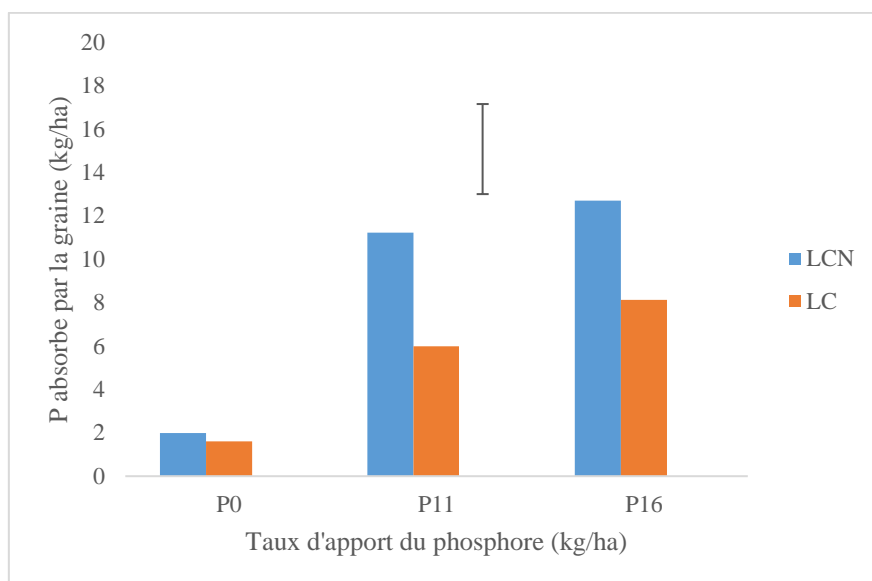


Fig. 4. Effets du taux d'apport du phosphore sur l'absorption du phosphore par la graine

### 3.7 LES EFFETS DU TRAVAIL DU SOL SUR L'EFFICACITE AGRONOMIQUE RELATIVE

Le type de travail du sol a eu une influence sur l'efficacité agronomique relative (EAR) des différentes formes de PNT. L'efficacité agronomique relative du PNT par rapport au DAP s'est nettement améliorée avec le labour en courbe de niveau qu'avec le labour conventionnel (Tableau 6). L'application du PNT sous forme de poudre a permis d'accroître son efficacité agronomique comparé à la forme granulée avec les différentes doses d'apport aussi bien avec le labour en courbe de niveau que le labour conventionnel. Les valeurs de l'efficacité agronomique relative décroissent avec l'accroissement du taux de P apporté avec le PNT pour le labour en courbe de niveau.

Tableau 6. Rendement grain du maïs et efficacité agronomique relative du PNT par rapport au DAP avec le LCN

	2013				2014			
	Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)	
	P11	P16	P11	P16	P11	P16	P11	P16
Engrais	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)
Granule	1114	31	1810	44	1159	32	1635	39
Poudre	2405	78	2543	64	2508	88	2470	65
DAP	3016	100	3802	100	2786	100	3619	100
Témoin -P0	221.42	-	221.42	-	380.95	-	380.95	-

Rdt: Rendement; EAR: Efficacité Agronomique Relative

## 4 DISCUSSION

Le pH du sol est l'indicateur de la réaction du sol mais aussi de la disponibilité des nutriments pour les plantes. L'accroissement de la valeur du pH avec l'application du PNT s'explique par son pouvoir chaulant, résultant de la dissolution du PNT entraînant la libération des cations basiques. L'apatite, est le minéral principal qui entre dans la composition des phosphates naturels, le PNT est une apatite du type Ca - P, il y a donc la potentialité de fournir du Ca et du Mg s'il y a les conditions favorables à sa dissolution. La référence [17] ont indiqué que l'application des phosphates naturels augmente le taux de calcium, de magnésium échangeable et le pH du sol. En outre, la dissolution de l'apatite consomme les ions H<sup>+</sup> et permet ainsi d'augmenter le pH en fonction de la réactivité du PN [8], [18].

L'augmentation du Ca échangeable du sol en deuxième année d'expérience avec les parcelles ayant reçu le PNT comparé au témoin pourrait s'expliquer par la dissolution continue du PNT sur sol acide. Le PNT contient une quantité importante de Ca

(environ 40%) qui contribue à une libération importante de Ca durant le processus de dissolution avec le temps. Cependant, si la dissolution des carbonates libres augmente significativement le pH et le calcium échangeable au tour de la particule de phosphate naturel, il peut entraver la dissolution de l'apatite et ainsi réduire la disponibilité du phosphore [19], [20].

L'augmentation du taux de P assimilable avec le labour en courbe de niveau comparé au labour conventionnel pendant les deux années de l'expérimentation, s'explique par l'augmentation relative de l'humidité du sol avec le premier. Plusieurs études ont apporté l'effet bénéfique de l'impact de l'humidité du sol sur la solubilisation du PNT. La référence [21] a souligné que l'humidité du sol améliore la croissance de la plante et l'absorption du P et du Ca par la plante qui en retour augmente le taux de solubilisation du phosphate naturel. Le déplacement de l'équilibre de la solution du sol, augmente le transfert de la phase solide à la phase liquide. L'absorption du phosphate par la plante ou sa rétention par le sol augmente le taux de dissolution du PNT [22]. La valorisation des différentes formes de phosphore du sol via la stimulation des activités biologiques par des pratiques culturales adaptées favorisent la solubilisation du phosphore [23]. Le DAP a donné la plus grande valeur de phosphore assimilable comparé au PNT aussi bien à 11 et 16 kg ha<sup>-1</sup>. Cela peut s'expliquer par le fait que le DAP est un engrais hydrosoluble et libère plus de phosphore dans la solution du sol que le PNT.

Quoi que non significatif, le rendement grain et la biomasse ont été 19 % supérieur avec le labour en courbe de niveau comparé au labour conventionnel. Cela s'explique par l'augmentation et la conservation de l'humidité du sol avec le labour en courbe de niveau. [15] ont rapporté une augmentation de rendement grain du maïs de 50 % avec le labour en courbe de niveau. L'apport des formes de phosphore a permis une augmentation significative des rendements grain et biomasse comparé au témoin durant les deux années de l'étude. La forme en poudre du PNT a permis une augmentation significative du rendement grain par rapport à la forme granule, et l'application du DAP a produit une augmentation significative ( $P < 0.001$ ) du rendement grain comparé au PNT aussi bien à la dose d'application du phosphore à 11 et 16 kg ha<sup>-1</sup>. Cela peut s'expliquer par le fait que la libération du phosphore est plus rapide et son absorption par les plantes avec le DAP que le PNT, et aussi par la forme en poudre du PNT que la forme granule. Les rendements avec le DAP ont été supérieurs comparés aux différentes formes de PNT à cause de sa capacité à libérer le phosphore rapidement. La libération précoce d'une grande quantité de phosphore (hydrosoluble) stimule le développement précoce des racines et la capacité de la plante a absorbé l'eau et les autres nutriments. Cependant, les rendements grain et biomasse ont été plus élevés avec la forme poudreuse que la forme granule. Cela peut s'expliquer par la différence de la taille des particules entre les deux types de fertilisant. La solubilité du PNT augmente généralement avec les particules de taille petite et conséquemment, la libération du phosphore à partir du PNT pour la croissance de la plante [8]. Comme les phosphates naturels sont relativement insolubles, leur surface spécifique est un paramètre important pour leur solubilisation. Plus la particule est de dimension petite, plus grande est la surface de contact entre elle et le sol et meilleure est la solubilité du phosphate naturel.

La corrélation positive entre le rendement grain de maïs et le phosphore peut s'expliquer par l'apport de quantité suffisante d'engrais phosphatés (DAP et PNT) au cours des deux saisons. L'ajout du phosphore sur des sols à faible fertilité améliore la productivité des cultures [24]. Le pH relativement élevé du sol, le taux de phosphore assimilable et son absorption ont entraîné une amélioration de rendement comparé au témoin. Ceci est confirmé par la corrélation positive entre ces paramètres et le rendement grain du maïs. Bien qu'ils aient contribué à l'augmentation du rendement du maïs dans le cadre des deux pratiques de travail du sol, leur impact sous la parcelle labour en courbe de niveau était plus élevé que labour conventionnel.

D'autre part, l'analyse de régression multiple a montré que le phosphore assimilable est le paramètre qui permet une amélioration significative du rendement grain du maïs au cours des deux saisons et pour les deux types de travail du sol par rapport aux autres propriétés du sol. Ce résultat confirme que le P est l'un des éléments nutritifs les plus limitants pour la croissance et le développement des cultures [1], [2], [25].

L'absorption des nutriments est le processus par lequel les racines de la plante absorbent les nutriments présents dans la solution du sol, ces nutriments étant ensuite distribués aux parties aériennes de la plante [26].

En général, une absorption plus élevée de nutriments a été observée dans la parcelle aménagée en courbe de niveau ce résultat peut s'expliquer par l'amélioration de la teneur en eau du sol dans le cadre de cette pratique. Les résultats de la recherche ont démontré une interaction positive entre l'humidité du sol et l'absorption de phosphore car l'amélioration de l'état d'humidité du sol augmente la disponibilité du phosphore du sol [27]. Aussi la teneur du phosphore assimilable et son absorption par la plante sont liées à la concentration de phosphore dans la solution du sol du sol. [28], [29] ont montré une augmentation de l'absorption des éléments nutritifs du sorgho avec une augmentation de la teneur en éléments nutritifs disponibles dans le sol. [30] a montré que l'absorption de phosphore par le maïs a augmenté dans trois sols différents au Nigéria due à un apport croissant des doses de phosphore.

Parmi les formes de PNT utilisées, la forme en poudre est significativement plus efficace que la forme en granulé avec les deux types de travail du sol, ce qui suggère que la taille des particules exerce une influence positive sur l'efficacité d'utilisation du

phosphate naturel. L'application de PNT finement broyé améliore à la fois le taux de dissolution des phosphates naturels et son absorption par les plantes [8].

L'application directe du phosphate naturel de Tilemsi est aussi efficace que les engrais phosphates hydrosolubles avec une efficacité agronomique relative élevée. Des résultats similaires ont été rapportés par [31], [32]. Les valeurs de l'efficacité agronomique relative sensiblement plus élevées (64% à 88% avec LCN et 50% à 73% avec LC) obtenues dans cette étude peuvent être attribuées à l'acidité du sol qui a favorisé la solubilisation du PNT. [33] ont indiqué que le phosphate naturel de Tilemsi était de 78 à 100 % aussi efficace que le super phosphate triple.

## **5 CONCLUSION**

Au terme de cette étude il ressort que le labour suivant des courbes de niveau a un impact positif sur la disponibilité du phosphore du PNT, à cause de sa capacité de conservation de l'humidité du sol. Cependant, l'humidité du sol n'est pas le facteur déterminant de l'amélioration de la disponibilité du phosphore issu de la dissolution du PNT. Il est plutôt un intermédiaire qui améliore l'absorption du phosphore et la croissance et le développement de la plante, réduisant la concentration de phosphore dans la solution du sol améliorant ainsi la solubilisation du PNT.

Ce résultat confirme que le PNT en poudre utilisé avec le labour en courbe de niveau à la dose de 16 kg $ha^{-1}$  au Sahel est aussi efficace que les engrais phosphatés solubles comme le DAP sous des précipitations faibles et erratiques avec des hauteurs annuelles moyennes (entre 500 et 600 mm). Le phosphate naturel de Tilemsi peut donc être utilisé comme alternative aux engrais phosphates hydrosolubles dans la région Sahélienne du Mali en combinaison avec les technologies de conservation des eaux et des sols.

## **REFERENCES**

- [1] B. Kone, A.Y.Kouame, F.Sorho, S.Diatta and S.M. A Ogunbayo, Long-term effect of Mali Phosphate Rock on the yield of interspecifics and sativa rice cultivars on acid soil in a humid forest zone of Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 4 (3): 563-570, 2010.
- [2] S. Nakamura, R.N. Issaka, I.K.Dzomeku, M. Fukuda, M.M. Buri, V. Avorny, E.O. Adjei and S.A.J.Tobita, Effect of Burkina Faso phosphate rock direct application on Ghanaian rice cultivation. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (17): 1779-1789, 2013.
- [3] S. Boureima et I.L.Mahaman, Effets de la déficience en phosphore du sol sur la croissance et le développement du Sésame (*Sesamum indicum* L.) *Int.J. Biol.Chem Sci* 14 (3): 1014-1024,2020.
- [4] S. Nacro, S. Ouédraogo, K.Traore, E. Sankara, C. Kabore et B. Ouattara, Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 4 (4): 1044-1055. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i4.63042, 2010.
- [5] A.Buerkert, A. Bationo and K. Dossa, Mechanisms of residue mulch-induced cereal growth increases in West Africa. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 64: 346–358. DOI: 10.2136/sssaj2000.641346x, 2000. .
- [6] F. Lompo, Z. Segda, Z. Gnankambary et N. Ouandaogo, Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs *Tropicultura*, 27, 2, 105-109, 2009.
- [7] M. Touati, M. Benhamza, et F. Bouhafs, Impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf (Nord Est Algérien) *Rev. Sci. Technol.*, Synthèse 37: 103-112, 2018.
- [8] FAO, Use of rocks phosphate for sustainable agriculture. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 13.ISSN 0532-0488, 2004.
- [9] A. Hodge, Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology*. 32: 91–96, 2000.
- [10] K.L. Sahrawat, M.P. Jones, S. Diatta et M. Sika, Long-term phosphorus fertilizer uptake, efficiency and recovering by upland rice on ultisol. *Communications in soil science and plant analysis*. 34 (7-8): 999–1011, 2003.
- [11] MDR, Résultats définitifs de la campagne agropastorale situation alimentaire et nutritionnelle. *CPS/SDR 70P*, 2016.
- [12] A. Bationo, E. Ayuk, D. Ballo et M. Koné, Agronomic and economic evaluation of Tilemsi phosphate rock in different agroecological zones of Mali. *Nutrient Cycling Agrosyst*. 48, 179-189, 1997.
- [13] W.J. Veldkamp, A. Traore, K.N'Diaye, M.K. Keita, B. Keita et M. Bagayoko, Fertilités des sols du Mali; Mali Sud/ Office du Niger: Interprétation des données analytiques des sols et plantes. *Cellule Agro-pédologique, Institut d'économie rurale, N'Tarla, Mali*. 149p, 1991.
- [14] A. Bationo, S. Koala et E. Ayuk, Fertilité des sols pour la production céréalière en zone sahélo-soudanienne et valorisation des phosphates naturels. *Cahiers Agriculture* V0.7 N 5, 1998.

- [15] R. Kablan, R.S. Yost, K. Brannan, M.D. Doumbia, K. Traoré, A. Yoroté, Y. Toloba, S. Sissoko, O. Samaké, M. Vaksman, L. Dioni et M. Sissoko, Aménagement en courbes de niveau "Increasing rainfall capture, storage, and drainage in soils of Mali", *Arid Land Research and Management* 22 (1): 62–80, 2008.
- [16] K.M. De Angelis, Measurement of soil moisture content by gravimetric water method. In C.A. Black. (eds). "Methods of Soil Analysis: Part I physical and mineralogical properties". American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 2007.
- [17] C. Szilas, J.M.R. Semoka et O.K Borggaard, Establishment of an agronomic database for Minjingu phosphate rock and example its potential use. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 78: 225 – 237, 2007.
- [18] M. S. Maiga, B. Traore, R. Maguiraga et M. Keita, Évaluation de l'effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants et du phosphate naturel de tilemsi sur la productivité des sols et des cultures dans le sahel: cas de la région de Mopti. *Revue Malienne de Science et de Technologie –ISSN 1987-1031 Série A: Sciences Naturelles, Agronomie, Techniques et Sciences de l'Ingénieur Vol. 01 No 23, Juin 2020.*
- [19] S.H. Chien and R.G. Menon, Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fert. Res* 41: 227 – 234, 1995.
- [20] O.M. Sani, Z. Adamou et N.Ibrahim, Traitement Des Phosphates Naturels De Tahoua (Niger) Par Quelques Acides Conventionnels. *European Scientific Journal* Vol.13, No.24 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, 2017.
- [21] H. Marschner, Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed Acadmic Press, London, 1995.
- [22] P.V. Straaten, Rocks for crops, agro minerals of sub-Sahara Africa. (CD), ICRAF, Nairobi, Kenya. ISBN: 0-88955-512-5, pp, 2002.
- [23] C. Plassard, A. Robin, E. Le Cadre, C.Marsden, J.Trap, L. Herrmann, K. Waithaisong D. Lesueur, E.Blanchart, L. Chapuis-Lardy et P. Hinsinger, Améliorer la biodisponibilité du phosphore: comment valoriser les Compétences des plantes et les mécanismes biologiques du sol ? *Innovations Agronomiques* 43, 115-138, 2015.
- [24] AA. Bandaogo, K. Ouattara, I. Serme, Long Term Effect of Tillage and Organo-Mineral Fertilizer Application on Phosphorus Dynamics on Ferric Lixisol in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Studies.*; 8 (4): 240-51, 2020.
- [25] A.B. Kouyate, A. Ibrahim, I. Serme et S.G Dembélé, Réponses du sorgho à l'apport de différentes formes de phosphate naturel de Tilemsi combiné avec de fertilisants solubles dans un système de production à faible intrant au Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14 (9): 3285-3296, 2020.
- [26] J.L. Havlin, J.D. Beaton, S.L Tisdale and W.L Nelson, Soil fertility and fertilizers: An introduction to Nutrient Management 7th Ed. Pearson Education Inc. 515p, 2005. Upper Saddle River, New Jersey.
- [27] B. Ouattara, Contribution à l'étude de l'évolution de propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture: pratiques culturales et états structuraux du sol. Thèse UNCI, Abidjan, 153 pp, 1994.
- [28] D. Fatondji, Organic amendment decomposition, nutrient release and nutrient uptake by millet in a traditional land rehabilitation technique (Zai) in the Sahel. *Ecology and Development Series. PhD. Dissertation, University of Bonn. Bonn, Germany.* pp 147, 2002.
- [29] M.Sharif, M. Arif, T. Burni, F Khan, B. Jan and I. Khan, Growth and phosphorus uptake of sorghum plants in salt affected soil as affected by organic materials Composted with rock phosphate. *Pakistan Journal of Botany*, 46 (1): 173 – 180, 2014.
- [30] M.O. Akande, Effect of phosphate rock on selected chemical properties and nutrient uptake of maize and cowpea grown sequentially on three soil types in south western Nigeria. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 11: 471- 480, 2011.
- [31] J.A. Adediran F.I. Oguntoyinbo, R. Omonode, and R.A. Sobulo, Agronomic evaluation of phosphorus fertilizers developed from Sokoto Rock Phosphate in Nigeria. *Comm. Soil Sci. Plant Anal* 29: 2659 – 2673, 1998.
- [32] M.O Akande, E.A Aduayi, A. Olayinka, and R.A. Sobulo, Efficiency of Sokoto rock phosphate as a fertilizer source for maize production in South Western Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 21: 1339 – 1353, 1998.
- [33] D.T Hellums and Honolu, Alternative phosphorus fertilizers in the tropics: "An agronomic and economic evaluation" *Phosphorus Decision Support System Workshop (BALAS, S., ed), Trop Soils Bulletin No. 92- 01, 1992.*

## Etude ethnobotanique des plantes médicinales vendues aux marchés de Kinshasa (RD Congo)

### [ Ethnobotanical study of medicinal plants sold at Kinshasa city markets (DR Congo) ]

*Benjamin L. Mandjo<sup>1</sup>, Jamelo B. Ifulu<sup>2</sup>, and Patrick A. Dande<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Professeur Associé, Unité d'Écodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Unité d'Écodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Assistant, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

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

**ABSTRACT:** This study carried out in the main markets of the City of Kinshasa aims to contribute to the knowledge of medicinal plants and their therapeutic uses in order to convert local naturalistic knowledge into scientific knowledge to be preserved sustainably. It emerges from this study that: 66 species divided into 59 genera and 40 families have inventoried in the medicinal flora sold in Kinshasa. These plants treat 38 diseases. However, the best consensus emerges among respondents only in the treatment of fever due to Malaria and Diabetes. The lowest consensus is achieved with the treatment of hemorrhoids, urinary infections, high blood pressure, sexual weakness and cough. Salespeople and traditional practitioners are recruited from men as well as women. They are almost evenly distributed across different ages. The use of medicinal plants is a common practice in age groups from 30 to 67 years with a predominance in people aged 45-54 years. However, the majority of sellers have as their main activity the sale of medicinal plants, and half associate the sale of medicinal plants with other products. Decoction is the most used method of preparation while the bark and root are the most stressed parts of the plant. It is therefore desirable that chemical screenings and phytochemical analyses be carried out on plants mentioned in the treatment of malaria and diabetes.

**KEYWORDS:** Ethnobotanical study, Medicinal plants, Convention on Biological Diversity, naturalistic knowledge, Democratic Republic of the Congo.

**RESUME:** Cette étude réalisée dans les principaux marchés de la Ville de Kinshasa a pour objectif de contribuer à la connaissance des plantes médicinales et de leurs usages thérapeutiques en vue de convertir les savoirs naturalistes locaux en une connaissance scientifique à conserver de manière durable. Il ressort de cette étude que: 66 espèces réparties en 59 genres et 40 familles ont été inventoriées dans la flore médicinale vendues à Kinshasa. Ces plantes traitent 38 maladies. Toutefois, le meilleur consensus ne se dégage entre les vendeurs et tradipraticiens que dans le traitement de la fièvre due au Paludisme et le Diabète sucré. Le consensus le plus faible est obtenu avec le traitement des Hémorroïdes, des infections urinaires, l'hypertension artérielle, l'asthénie sexuelle et la toux. Les vendeurs et les tradipraticiens sont recrutés auprès des hommes autant que chez les femmes. Ils sont presque uniformément distribués à travers les différents âges. L'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 30 à 67 ans avec une prédominance chez les personnes âgées de 45-54 ans. Cependant, la majorité d'enquêtés ont comme activité principale la vente des plantes médicinales, et la moitié associe la vente des plantes médicinales avec d'autres produits. La décoction est le mode de préparation le plus utilisé tandis que l'écorce et la racine sont les parties de la plante les plus sollicitées. Il est donc souhaitable que les screening chimiques et les analyses phytochimiques soient réalisées sur les plantes citées dans le traitement du paludisme et le diabète.

**MOTS-CLEFS:** Etude ethnobotanique, Plantes médicinales, Convention sur la diversité biologique, savoirs naturalistes, République démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Depuis l'aube de l'humanité, l'homme utilise les plantes médicinales à des fins curatives. Les écrits les plus anciens et la tradition populaire le confirment [1]. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 80% de la population en Afrique recourent à la médecine traditionnelle pour résoudre le problème de santé primaire. Le recours aux plantes médicinales pour divers problèmes de santé est non seulement un choix, mais serait aussi lié à la pauvreté et aux coûts élevés des médicaments modernes [1-5]. La République Démocratique du Congo, par sa diversité culturelle, la richesse et la diversité de sa flore et de sa faune, constitue un véritable réservoir de la biodiversité comme l'indiquent les résultats de travaux récents [5-12], ce qui lui permet d'occuper une place privilégiée parmi les pays du bassin du Congo ayant un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales et/ou animaux. Cependant, dans le domaine de la phytothérapie, les recherches bibliographiques indiquent que les données relatives aux plantes médicinales de la RDC sont très fragmentaires et dispersées [5]. En outre, la destruction accélérée par l'homme des espaces naturels, rend de plus en plus difficile la conservation de ces ressources phytogénétiques. De nombreuses espèces végétales sont médicinales, leur conservation est d'une importance majeure. La conservation de la biodiversité dans son ensemble implique aussi la persistance de la diversité socioculturelle et la reconnaissance du rôle que tiennent les savoirs locaux, les systèmes des croyances et les pratiques en matière de conservation et de développement. Ainsi, l'essence même du développement durable repose sur le rapport des hommes à leur environnement. C'est pourquoi une question des ressources naturelles, soucieuse du respect de la biodiversité, requiert une participation sans réserve des communautés locales et devrait être articulée autour de leurs savoirs et de leurs pratiques [8-12],

La présente étude, réalisée dans les principaux marchés de la Ville de Kinshasa, a pour objectif de contribuer à la connaissance des plantes médicinales et de leurs usages thérapeutiques en vue de convertir les savoirs naturalistes locaux en une connaissance scientifique à conserver de manière durable.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 DESCRIPTION DU MILIEU

La ville de Kinshasa est limitée au nord et à l'est par les Province du Kwilu, Kwango et Mai-Ndombe, au sud par la province du Kongo Central et à l'ouest par la République du Congo, avec une altitude moyenne de 300 m au-dessus de la mer. Elle est située entre 4° 18' et 4° 25' de latitude Sud et entre 15° 18' et 4° 22' de longitude Est. La ville est bâtie sur la rive gauche du fleuve Congo et elle est traversée par des nombreuses rivières dont les plus importantes sont N'djili, N'sele et Mai-Ndombe. Le climat est de type AW4 selon la classification de Köppen, c'est-à-dire un climat tropical humide et chaud avec une saison sèche de 4 mois et une température moyenne de 24.5°C pouvant atteindre plus de 35°C pendant la saison pluvieuse et qui s'étend de mi- septembre à mi-mai avec un optimum entre les mois de décembre et février. La précipitation moyenne annuelle est de 1520 mm et d'une saison sèche pendant le reste de l'année [13-14].

La figure 1 montre la localisation géographique des sites d'enquête (marchés visités) dans la ville de Kinshasa, République démocratique du Congo.

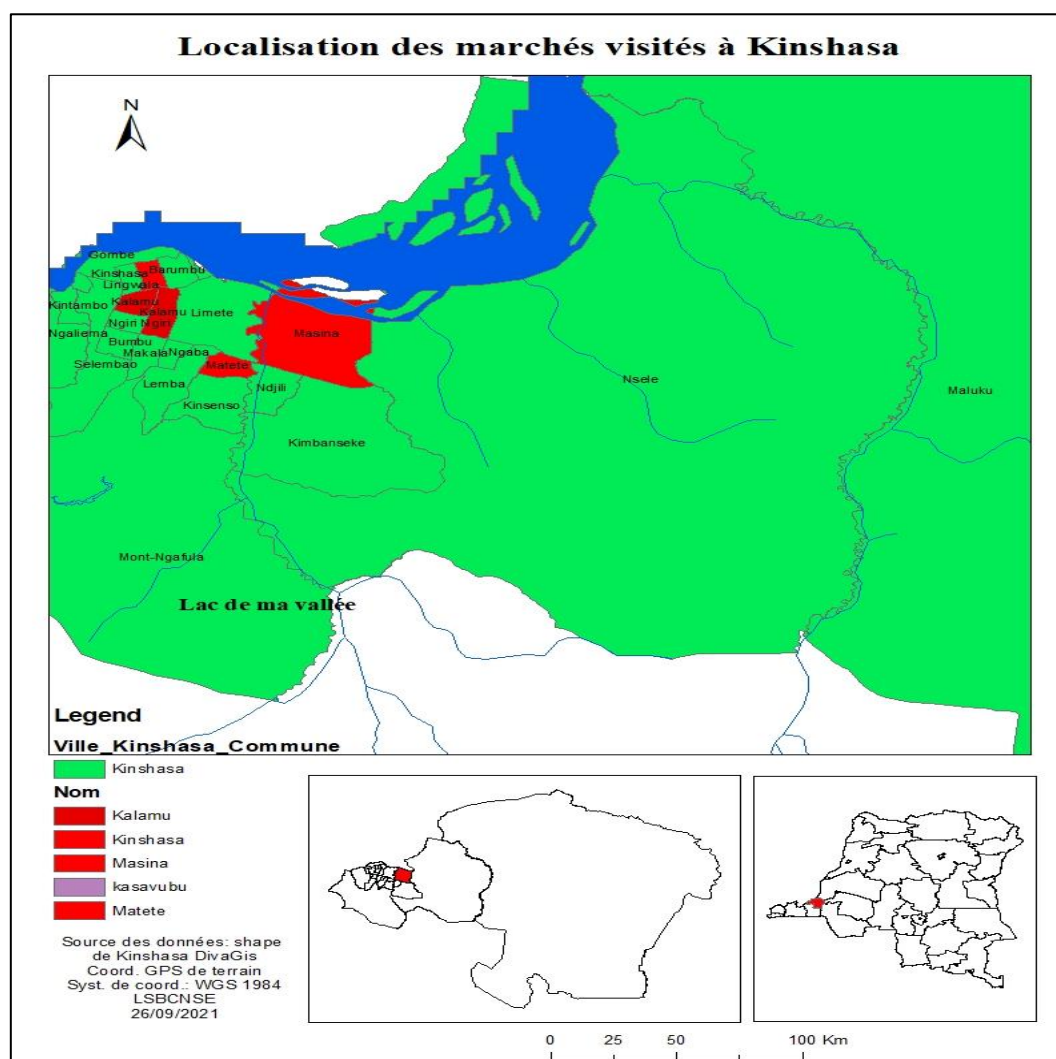


Fig. 1. Localisation des sites d'enquête

## 2.2 METHODES D'ETUDE

L'enquête a été réalisée auprès des cent (85 individus enquêtés) dont 50 vendeurs des plantes médicinales et 35 tradipraticiens exerçant dans les périphéries des marchés Central de Kinshasa, de la Liberté, Gambela, Matete et Somba Zikida à l'aide d'un questionnaire et sur base de consentement libre. L'enquête a été réalisée pendant la période allant de janvier et mars 2019 selon les principes repris dans la déclaration d'Helsinki. Après dépouillement des fiches d'enquête, l'Indice de confirmation, la Valeur d'accord d'utilisation et le facteur de consensus informateur ont été calculés [15-16].

Le logiciel SPSS version 21.0 a été utilisé pour analyser les données. L'identification des plantes a été réalisée par comparaison à l'aide des *exsicata* d'herbiers à l'Herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa. Les noms vernaculaires des espèces collectées ont aussi été permis de retrouver les noms scientifiques grâce à différents ouvrages scientifiques consultés.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 PROFILS SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES ENQUETES

Les vendeurs et les tradipraticiens sont recrutés auprès des hommes (58%) autant que chez les femmes (42%). Ils sont presque uniformément distribués à travers les différents âges. Concernant l'âge des vendeurs des tradipraticiens, il se relève que 40% des tradipraticiens ont l'âge situé entre 42 et 53 ans, 32% entre 30 et 41 ans et 24% ont 54 ans et plus. Les autres tranches d'âge sont moins représentées. Au point de vue instruction, seuls 37 % de vendeurs et 35 % des tradipraticiens ont atteint le niveau secondaire. L'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 30 à 67 ans avec une prédominance

chez les personnes âgées de 45-54 ans (39%). Cependant, 95% des enquêtés exercent uniquement comme activité principale la vente des plantes médicinales, et 5% des enquêtés associent la vente de plantes médicinales avec d'autres produits.

### 3.2 ORIGINES DES PLANTES MEDICINALES

Concernant les origines des plantes utilisées dans les différents marchés enquêtés dans la ville de Kinshasa, le plateau de Batéké, zone savanicole située dans la périphérie est et nord de la ville, fournit 60% des plantes médicinales alors que la Province du Kongo Central fournit 30% de produits vendus. Seuls 5% des produits vendus aux marchés proviennent des jardins parcellaires dans la ville et les produits venus de zones lointaines de la Ville de Kinshasa notamment des forêts naturelles des provinces d'Equateur, de Tshuapa, de Mayi-Ndombe et de Sankuru ou des savanes de Kwilu et Kwango sont faiblement représentés.

### 3.3 ORGANES DES PLANTES UTILISÉES

Il ressort de la figure 2 que les racines (51%) sont les organes les plus vendus sur les marchés de Kinshasa, puis viennent des écorces (19%), des feuilles (13%), de tiges (7%) et des graines (4%). Les autres organes sont faiblement représentés. Ces organes de plantes sont très sensibles, leur prélèvement intense rend les espèces sollicitées très vulnérables et les expose à l'extinction [17].

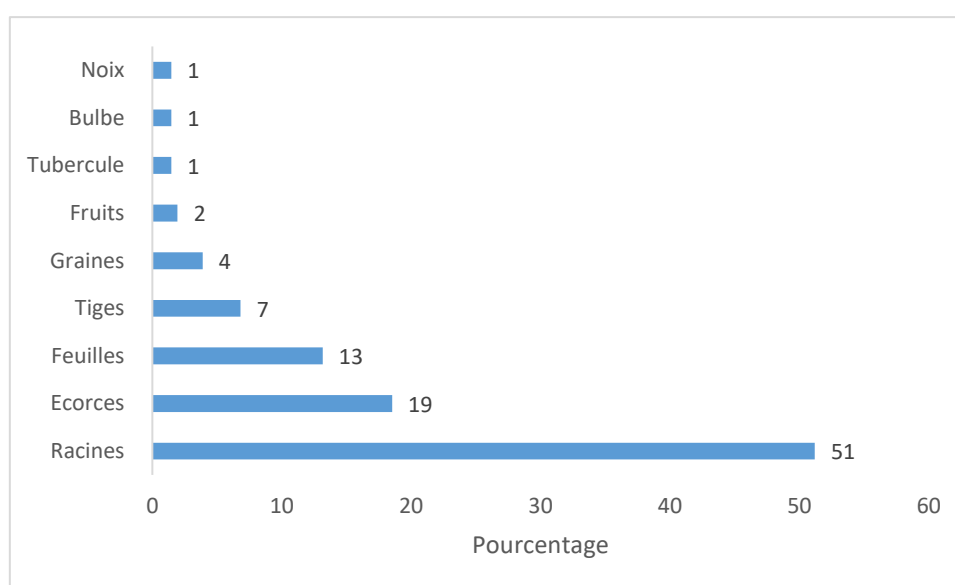


Fig. 2. Organes des plantes utilisées

### 3.4 DONNEES ETHNOBOTANIQUES

Le tableau 1 donne la liste des plantes répertoriées.

Tableau 1. Données ethnobotaniques et écologiques des plantes répertoriées

N°	Espèce (famille)	Nom vernaculaire	Maladies et traitement
1	<i>Aframomum alboviolaceum</i> (Ridley) K. Schum. (Zingiberaceae)	Tondolo (Lingala), Ntudulu (Kikongo) Matundula (kiyaka)	Hémorroïdes, feuilles et écorces pilées, onguent dans l'anus le soir. Morsure du serpent, décocté de feuilles sur la morsure, cataplasme de pâte de fruits pelés de jeunes pousses de <i>Oxalis corniculata</i> ajouter du sel.
2	<i>Aframomum melegueta</i> K. Schum. (Zingiberaceae)	Mondongo (lingala)	Maniguette (graines), Stimulant et aphrodisiaque. Graines séchées et moulues utilisées contre les vers intestinaux, la lèpre et la rougeole
3	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wight (Mimosaceae/Fabaceae)	Mulu (Kiteke)	Décoction ou infusion de l'écorce est administrée pour traiter la fièvre, pour traiter la gale et autres

			infections cutanées. La sève de l'écorce est appliquée aux yeux contre la conjonctivite. L'écorce broyée appliquée localement pour soulager la démangeaison.
4	<i>Alstonia congensis</i> Engl. (Apocynaceae)	Mvanga, Anga Mutondo (lega)	L'écorce trempée ou bouillie contre le paludisme et les maux d'estomac. Fractures, décoction d'écorce, laver. Œdème, pulpe appliquée localement.
5	<i>Anacardium occidentale</i> L. (Anacardiaceae)	Liboto (Liboto)	La noix d'acajou permet de baisser le sucre dans le sang (contre le diabète)
6	<i>Anchomanes difformis</i> (Bl.) Engl. (Araceae)	Mbala kisimbi (Kiyaka)	Cancer, infusion de rhizome en cataplasme ou par voie orale.
7	<i>Annona senegalensis</i> Pers. (Annonaceae)	Mulondo (kikongo)	Asthénie sexuelle homme, écorces tige, rameau, tronc avec graine de <i>Afromomum melegueta</i> , racler et mastiquer. Décoction des racines, des feuilles et d'écorces traitement des mycoses, des hémorragies, de la dermatose et la conjonctivite.
8	<i>Bridelia ferruginea</i> Benth. (Euphorbiaceae)	Nkageti (Kiyaka), Mukuku (Kipende), Kinkong (Kisongo), kimuindu ki nseke (kitandu)	Macération des racines et d'écorces soulage la diarrhée, les maux d'estomac et la toux. La pâte obtenue d'écorce râpée comme oignent des blessures.
9	<i>Caloncoba welwitschii</i> (Oliv.) Gilg (Achariaceae)	Mubamba (Kiyaka) Kisani (kikongo)	Palpitation cardiaque, avec amaigrissement prononcé, bouillir ensemble l'écorce de <i>Garcinia cola</i> et de <i>C. Welwitschii</i>
10	<i>Cinchona officinalis</i> L. (Rubiaceae)	Mundaindai, Zumbu	Les plaies et blessures, appliquer localement la poudre provenant de l'écorce broyée. Décoction de racine et d'écorce soigne la démangeaison d'origine allergique. Un gargarisme avec une infusion soulage les maux de gorge. Paludisme, les états fébriles et grippaux, les troubles digestifs et perte d'appétit, infusion d'écorce et de racine.
11	<i>Cogniauxia podalaena</i> Baill. (Cucurbitaceae)	Yakalaka (ngwaka), muaka mamba (lotomba) Nseny (kiyansi)	Abcès, feuilles ramollies en application locale, œdème, macéré de la racine, voie anale, hoquet, macéré des feuilles, jus de feuille
12	<i>Cola acuminata</i> P.Beauv. (Sterculioideae/Malvaceae)	Lofimbo (Lingala), Nkasu (Kikongo)	Stimulant, lutte contre la fatigue physique et intellectuelle, la dépression, migraine, diarrhée, aphrodisiaque,
13	<i>Cola diversifolia</i> De Wild. (Sterculioideae)	Likasu (Lingala)	Stimulant, lutte contre la fatigue physique et intellectuelle, la dépression, migraine, diarrhée, aphrodisiaque,
14	<i>Coleus kilimandshari</i> Guerke (Lamiaceae)	Mutozo (Swahili) Impombo Ekinyansusi (nande)	Crampes, douleurs d'estomac en décoction des feuilles. Les feuilles pilées contre les infections cutanées notamment la gale. Appliquer localement.
15	<i>Costus edulis</i> De Wild. (Costaceae)	Musanga (Kimbala), Mukah (Kisongo)	Ecorces de racine séchées moulues, traitement des amygdales, de l'inflammation de la luette, et de l'inflammation du pharynx.
16	<i>Crossopteryx febrifuga</i> Benth. (Rubiaceae)	Mvala, Plante à chenille (Français)	Hépatite, drogue sèche, feuilles utilisées contre la démangeaison.
17	<i>Croton mubango</i> Mull.Arg. (Euphorbiaceae)	Bonyangi (Iokonda), mosange (kiyombe), kitakpu (ngwaka)	Œdèmes, une cuillère de soupe de la poudre de l'écorce du tronc dans un verre de vin de palme, 3x jour.

		Mbangumbangu, saku (Kikongo)	Tuberculose, décocté d'écorces du tronc (à sucer à volonté). Splénomégalie, décocté de la râpure de l'écorce du tronc, en lavement, 2 poires par jour.
18	<i>Cryptolepis sanguinolenta</i> Schl. (Asclepiadaceae)	Kalombo	Racine utilisée contre le paludisme. Tue les bactéries ulcère de buruli. Blennorragie, racine coupée
19	<i>Curculigo pilosa</i> (Schumach & Thonn.) Engl. (Hypoxidaceae)	Litungulu ya zamba (Lingala)	Rhizome tubérisé contre l'hypertension, maladies cardiaques
20	<i>Curcuma longa</i> L. (Zingiberaceae)	Miassa (Kimbala)	Rhizome utilisé comme épices, frais ou sèche moulu, poudre additif alimentaire, anti inflammatoire, contre aménorrhée et la flatulence.
21	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf. (Poaceae)	Sinda (Lingala), citronnelle (Français)	Fusion, contre le paludisme, feuille odeur anti-moustique, traitement des troubles digestifs, décoction, antigrippaux, flatulences, hypotensives.
22	<i>Cyperus articulatus</i> L. (Cyperaceae)	Nsakunsaku	Macération des tubercules, Contre la fièvre (paludisme)
23	<i>Diospyros heterotricha</i> (B.L.Burt) F. White. (Ebenaceae)	Lufualundomba (Kikongo)	Racines bâtonnet à mâcher, poudre d'écorce de racine contre les infections urinaires
24	<i>Diospyros heudelotii</i> F.White. (Eberaceae)	Mulolo kongolo (Kiyansi)	Ecorces en décoction pour traiter les douleurs d'articulation, le paludisme, problèmes intestinaux.
25	<i>Dorstenia psilurus</i> Welw. (Moraceae)	Kintamba	Gonorrhée, décoction des feuilles pour lavement 1 poire par jour
26	<i>Entandrophragma angolense</i> (welw.) C.D.C (Meliaceae)	Mukasu, Mukomboro	Décoction ou macération boire contre les bronchites, affections pulmonaires, rhumes, œdèmes. Pulpe d'écorce usage externe sur les furoncles, plaies.
27	<i>Erythrophleum africanum</i> (Welw.ex Benth.) Harms. (Caesalpinaceae)	Mupuati	Infusion d'écorces, comme bain de bouche pour soulager les douleurs dentaires, pour soulager les maux d'estomac ou la dysménorrhée. L'écorce macérée dans l'eau pour traiter les maladies cardiaques et épilepsie. Ecorce de racine réduit en poudre et mélangé avec l'urine appliquée à la peau pour traiter la lèpre et la gale. L'écorce utilisée comme poison d'épreuve.
28	<i>Ficus asperifolia</i> Miq. (Moraceae)	Kikuya (Kikongo)	Plantes macérées mélanger avec huile de palme et appliquée 2x pour traiter les Jambes gonflées, œdèmes, démangeaison et jaunissement des cheveux. Traiter les MST dont la gonorrhée.
29	<i>Ficus thonningii</i> Blume. (Moraceae)	Nsanda	L'écorce et les feuilles soignent la fatigue. Feuilles utilisées dans la santé de la reproduction. Soigner les animaux (vétérinaire)
30	<i>Fluerya podocarpa</i> Wedd. (Urticacea)	Kifunga	Feuilles froissées masser le ventre avec le jus contre ocytotique, feuilles grillées au feu mélangé à aframomum contre la toux
31	<i>Garcinia huillensis</i> Welw. Ex Oliv. (Clusiaceae)	Kisima (Kikongo)	Hypotensive, interruption du lait maternel pendant la période d'allaitement: piler et macérer dans le vin de palme avec <i>Sapium cornitum</i> , <i>Vitex madienensis</i> et <i>Annona senegalensis</i> . Frictionner les seins avec le mélange.
32	<i>Garcinia kola</i> Kaekel. (Clusiaceae)	Ngadiadia (Lingala)	Les graines sont utilisées contre la bronchite, les infections de la gorge, les coliques, les maux de

			tête, le rhume et la toux. Consommer les noix 2x max. par jour.
33	<i>Hymenocardia acida</i> Tul. (Phyllanthaceae)	Mpeti (Kiteke), Kigeta (Kikongo), Muheta (Kimbala)	Feuilles passées sur fracture, recouvert des feuilles de <i>Terminalia macroptera</i>
34	<i>Hypoxis angustifolia</i> Lam. (Hypoxidaceae)	Etoile jaune	Feuilles macérées utilisées en bains locaux contre les prolapsus utérins. Rhizomes utilisés en cataplasme comme antiseptique, désinfectant et cicatrisant pour les blessures et plaies.
35	<i>Hyptis nepetifolia</i> R.Br. (Lamiaceae)	Nkama Ensongo (kikongo)	Epilepsie, piler et macérer les feuilles dans l'eau avec <i>Millettia vesicolor</i> , <i>Clerodendrum formicarum</i>
36	<i>Imperata cylindrical</i> L. (Beauv.) (Poaceae)	Mbamba (Kimbala), Usese (Kikongo) Manganga/esobe (lingala)	La décoction du rhizome est utilisée comme boisson diurétique, pour purifier le sang et traiter la dysenterie, les coliques, l'hypertension et les maladies vénériennes. La macération du rhizome est utilisée pour traiter la toux.
37	<i>Jatropha curcas</i> L. (Euphorbiaceae)	Mpuluka (Kikongo)	Le latex est utilisé pour cicatriser la plaie, contre la morsure du serpent et les problèmes de peau. Les fruits aident dans le traitement de l'hypertension.
38	<i>Lanena antiscorbutica</i> (Hiern) Engl. (Anacardiaceae)	nkumbi (Kikongo)	Gale chronique, démangeaison, ankylostomiase (nioka nkawu). Feuilles grillées mélangées avec les déchets de bananes et huile de palmiste.
39	<i>Lippia multiflora</i> P.Beauv. (Lamiaceae)	Malukulu (Kikongo) Bulukutu Thé de savane	Infusion des feuilles aide à la digestion, anti-ballonnement, anti-ulcère et laxatif léger.
40	<i>Mangifera indica</i> L. (Anacardiaceae)	Manga (Lingala), Mangulu (Kikongo)	Feuilles macérées pour lutter contre le diabète, décoction d'écorce pour traiter l'hémorroïde
41	<i>Maprounea africana</i> Mull.Arg. (Euphorbiaceae)	Sukisa (Lingala), Kisedisedi (Kikongo) Kavlumalulu (limbala)	Feuilles écrasées et mélangées avec eau contre les maux de tête, instillation oculaire. Décoction des racines pour traiter les vers intestinaux
42	<i>Matricaria chamomilla</i> L. (Asteraceae)	Fleur de camomille (Français)	Capitules en infusion contre insomnie, les troubles digestifs, contre eczéma.
43	<i>Millettia eetveldeana</i> (Micheli) Hauman. (Fabaceae)	Wenge, mwengeta (Kikongo)	Fièvre accompagnée des céphalées, bouillir les feuilles avec beaucoup d'eau et mélanger avec des feuilles <i>Boerhavia diffusa</i> , de <i>Sapium cornutum</i> , de <i>Lippia multiflora</i> .
44	<i>Millettia versicolor</i> Welw.ex Baker. (Fabaceae)	Luboka (Kiyombe)	Décoction des feuilles des feuilles, écorces tiges, et racines comme anthelminthique, verminoses des animaux domestiques
45	<i>Mondia whitei</i> (Hook.F) Skeels. (Asclepiadaceae)	Kimbiolongo (Lingala), Lunsefu (Kimbala) Mbombonganzi (sw.)	Décoction de racines recommandée dans les infections urinaires, les indigestions et intoxication alimentaire. Ecorces des racines fraîches se mastiquent, appréciées comme aphrodisiaque. On traite l'asthme chez les enfants en consommant de la poudre d'écorce avec du cacahuète.
46	<i>Morinda lucida</i> Benth. (Rubiaceae)	Nsiki (Kikongo), Indomba (Lingala)	Décoction des feuilles et racines, inhalation, bain contre l'hypertension, la diabète, congestion cérébrale, dysenterie, maux d'estomac.
47	<i>Morinda morindoides</i> (Baker) Milne-Redhead. (Rubiaceae)	Kongo bololo (Lingala)	Décoction des feuilles, contre les maladies cutanées, anti paludisme, vermifuge puissant, anti variole.

48	<i>Musanga cecropioides</i> R.Br. (Moraceae)	Musakumuni, Mutchangumuni (Tshiluba) kombokombo	Infections pulmonaires, décoction et mastication de l'écorce. Fausses couches répétées, decocté de la racine mélanger avec <i>Alchornea cordofolia</i> comme liquide de boisson et de cuisson. Stérilité, macéré la racine de tronc mélangé avec le <i>Cola diversifolia</i> , voie anale. Douleurs de hanche, pilat des feuilles fraîches en cataplasme.
49	<i>Newbouldia laevis</i> (P.Beauv.) Seem.ex Bureau. (Bignoniaceae)	Mupesipesi	Œdèmes, massage avec les racines pillées Migraine persistante, écorces fraîches. Epilepsie décoction des racines avec les racines d' <i>Alstonia boonei</i> , <i>Jatropha curcas</i> . Hypertension, décoction de racine <i>Afraegle paniculatum</i> et feuille de <i>N. laevis</i>
50	<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth. (Mimosaceae)	Muwanzi (Kimbala), Ngasi (Kikongo)	Les fruits murs sont utilisés pour soigner les plaies. Décoctions des feuilles, écorces contre la gonorrhée et les convulsions. Infusion d'écorce comme abortif.
51	<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Baill. (Capparaceae)	Kengi kiasi (Kimbala), Musimi (Kikongo)	Macérer les écorces, suite accouchement. Décoction racine anthelmintique
52	<i>Phyllanthus floribundus</i> Mull. Arg. (Phyllanthaceae)	Nsende (Kikongo)	Racine calcinée et écrasée mélangée avec le sel indigène et huile de palme calme les douleurs de femme après accouchement.
53	<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.pich.) Engl. (Anacardiaceae)	Ngilu	Décoction des feuilles, soigner la toux, la jaunisse et autres infections des yeux. Elle est aussi utilisée contre la malaria et la constipation.
54	<i>Psidium guajava</i> Sw. (Myrtaceae)	Mapela (Lingala)	Infusion des feuilles contre la diarrhée, la pression artérielle Macération des feuilles contre l'asthme, le hoquet et les infections des reins.
55	<i>Pterocarpus tinctorius</i> (welw.) Warb. (Fabaceae)	Nkula (Kiyaka), Kula (Kikongo) Mninga maji (sw)	Décoction d'écorce s'applique en lavement pour traiter la congestion pulmonaire chez les enfants
56	<i>Pycnanthus angolensis</i> (welw.) Warb. (Myridticaceae)	Kilomba (Kikongo) Mulomba (arbre saint)	Fièvre, Décocté de la racine d' <i>Elais guineensis</i> associé à l'écorce du tronc de <i>P. angolensis</i> , lavement. Toux rebelle, décocté de l'écorce du tronc. Cicatrisation de plaie, latex de l'écorce. Maux de ventre, donner le nom et de la personne malade à traiter à l'arbre. Prélever les écorces en faisant la prière. Mettre l'écorce dans un seau d'eau, pour le lavement. Protection contre les attaques des sorciers, prélever les écorces, prendre les cheveux, les ongles les cacher au pied de l'arbre.
58	<i>Quassia africana</i> Baill. (Simaroubaceae)	Mupeshipeshi (Kikongo), Ndudindudi (Kiyombe) yombo	Hernie, gratter l'écorce et prendre la poudre dans l'eau dans un petit gobelet et prendre le liquide. Dysménorrhée, macéré de la racine, ou par voie anale, lavement. Epilepsie, macéré de la racine. Maux de ventre, décoction de racines <i>Q. africana</i>
59	<i>Securidaca longepedunculata</i> Fresen. (Polygalaceae)	Nsunda (Kikongo), Musunda	Les graines sont utilisées dans les préparations cosmétiques, après pilage et une courte cuisson.

			L'huile extraite sert pour les soins de la peau et des cheveux. La décoction des racines sert aux traitements des douleurs dentaires; la lutte contre l'eczéma, les dermatites allergiques, le prurit et l'anémie.
60	<i>Steganotaenia araliacea</i> Hochst. (Apiaceae)	Mumvumbi mvumbi (Kikongo)	Dysenterie épidémique, feuilles et jeunes, pilées et ajouter l'eau, prendre par voie orale.
61	<i>Strychnos cocculoides</i> Backer. (Loganiaceae)	Makalakonki (Kikongo)	Décocté des racines et des feuilles contre les maux de ventre, les vers intestinaux, trypanosomiase, les infections urinaires et le paludisme. Macéré aqueux de feuilles préalablement pilées contre les colites et les entéro-colites.
62	<i>Strychnos icaja</i> Baill. (Loganiaceae)	Mbondongo (Lingala), Ngatutu (Ngwaka)	Utilisés comme poisons d'épreuves et poisons des flèches
63	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC. Subsp. guineense. (Myrtaceae)	Nkisu (Kikongo)	Hémiplégie, décoction d'écorces, tiges, rameaux. Application local
64	<i>Vernonia amygdalina</i> Del. (Asteraceae)	Malulu (Kikongo)	Rougeole et varicelle, jus de feuilles pressées et mélangé, frotter le corps. Hémorroïdes, Jus de feuilles pressées et mélangé avec le jus de citron et d'orange, boire pendant 15 jours.
65	<i>Vitex madiensis</i> Oliv. (Verbenaceae)	Kinfilu, nfiyu, kifuti (kikongo)	Macération d'écorces contre le paludisme
66	<i>Voacanga Africana</i> Stapf. (Apocynaceae)	Mundaindai Kimbala), Nkondankonda (Kikongo)	Maladies mentales. Cuisson d'écorces de tige et de racine de <i>V. africana</i> . Décoction des tiges pour traiter les plaies

Les données du tableau ci-dessus montrent que 66 espèces de ces plantes médicinales identifiées sont utilisées dans le traitement de 38 maladies. Parmi les 38 maladies citées, le consensus élevé ne se dégage que dans le traitement de la fièvre due au paludisme (61%) et le diabète sucré (54 %). Cependant, le consensus le plus faible est obtenu avec le traitement des Hémorroïdes, des infections urinaires, l'hypertension artérielle, l'asthénie sexuelle et la toux. En outre, on peut noter une absence de consensus pour 19 maladies citées.

### 3.5 DIVERSITÉ DES ESPÈCES MÉDICINALES RECENSÉES AUX MARCHÉS URBAINS DE KINSHASA

Au regard du tableau 1 ci-dessous, il se dégage que 66 espèces sont identifiées avec 59 genres regroupés en 40 familles et sous-familles. Seules les Familles de Zingiberaceae compte 6 espèces réparties en deux genres, de Fabaceae 4 espèces réparties en 4 genres, de Euphorbiaceae avec 4 espèces et 4 genres, de Moraceae avec 4 espèces et 3 genres de Lamiaceae avec 3 espèces et 3 genres. Les autres familles ne détiennent que moins de deux espèces chacune.

Les différentes familles et sous-familles des espèces représentées sont présentées dans la figure 3 suivante.

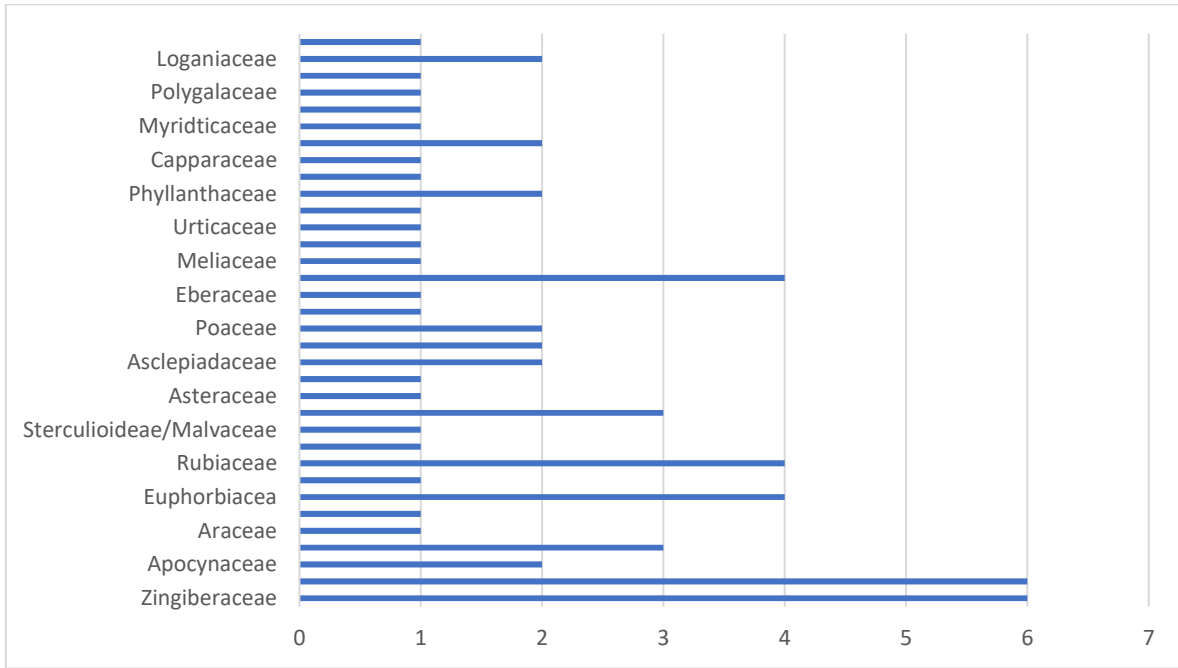


Fig. 3. Richesse spécifique des familles recensées

### 3.6 MODE DE PRÉPARATION DE RECETTE

Il ressort de la figure 4 que la décoction est le mode le plus utilisé en vue de la préparation de recette (75%), suivis de macération (13%), d’infusion (7%), et le cataplasme et oignent ou liniment huileux (3%).

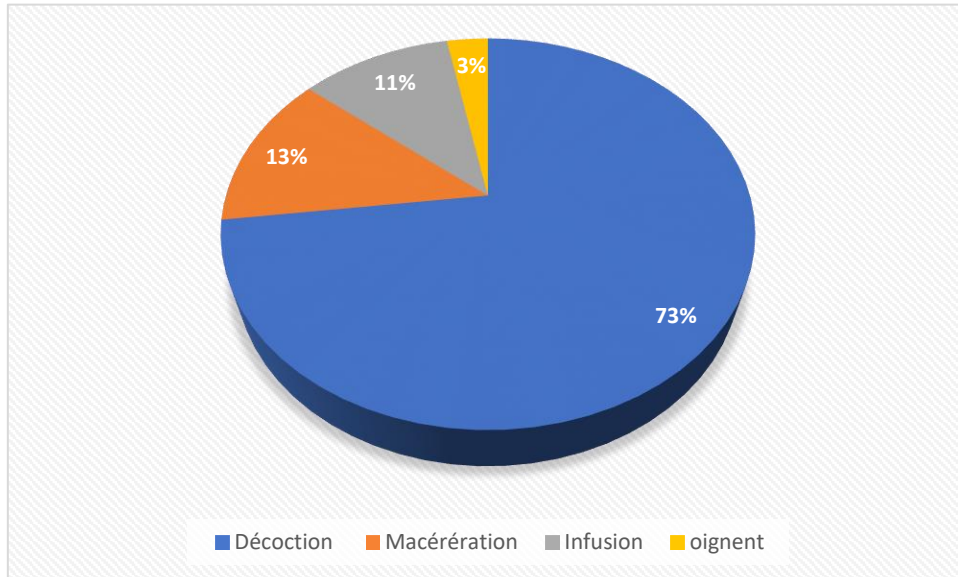


Fig. 4. Mode de préparation de recette

### 3.7 VOIE D’ADMINISTRATION

La figure 8 que la voie orale est la plus utilisée (75%), suivies respectivement de voie cutanée (10%), de suppositoire (7%), et de lavement (4%). Les autres voies sont faiblement représentées

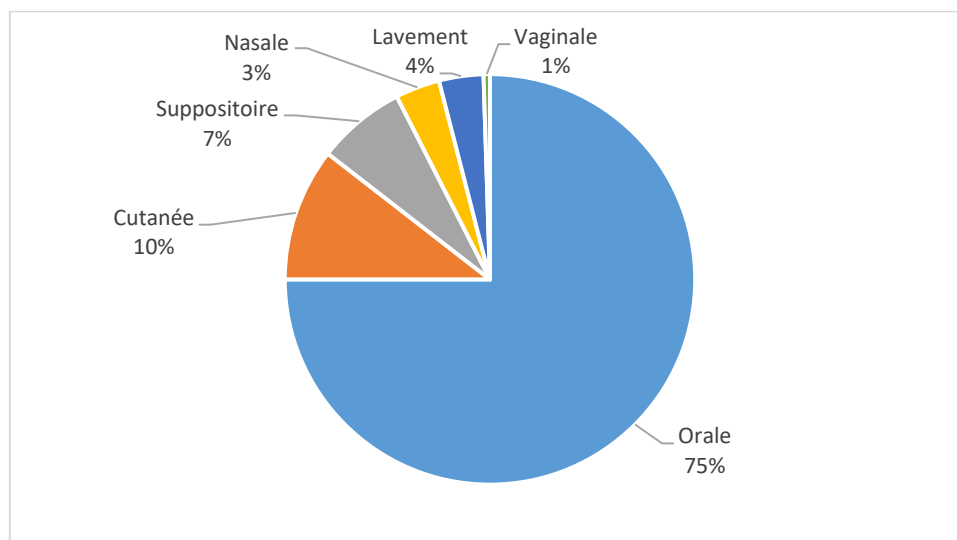


Fig. 5. Voies d'administration de recette traditionnelle

#### 4 CONCLUSION

La présente étude, réalisée dans les principaux marchés de la Ville de Kinshasa, a pour objectif de contribuer à la connaissance des plantes médicinales et de leurs usages thérapeutiques en vue de convertir les savoirs naturalistes locaux en une connaissance scientifique à conserver de manière durable. Il ressort de cette étude que: 66 espèces réparties en 59 genres et 40 familles ont été inventoriées dans la flore médicinale vendues dans les marchés de Kinshasa. Ces plantes traitent 38 maladies, toutefois, le meilleur consensus ne se dégage entre les vendeurs et tradipraticiens que dans le traitement de la fièvre due au Paludisme et le Diabète sucré. Le consensus le plus faible est obtenu avec le traitement des Hémorroïdes, des infections urinaires, l'hypertension artérielle, la faiblesse sexuelle et la toux. En outre, on peut noter une absence de consensus pour 19 maladies citées. Les vendeurs et les tradipraticiens sont recrutés auprès des hommes autant que chez les femmes. Ils sont presque uniformément distribués à travers les différents âges. Concernant l'âge des vendeurs et des tradipraticiens, il se relève que près de 70 % des tradipraticiens ont l'âge situé entre 30 et 53 ans. Les autres tranches d'âge sont moins représentées. Au point de vue instruction, seuls les tiers de vendeurs et tradipraticiens ont atteint le niveau secondaire. L'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 30 à 67 ans avec une prédominance chez les personnes âgées de 45-54 ans. Cependant, la majorité d'enquêtés ont comme activité principale la vente de plantes médicinales, et la moitié associe la vente de plantes médicinales avec d'autres produits. La décoction est le mode de préparation le plus utilisé tandis que l'écorce et la racine sont les parties de la plante les plus sollicitées. Il est donc souhaitable que les screening chimiques et les analyses phytochimiques soient réalisées sur les plantes ayant obtenues le meilleur consensus dans le traitement du paludisme et le diabète.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les membres d'équipe de l'Unité d'Ecodéveloppement, Ethnobiologie et Savoirs Naturalistes, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, République démocratique du Congo, qui ont bien voulu faire la relecture de ce travail. Ils remercient également l'Assistant Ntalakwa Makolo Théophane, de la Faculté des Sciences, pour sa contribution à l'élaboration de la carte reprise dans ce travail.

## REFERENCES

- [1] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [2] World Health Organization. Traditional medicine strategy 2002-2005, 2002. [http://www.who.int/medicines/library/trm trat eng.pdf](http://www.who.int/medicines/library/trm_trat_eng.pdf).
- [3] K.N. Ngbolua, B.M. Benamambote, P.T. Mpiana, D.M Muanda, E.G. Ekutsu, D.S.T. Tshibangu, B.Z. Gbolo, C.L. Muanyishay, N.B. Basosila, G.N. Bongo. B. Robijaona. Ethno-botanical survey and Ecological Study of some Medicinal Plants species traditionally used in the District of Bas-Fleuve (Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo). *Research Journal of Chemistry*, Vol. 01, no. 02, pp. 01-10, 2013.
- [4] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [5] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, N.K. Ngombe, D.S.T. Tshibangu, E.G. Ekutsu, O.N. Kabena, B.Z. Gbolo, L. Muanyishay. Ethno-pharmacological survey and Floristical study of some Medicinal Plants traditionally used to treat infectious and parasitic pathologies in the Democratic Republic of Congo. *International Journal of Medicinal Plants* Vol. 106, pp. 454-467, 2014.
- [6] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [7] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de Cola acuminata (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de Piper guineense Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [8] B. L. Mandjo, J. Paulus, D. E. Musibono, Dynamique des savoirs naturalistes des Pygmées Batwa de la région du Lac Tumba face au changement de leur mode de subsistance. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 10 (4): 1086-1102, 2015.
- [9] B. L. Mandjo, J. Paulus, and D.-E. Musibono, Cultural transmission of traditional ecological knowledge among Batwa pygmies and Ntomba bantou in Lake Tumba landscape, Democratic Republic of Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 16, no. 1, pp. 114–127, 2015.
- [10] B. L. Mandjo, J.Paulus, and D. E. Musibono, Food strategy of Batwa pygmies in Lake Tumba landscape, Democratic republic of Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 742–753, 2015.
- [11] B. L. Mandjo, J. Paulus, and D. E. Musibono, Assessment of importance of environment and activities in Batwa communities of Bikoro area, Democratic Republic of Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 734–741, 2015.
- [12] B.L. Mandjo, Biodiversité, Alimentation et Santé chez les Pygmées Batwa de la région du Lac Tumba en République Démocratique du Congo. Mémoire de DEA, Université de Kinshasa, 2010.
- [13] K.L. Lassa. Inventaire préliminaire des plantes médicinales vendues dans quelques marchés de la partie Est de la ville de Kinshasa: cas de Mont - Amba et Tshangu. Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 2007.
- [14] K.N. Ngbolua, Benjamin L. Mandjo, Juvin M. Munsebi, Masengo C. Ashande, Lengbiye E. Moke, Lionel S. Asamboia, Ready K. Konda, Didier L. Dianzuangani, Marlin Ilumbe, Adelin B. Nzudjom, Kadimanche Mukebayi, and Pius T. Mpiana, Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le District de la Lukunga à Kinshasa (RD du Congo). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 26 No. 2, pp. 612-633, 2016.
- [15] K.L. Lassa. Inventaire préliminaire des plantes médicinales vendues dans quelques marchés de la partie Est de la ville de Kinshasa: cas de Mont - Amba et Tshangu. Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 2007.
- [16] B.G. Ilumbe, P. Van Damme, F.L. Lukoki, V. Joiris, M. Visser, J. Lejoly. Contribution à l'étude des plantes médicinales dans le traitement des hémorroïdes par les pygmées de Twa et leur voisin Oto de Bikoro, RDC. *Congo Sciences* Vol. 2, no. 1, pp. 46-54, 2014.
- [17] B. L. Mandjo, P. A. Dande, Farmers' perceptions of climate change and endogenous adaptive strategies in Tumba landscape, Democratic Republic of Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 33 No. 3, pp. 585-595, 2021.

## Profil glucidique et index glycémique du Dockounou : Un gâteau traditionnel à base de banane plantain sénescente

### [ Carbohydrate profile and glycemic index of Dockounou : A traditional cake made from overripe plantain ]

*Kouamé Adam Camille<sup>1</sup>, Aissatou Coulibaly<sup>2</sup>, Abodo Rhedoor Jacko<sup>3</sup>, N'Dri Yao Denis<sup>2</sup>, and Amani N'guessan Georges<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programme de Recherche sur les Productions animales, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Direction Régionale de Bouaké, 01 BP 633, Bouaké, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratoire de Biochimie Alimentaire et de Technologies des Produits Tropicaux (LBATPT), Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, 02 BP 801, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Service d'Endocrinologie diabétologie, Centre Hospitalier et Universitaire de Yopougon, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, UFR Sciences Médicales, 23 BP 632 Abidjan, Côte d'Ivoire

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

**ABSTRACT:** Recent data gathered from optimization of dockounou-cake manufacturing process parameters showed that an optimized dockounou could be a better way to add value to overripe plantain. But, to date, there is no scientific data about glycemic properties on this food, which is integrated into urban food habits. We performed a nutritional characterization and glycemic index/load (GI/GL) of these plantain-based dishes. In addition, we investigated a glucidic profiling, whose presence in dishes has been scarcely investigated so far. Overall, there were no considerable variations in the nutritional composition, except for the ash and carbohydrate components. The following values were obtained for the carbohydrate component (g/100g): starch (32.4-33.7); sucrose (4.1-8.8); glucose (20.1-20.7); fructose (21.1-22.6); soluble fibre (2.5-2.5) and insoluble fibre (6.9-6.9). GI/GL values were 79/20.4 for optimized dockounou and 81/21.3 for traditional dockounou. The results confirmed that these foods are a good source of carbohydrate, especially in the glucose fraction and energy. However, the high levels of GI and GL implies consumption in moderation.

**KEYWORDS:** Banana, blood sugar, glucose, eating habits, optimization.

**RESUME:** Des données récentes recueillies à partir de l'optimisation de la fabrication du gâteau *dockounou* ont montré qu'un *dockounou* optimisé pourrait être un excellent moyen de valorisation de la banane plantain trop mûre. Mais, à ce jour, il existe peu de données scientifiques sur les propriétés glycémiques de cet aliment, qui est intégré dans les habitudes alimentaires urbaines. Nous avons donc déterminé l'index glycémique et la charge glycémique d'un *dockounou* traditionnel et le *dockounou* optimisé. En outre, nous avons réalisé leur profilage glucidique, dont la présence dans ces mets n'a été que peu étudiée. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu de variations considérables dans leur composition nutritionnelle, à l'exception des cendres et des glucides. Les valeurs suivantes ont été obtenues pour les composantes glucidiques (g/100 g): amidon (32,4-33,7); saccharose (4,1-8,8); glucose (20,1-20,7); fructose (21,1-22,6); fibres solubles (2,5-2,5) et fibres insolubles (6,9-6,9). L'index glycémique et la charge glycémique étaient respectivement de 79 et 20,4 pour le *dockounou* optimisé et respectivement de 81 et 21,3 pour le *dockounou* traditionnel. Ces résultats confirment bien que ces aliments sont une bonne source de glucides, notamment de la fraction glucose. Cependant, les niveaux élevés d'index glycémique et de charge glycémique impliquent une consommation avec modération.

**MOTS-CLEFS:** Banane, glycémie, glucose, habitudes alimentaires, optimisation.

## 1 INTRODUCTION

Les concepts d'index glycémique (IG) et de la charge glycémique (CG) sont utilisés dans le monde dans la gestion de la glycémie chez les patients diabétiques et autres troubles associés. Ce sont des indicateurs physiologiques différenciant les produits alimentaires contenant des glucides, en fonction du degré d'augmentation de la glycémie postprandiale [1]. Sur la base d'une méta-analyse des essais d'intervention menés au cours de la dernière décennie, on estime que les aliments à faibles IG et CG ont un profil de santé plus favorable que ceux à IG et CG élevés [2]. En effet, la consommation d'aliments à faible IG et CG est associée à une meilleure prévention et un meilleur contrôle des maladies métaboliques et cardiovasculaires (ex: diabète et infarctus du myocarde) [1]. Cependant, en Côte d'Ivoire, peu d'informations concernant l'IG et la CG des repas locaux sont disponibles alors que le régime alimentaire des populations vivant en Côte d'Ivoire est caractérisé par sa forte teneur en glucides [3]. Dans leurs habitudes alimentaires, la banane plantain reste un aliment traditionnel de base important pour les populations rurales et urbaines. Elle est la troisième culture vivrière (1,5 MT/an) parmi les aliments les plus consommés après l'igname et le manioc pour une consommation estimée à 120 kg/habitant/an [4]. Ce fruit, désigné comme une banane à cuire (*Musa acuminata*) est consommé après cuisson aux stades de maturation ou de maturité souhaités. C'est un produit alimentaire de bonne qualité nutritionnelle qui sert de revenus aux populations tant urbaines que rurales en Afrique de l'Ouest [5]. Les fruits du plantain sont généralement soumis à des procédés culinaires post-récolte qui tiennent compte de la variété, du stade de maturité et de d'autres ingrédients [5], [6]. Malheureusement, la banane plantain représente 35 à 100 % des pertes post-récolte [7]. Le " dockounou " (Figure 1), un gâteau dérivé de la banane plantain très mûre, constitue une solution originale face aux pertes post-récolte. En effet et il y a bien longtemps de cela, pour résoudre les problèmes de pertes post-récoltes, les femmes paysannes transformaient les fruits trop mûrs du plantain en un met appelé « Dockounou » ou « Doclou » ou encore « apiti » par un procédé traditionnel empirique. Ce procédé comporte sept étapes qui sont le lavage des fruits, l'épluchage, le broyage, le mélange avec de la farine de maïs ou du riz, la fermentation (une opération facultative), l'emballage et la cuisson par ébullition ou à la vapeur [8]. Le gâteau obtenu, enveloppé dans des feuilles de *Thaumatococcus daniellii* (feuille d'*attiéké*) avant sa cuisson, constitue une aide alimentaire inestimable pour les agriculteurs lors des travaux champêtres [9]. Aujourd'hui, cette préparation est très vulgarisée et ces produits sont vendus dans presque tous les marchés des grandes villes. Ils sont consommés par toutes les couches sociales ivoiriennes [10]. Des données récentes recueillies à partir de l'optimisation des paramètres du procédé de fabrication du " Dockounou " ont montré qu'un *Dockounou* optimisé c'est-à-dire mieux apprécié pouvait être obtenu en suivant la méthode empirique avec l'application spécifique de valeurs optimales, à chaque niveau concerné de sa fabrication, tels que le ratio pâte de plantain/farine de céréales, le temps de fermentation, le temps de cuisson, la température de chauffage du four, du procédé de fabrication [8]. Bien qu'il y ait eu plusieurs rapports sur les propriétés nutritionnelles du " Dockounou " [6], [11], [12], [13], aucune donnée n'est disponible sur leur profilage glucidique, leur indice glycémique (IG) ou leur charge glycémique (CG). Cette étude a été entreprise pour évaluer la composition nutritionnelle, l'IG et la CG de ces plats à base de plantain.



Fig. 1. *Dockounou* emballé dans des feuilles de *Thaumatococcus daniellii*

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 CADRE DE L'ÉTUDE**

L'étude a été réalisée à l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologies des Aliments (UFR STA) de l'Université NANGUI ABROGOUA en utilisant la méthodologie de détermination de l'IG reconnue internationalement [14], [15]. Toutes les procédures cliniques ont été réalisées au Centre d'Endocrinologie et de Diabétologie, du Centre Hospitalier et Universitaire (CHU) de Yopougon (Université Félix Houphouët Boigny), Abidjan, Côte d'Ivoire. La composition chimique des repas de l'étude a été réalisée dans le Département des Sciences Alimentaires, Environnementales et Nutritionnelles de l'Université de Milan (DeFENS) en Italie.

### **2.2 REPAS ÉTUDIÉS**

Deux mets locaux à base de plantain sénescents ont été préparés au Laboratoire de Biochimie Alimentaire et de Technologie des Produits Tropicaux de l'Université Nanguï Abrogoua. Il s'agit du Dockounou au maïs optimisé (DlouOp) et du Dockounou au maïs préparé traditionnellement (DlouTra). Le *Dockounou* optimisé a été obtenu selon la méthode empirique en appliquant spécifiquement des valeurs optimales, à chaque niveau concerné de son processus de fabrication [16]. Celui fait traditionnellement (DlouTra) l'a été selon la même méthode traditionnelle décrite par Akoa *et al.* [16]. Tous ces aliments ont été testés immédiatement après la cuisson sur des sujets en bonne santé.

### **2.3 ANALYSE CHIMIQUE DES REPAS À BASE DE PLANTAIN**

L'humidité, les cendres, les lipides et les protéines ont été évalués en suivant les méthodes approuvées par l'AACC International n. 44-15.02, 08-01.01, 30-10.01 et 46-12.01, respectivement. Les glucides disponibles (AvCHO) et totaux (TCHO) ont été calculés par différence comme suggéré par la procédure FAO/WHO [15]. Le contenu minéral a été déterminé par spectrophotométrie d'absorption atomique (Perkins- Elmer analyte 800, Waltham MA, USA). La méthode de Prosky a été utilisée pour déterminer la teneur en fibres solubles et insolubles [17]. Les teneurs en glucose, fructose et saccharose ont été déterminées au moyen d'une HPLC à échange d'anions avec détection ampérométrique pulsée [18]. Un gramme (g) d'échantillon a été extrait avec 200 ml d'eau distillée et, après 1 h à 60 °C, la solution a été filtrée sur un filtre Whatman 0,45 µm. Le filtrat a été dilué de manière appropriée afin de réduire la concentration en sucre dans une fourchette de 0,5 à 5 ppm. 20 µL de solution d'extrait ont été injectés dans la colonne HPLC. Le système HPLC était équipé d'un autoinjecteur LC 717 Plus (Waters, Milford, MA, USA), d'une colonne CarboPac PA1 (4 × 250 mm) plus une colonne de garde CarboPac PA1 Guard (4 × 50 mm) (Dionex, Sunnyvale, CA, USA), d'une pompe isocratique Spectra System LC P 1000 (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) et d'un détecteur ampérométrique pulsé ED50 (Dionex, Sunnyvale, CA, USA). Du NaOH 160 mM avec un débit de 1 ml/min, a été utilisé comme phase mobile. La détection ampérométrique pulsée a été réalisée avec les potentiels et les durées d'impulsion suivants: EOX = +0,6 V (tOX = 430 ms), EDET = +0,1 V (tDET = 400 ms), et ERED = -2,0 V (tRED = 420 ms). Des solutions standard de chaque sucre ont été préparées dans la plage de concentration de 0,5 à 5 ppm. 20 µL de chaque solution de sucre ont été injectés dans le système HPLC afin de tracer les valeurs de la courbe d'étalonnage. Les sucres totaux (TS) ont été déterminés par la méthode de l'acide 3,5-dinitrosalicylique [19]. Le contenu total en amidon (SC) a été estimé à partir des valeurs de TS,  $SC = (TCHO - TS) \times 0,9$  [20]. La teneur énergétique de l'échantillon a été calculée à partir des données proximales en utilisant la formule d'Atwater [21]. Le contenu énergétique de l'échantillon alimentaire a été estimé en multipliant chaque gramme de glucides, de protéines et de lipides par 4 kcal, 4 kcal et 9 kcal respectivement. Toutes les déterminations rapportées ont été effectuées en triple.

### **2.4 DÉTERMINATION DE L'INDICE ET DE LA CHARGE GLYCÉMIQUES**

Trente sujets sains (23 Hommes, 7 Femmes; âge:  $30 \pm 0,5$  ans; indice de masse corporelle  $21,2 \pm 0,3$  kg/m<sup>2</sup>) ont participé à l'étude. Les volontaires ont été recrutés sur la base des critères d'exclusion suivants: diabète, troubles gastro-intestinaux, médicaments connus pour affecter la tolérance au glucose, grossesse, allaitement, intolérance ou allergie à tout aliment. Ils ont été recrutés à l'Université NANGUI ABROGOUA parmi le personnel et les étudiants par le biais d'annonces. Tous les sujets impliqués dans cette étude ont été préalablement informés sur les détails du protocole et sur les risques de la participation. Ils ont donné leur consentement éclairé et signé pour participer à l'étude, conformément à la Déclaration d'Helsinki sur les droits de l'homme. Le Comité d'éthique du Centre Hospitalier Universitaire et de Recherche Félix Houphouët Boigny (CHU-Yopougon) a approuvé l'étude. Les caractéristiques des sujets sont résumées dans le tableau 1. La méthode utilisée pour mesurer et calculer l'index glycémique (IG) des aliments était conforme aux lignes directrices fixées par le document ISO [14] et précédemment décrites par Kouamé *et al.* [22]. Brièvement, le jour du test, les sujets ont consommé soit le repas test (DlouOp ou DlouTra), soit le repas de référence (glucose anhydre) dissout dans 500 ml d'eau. La taille des portions des repas a été calculée pour fournir 50

g de glucides disponibles. Au cours de chaque journée de test, le sang total capillaire a été prélevé par une piqûre au doigt (autopiqueur Accu-Chek® Fastclix -Castle Hill, NSW, Australie) à l'état de jeûne (0 min) et après 15, 30, 45, 60, 90 et 120 min de la consommation du repas. Les concentrations de glucose dans le sang ont été mesurées immédiatement à l'aide de glucomètres (Accu-Chek Performa, Roche Diagnostic, Castle Hill, NSW, Australie). La CG a été calculée à partir de l'IG de l'aliment testé, en considérant la quantité de glucides disponibles dans la taille de la portion consommé par les sujets [1].

**Tableau 1.** *Caractéristiques cliniques et anthropométriques de base (moyenne ± écart type) des sujets (n = 30)*

Paramètres	Moyennes	s.em.	Etendu
Age (années)	30	0,5	25 - 35
Genre (Homme/femme)	23/7	-	-
Poids (kg)	63,3	1,3	47 - 74
Taille (m)	1,7	0,0	1,6 - 1,9
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,2	0,3	18,1 - 24,6
Glycémie à jeun (mmol/L)	4,6	0,1	4,1 - 5
HbA1c (%)	3,0	0,1	2,1 - 4,0
Pression systolique (mmHg)	107,7	1,7	90 - 120
Pression diastolique (mmHg)	73,0	1,3	60 - 90

Notes: IMC = Indice de masse corporel, HbA1c = hémoglobine glyquée

## 2.5 ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été analysées selon la méthode recommandée par la norme ISO/FDIS 26642: 2010 [14] pour le produit alimentaire en ce qui concerne l'IG. L'aire sous la courbe (iAUC), l'IG et la CG ont été calculés à l'aide du logiciel Microsoft Excel® 2013. Les données ont été présentées sous forme de moyennes, d'erreur standard de la moyenne (sem) et d'étendu. La signification statistique des différences entre les concentrations de glucose dans le sang à différents points temporels, les pics incrémentaux, les iAUC et les valeurs IG ont été évaluées en utilisant l'analyse de variance ANOVA. Si l'analyse de la variance était significative, un test t apparié a été utilisé pour tester les différences entre les aliments testés, la solution de glucose de référence et les aliments testés. La signification statistique a été fixée à  $p < 0,05$ . Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du programme statistique SPSS® 17.0 (Statistical Package for Social Sciences, Inc., Chicago, IL, USA).

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans un premier temps, une caractérisation biochimique des gâteaux (DlouOp, DlouTra) a été réalisée. C'est également la première étape impliquée dans le calcul des valeurs d'IG. Les résultats sont présentés dans le tableau 2. Ces informations étaient primordiales pour calculer la quantité de glucides disponibles (g/100 g) dans chaque aliment testé. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu de variations considérables dans la composition nutritionnelle, à l'exception des composants cendres et glucides. La teneur en eau des échantillons (68,1 - 68,2 g/100 g de poids frais) était élevée, mais légèrement inférieure à celle du foutou d'igname, du foutou de manioc, du *placali* ou du *toh* de maïs [6], [11], des plats culinaires traditionnels à base d'igname, de manioc et de maïs respectivement. La forte teneur en eau constatée peut s'expliquer en partie par le fait que, les gâteaux sont le plus souvent cuits avec beaucoup d'eau [8] [16]. Cela pourrait être un inconvénient car cela peut affecter la stabilité et la durée de conservation du produit comme mentionné par Egbebi et Bademosi [23]. Les produits *Dockounou* ont aussi présenté une faible teneur en protéines brutes (4,1 g/100 g MS). Ces quantités sont similaires à celles déterminées dans le *Dodo ikire*, un plat culinaire à base de plantain frit très mûr [24], mais inférieures aux quantités trouvées dans le *foutou* d'igname, le *foutou* de banane ou le *toh* de maïs, des aliments de base de la Côte d'Ivoire [6], [11]. Le *Dockounou* est également caractérisé par de faibles quantités de lipides (0,9-1,3 g/100 g MS). Ce résultat n'est pas surprenant, puisque plusieurs études antérieures ont montré que le plantain est connu pour être très pauvre en lipides [22], [25], [26]. La teneur en fibres alimentaires totales était considérable (9,4 g/100 g MS), notamment dans sa fraction insoluble. Ces quantités sont plus élevées que celles déterminées chez le *Dodo ikire* rapportées par Kayode *et al.* [24]. La teneur en cendres est un indicateur des éléments minéraux [27]. Les teneurs en cendres (3,1 - 4,1 g/100 g MS;  $p < 0,05$ ) sont supérieures à la valeur de 1,3 g/100 g dans le pain produit à partir de farine de blé/plantain/arachide bambara avec 25 % de farine de plantain, plantain non mûr cv " Agbagba " [28]. Les glucides totaux étaient le principal composant des repas étudiés, allant de 90,6 (DlouOp) à 91,8 g/100 g MS (DlouTra), avec une grande partie d'amidon. Les valeurs d'amidon les plus élevées (33,7 g/100 g MS) et les plus basses (32,4 g/100 g) ont été observées dans les échantillons DlouTra et DlouOp respectivement. Les teneurs en sucre étaient aussi différentes dans les échantillons. La figure 2 montre le chromatogramme HPLC-LC du sucre extrait

du Dockounou optimisé et du Dockounou traditionnel. La teneur en saccharose était élevée dans le Dockounou traditionnel (8,8 g/100 g MS), tandis que le Dockounou optimisé était le plus riche en glucose (20,7 g/100 g MS) et en fructose (22,6 g/100 g MS). Le maltose n'était pas détectable dans tous les échantillons. Ces observations pourraient être justifiées par le fait que ces différents aliments traditionnels ont été préparés avec du plantain sénescent, où l'amidon est progressivement converti en sucre libre au fur et à mesure de la maturation [26], [29]. La présence d'amidon comme composante principale de ces produits alimentaires est cohérente avec des études précédentes sur des repas à base de plantain [10], [22], [24], [28] et justifie aisément une teneur énergétique élevée des aliments testés, (apports caloriques allant de 389,9 (DlouOp) à 392,2 kcal/100g (DlouTra)). Ils pourraient largement répondre aux besoins énergétiques quotidiens des populations. La variabilité de la composition en cendres et en glucides de ces produits alimentaires a également contribué aux différences de leurs contenus énergétiques. Au regard des quantités importantes en amidon, en sucres totaux et en énergie dans ces aliments, ils pourraient induire des désordres métaboliques en cas de trop grande consommation d'où l'intérêt de la détermination de leur IG et GL.

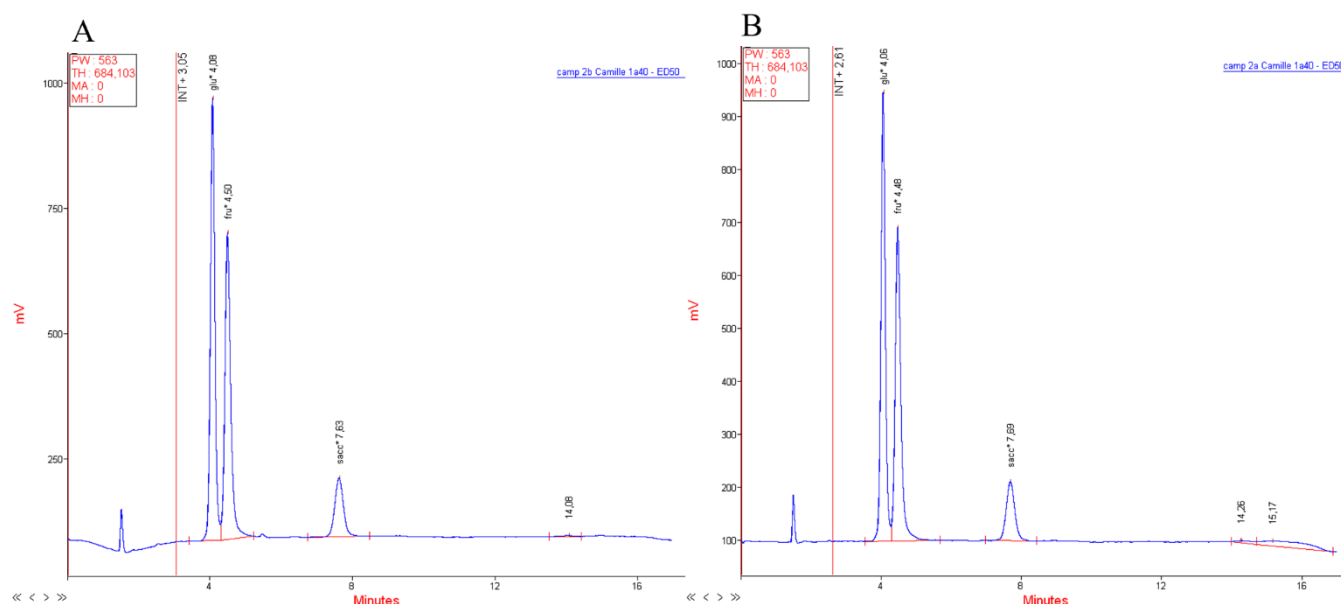


Fig. 2. Chromatogrammes HPLC des sucres extraits du Dockounou optimisé (A) et du Dockounou traditionnel (B)

Ensuite, certains minéraux ont été évalués pour les deux produits (Tableau 2) et ce, afin d'évaluer la qualité minérale de la fraction de cendre. Dans l'ensemble, les teneurs en minéraux et oligo-éléments différaient significativement. Les analyses minérales ont montré que le sodium (Na) était le minéral le plus abondant dans les deux échantillons avec une valeur estimée de 614,8 mg/100 g MS dans le produit optimisé et de 285,3 mg/100 g MS dans le produit traditionnel, suivi par le magnésium (Mg) et le calcium (Ca). Les teneurs en Mg et en Ca pour le Dockounou optimisé et traditionnel varient respectivement, de 54,9 à 57,4 mg/100 g MS et de 4,4 à 6,4 mg /100 g MS. Leurs niveaux sont généralement similaires à ceux de Kra *et al.* [10]. Les valeurs de zinc qui varient respectivement de 0,5 à 0,6 mg/100 g MS pour les produits optimisés et traditionnels, étaient la teneur en valeur minérale la plus faible.

Enfin, l'IG des deux produits a été déterminé (Tableau 3) en utilisant un protocole standardisé (ISO/FDIS 26642: 2010). Le pic de glycémie postprandiale a été atteint à 45 minutes pour tous les mets. Le DlouTra a entraîné une augmentation plus importante de la glycémie postprandiale par rapport à DlouOp (8,1 et 6,7 mmol/L respectivement). Le Dockounou optimisé (IG=79) et le Dockounou traditionnel (IG=81) ont montré des valeurs IG presque similaires et l'analyse statistique n'a pas révélé de différences entre les valeurs d'IG. Les valeurs d'IG des aliments testés ont été identifiées comme étant des IG élevés [30], [31]. Ces gâteaux sont donc considérés comme des aliments hyperglycémisants. Ces valeurs d'IG se justifient en raison de leur teneur élevée en glucides (80 % du poids sec), notamment dans la fraction glucose et de la présence d'amidon gélatinisé, ces aliments ont été susceptibles d'induire une glycémie importante [6], [11]. La présence de fibres alimentaires présentes dans les produits de Dockounou n'a pas permis de réduire l'IG des produits. Les aliments à IG élevés sont connus pour produire une réponse glycémique élevée en raison de la vitesse rapide de digestion des glucides dans la lumière intestinale, d'où la présence élevée de glucose dans la circulation sanguine [1]. Ces aliments ne sont pas des repas adaptés ou adéquats pour les diabétiques de type 2 compte tenu de leurs indices de réponse glycémique élevés. Ils le sont d'autant plus pour chez les individus insulino-résistants qui doivent augmenter la sécrétion d'insuline afin de rétablir l'homéostasie du glucose, augmentant la charge sur la cellule  $\beta$  et donc le risque

de diabète de type 2 [32]. Ces données sont d'une grande pertinence dans le contexte de la Côte d'Ivoire, où ce plat traditionnel est introduit dans les habitudes urbaines et est largement proposé sur les marchés [16]. D'après l'enquête bibliographique, plusieurs études similaires ont montré des valeurs d'IG élevées des produits amyliacés traditionnels à base de plantain [6], [3], [22], [33]. Par ailleurs, bien que le meilleur rapport entre la pâte de plantain et la farine de céréales ait été de 90/10 % à l'optimisation des paramètres du procédé de fabrication du Dockounou [16], l'IG du Dockounou (optimisé ou non) n'a pas affecté dans la présente étude.

En ce qui concerne la charge glycémique, aucune différence significative n'a été observée entre les échantillons. Les GL calculées pour les aliments testés sont élevées ( $GL \geq 20$ ) [31], ce qui était attendu car la plupart des aliments testés avaient un IG élevé. Toutefois, la valeur de la CG dépend de la taille des portions d'aliments qui ont tendance à varier fortement entre les pays et même au sein d'un même pays. Les résultats présentés ici doivent donc être utilisés et interprétés avec prudence. Il est donc recommandé aux professionnels de la santé de calculer leurs propres valeurs de CG à l'aide des données d'IG fournies dans la présente étude.

**Tableau 2.** Caractérisation nutritionnelle des repas de Dockounou exprimée sur la base de la matière sèche

Nutriments		DklouOp		DklouTra	
		Moyenne $\pm$ Ecart type		Moyenne $\pm$ Ecart type	
Eau	g/100 g	68,2 $\pm$ 0,1a		68,1 $\pm$ 0,1a	
Protéines	g/100 g	4,1 $\pm$ 0,0a		4,1 $\pm$ 0,0a	
Lipides	g/100 g	1,3 $\pm$ 0,0a		0,9 $\pm$ 0,0a	
Glucides					
disponibles *	g/100 g	81,1 $\pm$ 0,1b		82,4 $\pm$ 0,1a	
total *	g/100 g	90,6 $\pm$ 0,1b		91,8 $\pm$ 0,1a	
Amidon	g/100 g	33,7 $\pm$ 0,1a		32,4 $\pm$ 0,1a	
Sucre totaux	g/100 g	47,4 $\pm$ 0,0b		50,0 $\pm$ 0,0a	
Sucrose	g/100 g	4,1 $\pm$ 0,0b		8,8 $\pm$ 0,0a	
Glucose	g/100 g	20,7 $\pm$ 0,0a		20,1 $\pm$ 0,0b	
Maltose	g/100 g	00		00	
Fructose	g/100 g	22,6 $\pm$ 0,0a		21,1 $\pm$ 0,0b	
Fibre					
Fibres totaux	g/100 g	9,4 $\pm$ 0,0a		9,4 $\pm$ 0,0a	
Fibres solubles	g/100 g	2,5 $\pm$ 0,0a		2,5 $\pm$ 0,0a	
Fibres insolubles	g/100 g	6,9 $\pm$ 0,0a		6,9 $\pm$ 0,0a	
Energie	kcal/100 g	389,9 $\pm$ 0,4a		392,2 $\pm$ 0,4a	
Cendres	g/100 g	4,1 $\pm$ 0,0a		3,1 $\pm$ 0,1b	
Sodium	mg/100 g	614,8 $\pm$ 15,3a		285,3 $\pm$ 0,1b	
Calcium	mg/100 g	4,4 $\pm$ 0,1b		6,4 $\pm$ 0,2a	
Fer	mg/100 g	trace		trace	
Zinc	mg/100 g	0.5 $\pm$ 0.0b		0.6 $\pm$ 0.0a	
Magnésium	mg/100 g	54.9 $\pm$ 0.3b		57.4 $\pm$ 0.4a	

Notes: Les données sont exprimées sur la base de la matière sèche. Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  l'écart-type de trois déterminations. <sup>a, b, c, d</sup> Les données sur la même ligne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ). \*Calculé par différence. DklouOp: Dockounou optimisé; DklouTra: Dockounou traditionnel

**Tableau 3.** Valeurs de l'indice glycémique et de la charge glycémique des produits testés

Aliments tests	Glucides disponibles (g/100 g MS)	Portion expérimentale (g)	n	IG	Classification IG <sup>1</sup>	Portion servie	CG	Classification CG <sup>2</sup>
DklouOp	25,8	193,6	30	79 <sup>a</sup>	élevé	200	20,4	élevée
DklouTra	26,3	190,0	30	81 <sup>a</sup>	élevé	200	21,3	élevée

Notes: <sup>a, b, c, d</sup> Les données d'une même colonne dont l'exposant est différent sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ); n = nombre de valeurs incluses après analyse des valeurs aberrantes. IG = Indice glycémique; CG = Charge glycémique; CHO = Glucides. <sup>1</sup>Les indices glycémiques ont été classés comme élevés ( $\geq 70$ ), moyens (56-69) et faibles ( $\leq 55$ ); <sup>2</sup>Les charges glycémiques ont été classées comme élevées ( $\geq 20$ ), moyennes (11-19) et faibles ( $\leq 10$ ). DklouOp: Dockounou optimisé; DklouTra: Dockounou traditionnel

#### **4 CONCLUSION**

Cette étude confirme que le Dockounou optimisé ainsi que le Dockounou traditionnel sont une bonne source de glucides, notamment dans la fraction glucose et d'énergie. Il existe peu de variabilité dans la composition chimique proximale (excepté les cendres et les glucides) et l'index glycémique de ces produits. L'IG et la CG du Dockounou optimisé et du Dockounou traditionnel sont élevés. Ils ne sont pas de meilleurs choix pour les diabétiques. Ces résultats sont utiles aux professionnels de la santé qui ils pourront développer des stratégies de gestion diététique appropriées, par exemple dans la planification des repas en utilisant le concept de l'IG et la CG des aliments. Les auteurs de cette étude recommandent donc la consommation de ces gâteaux chez les sportifs (CG < 20), en petites portions chez les personnes en bonne santé (CG < 10) et d'éviter leur consommation chez les personnes souffrantes de maladies métaboliques.

#### **CONFLIT D'INTÉRÊT**

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

#### **REMERCIEMENTS**

Les auteurs tiennent à remercier les volontaires pour leur coopération sincère qui a permis de mener à bien cette étude. Les auteurs remercient les autorités du Département des Sciences Alimentaires, Environnementales et Nutritionnelles de l'Université de Milan (DeFENS), en Italie, pour avoir mis à disposition les installations de laboratoire. L'assistance du Département des Sciences de l'Alimentation, de l'Environnement et de la Nutrition (DeFENS) pour les collaborateurs internationaux (Professeur associé Daniela ERBA, Assistant technique de laboratoire: Franca CRISCUOLI, Giovanni FIORILLO et Stefano RAVASENGHI) de l'Université de Milan, Italie, a été grandement appréciée.

#### **REFERENCES**

- [1] L. S. A. Augustin,, W. C. C., Kendall,, D. J. A. Jenkins,, C. W., Willett, A., Astrup, A., Barclay, I., Björck, C. J. Brand-Miller,, F. Brighenti, E. A. Buyken, A. Ceriello,, C. La Vecchia,, G. Livesey, S. Liu, G. Riccardi,, W. S. Rizkalla,, L. J. Sievenpiper A. Trichopoulou,, M. T. Wolever, Baer-Sinnott, S & Poli, A. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* 25, 795-815. 2015.
- [2] N. S. Bhupathiraju,, K. D. Tobias,, V. S. Malik,, A. Pan,, A. Hruby,, J. E. Manson,, C. W. Willett, B. F. Hu,. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* 100, 218–32. 2014. DOI: 10.3945/ajcn.113.079533.
- [3] A.C. Kouamé,, K.N. Kouassi,, A. Coulibaly,, Y. D. N'dri,, G. G. Tiahou,, A. Lokrou,, N. G. Amani. Glycemic index and glycemic load of selected staples based on rice, yam and cassava commonly consumed in Côte d'Ivoire. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 308–315. 2014.
- [4] CNRA Programme Plantain, Bananes, Ananas. Actualité de recherché. From 2013. <http://www.cnra.ci/descprog.php?id=13&prog=Plantain,%20Bananes,%20Ananas&act=present> [accessed 13.03.10].
- [5] J. Cauthen, D. G. Jones, K. Mary,, C. L. Anderson. Banana and Plantain Value Chain: West Africa. Evans School Policy Analysis and Research (EPAR), Brief No. 239. 25p. EPAR Brief No. 239. 2013.
- [6] A.C. Kouamé, K. N. Kouassi, Y. D. N'dri,, N. G. Amani. Glycemic index and load values tested in normoglycemic adults for five staple foodstuffs: pounded yam, pounded cassava-plantain, placali, attieke and maize meal stiff porridge. *Nutrients*, 7, 1267-1281. 2015. doi: 10.3390/nu7021267.
- [7] P. Fellows, Value from village processing. In: FAO Diversification Booklet 4. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division, FAO, Rome (Italy). 2011.
- [8] E. E. F Akoa, R. M. Mégnanou, K. A. S. Kra L. S. Niamké Technical variation in the processing of dockounou, a traditional plantain derivate dish of Côte d'Ivoire. *American Journal of Research Communication*, 1 (5), 80-97. 2013.
- [9] A.A. Soro-Yao, B. Kouakou, R. Koffi-Nevry, K. M. Djè. Microbiology of Ivorian fermented products: A review. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 1, 37–47. 2013.
- [10] A. S. Kra, E. Akoa, R-M., Megnanou, K. Yebooue, E. E. Akpa, L. S. Niamke Physicochemical and nutritional characteristics assesment of two different trade tional foods prepared with senescent plantain. *African Journal of Food Science* 7 (3), 51-55. 2013.
- [11] N. J Kouadio, K. A. S. Kra., L. S. Niamke Nutritional effect of boiled and baked soybean dockounou on the wistar rats health. *Conditions International Journal of Biochemistry and Biophysics* 5 (1), 1-8. 2017. DOI: 10.13189/ijbb.2017.050101.

- [12] N. J. Kouadio, R-M. Mégnanou, E. Akpa, E E., Akoa, K. S. Kra, L. S. Niamke Impact of the nutritional supply of Dockounou with millet, soybean, cassava, sorghum flours in Wistar rat growth. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 10, 576-583. 2015.
- [13] J. Kouadio, R-M. Megnanou, E. Akpa, S. Kra, L. S. Niamke. In vitro digestibility of dockounou, a traditional plantain derivate dish of Côte d’Ivoire. *American Journal of BioScience*. 2 (6), 211-216. 2014. doi: 10.11648/j.ajbio.20140206.14.
- [14] International Standards Organisation. ISO 26642-2010. Food Products - Determination of the Glycemic Index (GI) and Recommendation for Food Classification”. Geneva, Switzerland, International Standards Organisation, 2010.
- [15] FAO/WHO. Carbohydrates in Human Nutrition, FAO Food and Nutrition Paper 66. Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates, April 14-18, 1997. Rome, Italy: FAO, 1998.
- [16] E. F. E Akoa, K. A. S. Kra, R-M. Mégnanou, N. J Kouadio, L. S. Niamke. Optimization of Dockounou Manufacturing Process Parameters. *Sustainable Agriculture Research*; 3 (1) 67-75. 2014.
- [17] L. Prosky. N. G. Asp, T. F. Schweitzer, J. W. DeVries, I. Furda. Determination of insoluble and soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *Journal of AOAC International* 75, 360–367. 1992.
- [18] R.D. Rocklin, C. A Pohl,. Determination of Carbohydrates by Anion Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection. *Journal of Liquid Chromatography* 6, 1577–1590. 1983.
- [19] M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A Rebers, F.Smith. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28, 350 – 356. 1956.
- [20] H. N. Englyst, S. M. Kingman, J. H. Cummings. Classification and Measurement of Nutritionally Important Starch Fractions. *European Journal of Clinical Nutrition* 46, S33-S50. 1992.
- [21] Report of joint FAO/WHO ad hoc expert committee on energy and protein requirements, FAO Nutr. Meet Rep Ser No 52, Rome, Italy, 1973. The University of Sydney, Glycemic Index. Sydney University Glycemic Index Research Service (SUGIRS). Available online: [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com) (accessed on 21 August 2016).
- [22] A.C. Kouamé, K. N. Kouassi, R. J. Abodo A. K. K., Pereko, C. M. Casiraghi, Y. D. N’dri, N.G Amani. Glycemic responses, glycemic index, and glycemic load values of some street foods prepared from plantain (*Musa spp.*, AAB Genome) in Côte d’Ivoire. *Foods*, 6, 83; 2017. doi: 10.3390/foods6090083.
- [23] O. A. Egbebi, A. T. Bademosi. Chemical compositions of ripe and unripe banana and plantain. *International Journal of Tropical Medicine & Public Health* 1 (1), 1-5. 2012.
- [24] R. M. O. Kayode, A. T. Ajiboye, A. A. Babayeju, B. I. Kayode, C. O. Oladoye, K. T. Adu, Proximate, mineral composition and microbial counts of over-ripe fried plantain (dodo-ikire) sold by vendors in ikire town, NIGERIA. *International Journal of Biotechnology* 2 (4), 68-82. 2013.
- [25] S. Parasite, K. Thayanathan,, S. Balakumar, V. Arasaratnam, Including side dishes to traditional main meals alter the glycemic index. *Sri Lanka Journal of Diabetes Endocrinology and Metabolism* 3, 12–18.2013.
- [26] B. C. Bonnet, O. Hubert, D. Mbeguie-A-Mbeguie, D. Palletn, A. Hiol, M. Reynes, P. Poucheret Effect of physiological harvest stages on the composition of bioactive compounds in Cavendish bananas. *J Zhejiang Univ-Sci B (Biomedicine & Biotechnology)*; 14 (4), 270-278. 2013.
- [27] B. Andualem, A. Gessesse. Proximate composition, mineral content and antinutritional factors of Brebra (*Milletia ferruginea*) seed flour as well as physicochemical characterization of its seed oil. *SpringerPlus*, 3: 298. doi: 10.1186/2193-1801-3-298.
- [28] D. B. Kiin-Kabari. Physico-Chemical and Sensory Properties of Bread Prepared from Wheat and Unripe Plantain Composite Flours Fortified with Bambara Groundnut Protein Concentrate. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 4 (5), 594-599. 2015. doi: 10.11648/j.ijnfs.20150405.23.
- [29] P. Khawas, A. J. Das, N. Sit, L. S. Badwaik, C. S. Deka. Nutritional Composition of Culinary Musa ABB at Different Stages of Development. *American Journal of Food Science and Technology* 2 (3), 80-87., 2014. doi: 10.12691/ajfst-2-3-1.
- [30] T. M. Wolever, D. J. Jenkins, J. Kalmusky,, C. Giordano, S. Giudici, A. L. Jenkins, L. U. Thompson, G. S Wong, R.G Josse. (. Glycemic response to pasta: effect of surface area, degree of cooking, and protein enrichment. *Diabetes Care* 9, 401-404. 1986. Official Website of the Glycemic Index: GI Database (accessed February 2015). [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com).
- [31] [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com) The University of Sydney, Glycemic Index. Sydney University Glycemic Index Research Service (SUGIRS). Available online: [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com) (accessed on 21 August 2016).
- [32] J. C. Brand-Miller, H. J. Griffin, S. Colagiuri. The carnivore connection hypothesis: revisited. *Journal of obesity*, 2011. Volume 2012 Article ID 258624, 9 pages. 2012. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/258624>.
- [33] S. O. Mahgoub, M. Sabone, J. Jackson Glycemic index of selected staple carbohydrate-rich foods commonly consumed in Botswana. *South African Journal of Clinical Nutrition* 26 (4), 182-187. 2013.

## Adventices nuisibles de la culture de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire

### [ Harmful weeds of the cultivation of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) in South-East of Côte d'Ivoire ]

Arnaud Freddy Yapi<sup>1</sup>, Kra Frédéric Kouame<sup>2</sup>, and Oueuga Florence Tialou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de Biologie et Physiologie Végétale, UFR Sciences Biologiques, Université Péléforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Centre National de Floristique, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

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

**ABSTRACT:** Weeds represent one of the main constraint responsible for the proliferation of pests in cassava cultivation. It generally serves as hosts of parasites and pests. It impacts negatively the management process of these. The study on the main noxious weeds in cassava cultivation in Me Region, in South-East of Côte d'Ivoire carried out using two field methods. The first was to undertake a survey among 206 cassava producers and the second, to carry out floristic surveys in the fields of the producers surveyed. A total of 23 recurrent weeds were obtained from they survey. Regarding floristic survey, out 176 weed species recorded, 8 have high potential for harmfulness. In descending ordre, there are: *Porophyllum ruderale*, *Panicum laxum*, *Chromolaena odorata*, *Calopogonium mucunoides*, *Croton hirtus*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides* et *Diodia rubricosa*. The similarity coefficient of these two floristic lists showed that there is a floristic homogeneity between them (Cs=72.34 pc.). This study on the main binding weeds is proving to be te fundamental step in the implementation of an effective technical ways for the managment of cassava cultivation.

**KEYWORDS:** Weeds, Pests, Nuisibility, Floristic homogeneity.

**RESUME:** Les mauvaises herbes représentent l'une des principales contraintes responsables de la prolifération des bioagresseurs en culture du manioc. Elles servent généralement de hôtes de parasites, de ravageurs et impactent négativement le processus de gestion de ceux-ci. L'étude sur les principaux adventices nuisibles en culture du manioc dans la région de la Mé, au Sud-est de la Côte d'Ivoire s'est faite grâce à deux méthodes de terrain. La première a consisté à entreprendre une enquête à l'aide d'un questionnaire, auprès de 206 producteurs de manioc et la seconde, par des relevés floristiques dans les champs des producteurs enquêtés. Au total, 23 adventices récurrentes ont été obtenues à l'issu de l'enquête. Concernant les relevés floristiques, sur 176 espèces d'adventices recensées, 8 ont un potentiel de nuisibilité élevé. Il s'agit par ordre décroissant de nuisibilité de *Porophyllum ruderale*, *Panicum laxum*, *Chromolaena odorata*, *Calopogonium mucunoides*, *Croton hirtus*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides* et *Diodia rubricosa*. Le calcul du coefficient de similitude montre qu'il y a une homogénéité floristique entre les espèces de deux listes floristiques (Cs= 72,34 p.c.). Cette étude sur les principales adventices contraignantes se révèle être l'étape fondamentale de la mise en œuvre d'un itinéraire technique efficace de gestion de la culture du manioc.

**MOTS-CLEFS:** Adventices, Bioagresseurs, Nuisibilité, Homogénéité floristique.

## 1 INTRODUCTION

Les fondements naturels de la Côte d'Ivoire lui permettent la culture d'une grande variété de spéculations vivrières. Ainsi, l'agriculture vivrière occupe-elle 85 % de la population active agricole de Côte d'Ivoire, dont 90 % sont des femmes [1]. De plus, elle occupe une superficie de 2 448 000 Ha et procure à l'économie ivoirienne un chiffre d'affaires de plus de 1000 milliards de FCFA et représente 10 % du PIB [1]. En Côte d'Ivoire, la production vivrière reste tributaire de cinq grandes cultures [2]. Parmi celles-ci, la culture du manioc avec 2 410 000 T / an et un rendement moyen de 6,5 tonnes par hectare occupe la seconde place [3]. Cette culture est réalisée dans tout le pays mais principalement dans le Sud, l'Ouest et le Centre. Cette spéculacion constitue à la fois une culture de subsistance et de rente pour les producteurs qui ne possèdent pas d'exploitations de caféciers, de cacaoyers, de palmiers à huile. Ainsi, son exploitation engendre diverses activités qui participent à la sécurité alimentaire (bouillie, placali, foutou, gari, etc) et permettent ainsi de lutter contre la pauvreté. En effet, depuis la crise socio-politique de 2010 et l'avènement de la politique de scolarisation de tous les enfants de moins de 16 ans [4], la gestion de l'enherbement dans cette spéculacion est confrontée à plusieurs difficultés dont la gestion de l'enherbement, la raréfaction et la cherté de la main d'œuvre. Cependant, les difficultés techniques sont les principales causes de la mauvaise maîtrise de la gestion de l'enherbement des cultures [5]. Or, les adventices les principales causes de réduction des rendements [6]. Selon ces auteurs, dans les pays en voie de développement, la présence des mauvaises herbes peut occasionner jusqu'à 25% de pertes de production dans les zones tropicales et 5% en zone tempérée. De plus, elles servent généralement d'hôtes ou réservoirs de prédateurs et exercent des phénomènes d'allélopathie sur les plantes cultivées ([7], [8], [9], [10], [11]). Par ailleurs, pour pallier le problème de l'insécurité alimentaire des populations, il est indispensable de lever les contraintes liées à la réalisation de bons rendements. Ainsi, l'amélioration des itinéraires techniques de production devient-elle plus que nécessaire. A ce jour, peu de données sont disponibles sur les adventices majeures qui amenuisent le rendement et qui rendent difficiles les techniques de gestions de l'enherbement. C'est dans ce cadre que nous entreprenons de réaliser cette étude. Elle vise à déterminer les principales adventices contraignantes de la culture du manioc dans le sud-est de la Côte d'Ivoire, afin d'établir un itinéraire technique de désherbage approprié et moins couteux.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 SITE D'ETUDE

La région de la Mé est située au Sud-est de la Côte d'Ivoire. Elle est limitée au sud-est par la région du sud-Comoé, au sud-ouest par la région de l'Agneby-tiassa et le district d'Abidjan, au nord par la région du Moronou et au nord-est par celle de l'Indenie-djuablin. Elle regroupe les départements d'Adzopé, d'Akoupé, d'Alépé et de Yakassé-atobrou (Figure 1). Cette zone représente l'une des principales zones de production de manioc.

De plus, le manioc est l'aliment de base de la population de cette localité. La région de la Mé appartient à la zone subéquatoriale avec un climat de type attién comprenant quatre (04) saisons dont deux (02) saisons pluvieuses. La quantité de pluie est abondante et demeure l'un des facteurs importants de la production vivrière.

### 2.2 MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique est constitué des différentes variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae)) rencontrées dans les champs des producteurs et des mauvaises herbes recensées lors des relevés floristiques.

### 2.3 MATERIEL TECHNIQUE

Le matériel technique est constitué d'un GPS qui a permis de mesurer les champs visités. De fiches d'enquête et de relevés qui ont servi respectivement à recueillir les informations auprès des producteurs et de recenser les adventices rencontrées sur les exploitations.

### 2.4 COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données s'est faite grâce à une enquête et une série de relevés floristiques. Pour la phase d'enquête, une fiche de questionnaire a été remise au producteur dans son champ. Sur cette fiche, trois principales questions ont été retenues pour cette étude. Il s'agit des informations portant sur les adventices rencontrées, les adventices les plus récurrentes observées au cours du cycle cultural et les adventices difficiles à désherber. Concernant le relevé floristique, l'inventaire des adventices a été effectué au cours du cycle cultural du manioc. Les champs de manioc visités ont été parcourus dans les différentes

directions en notant la présence de chaque espèce rencontrée (technique de tour de champ). Au cours de cette opération, une note d'abondance-dominance (Tableau 1) est attribuée à chaque espèce recensée [12].

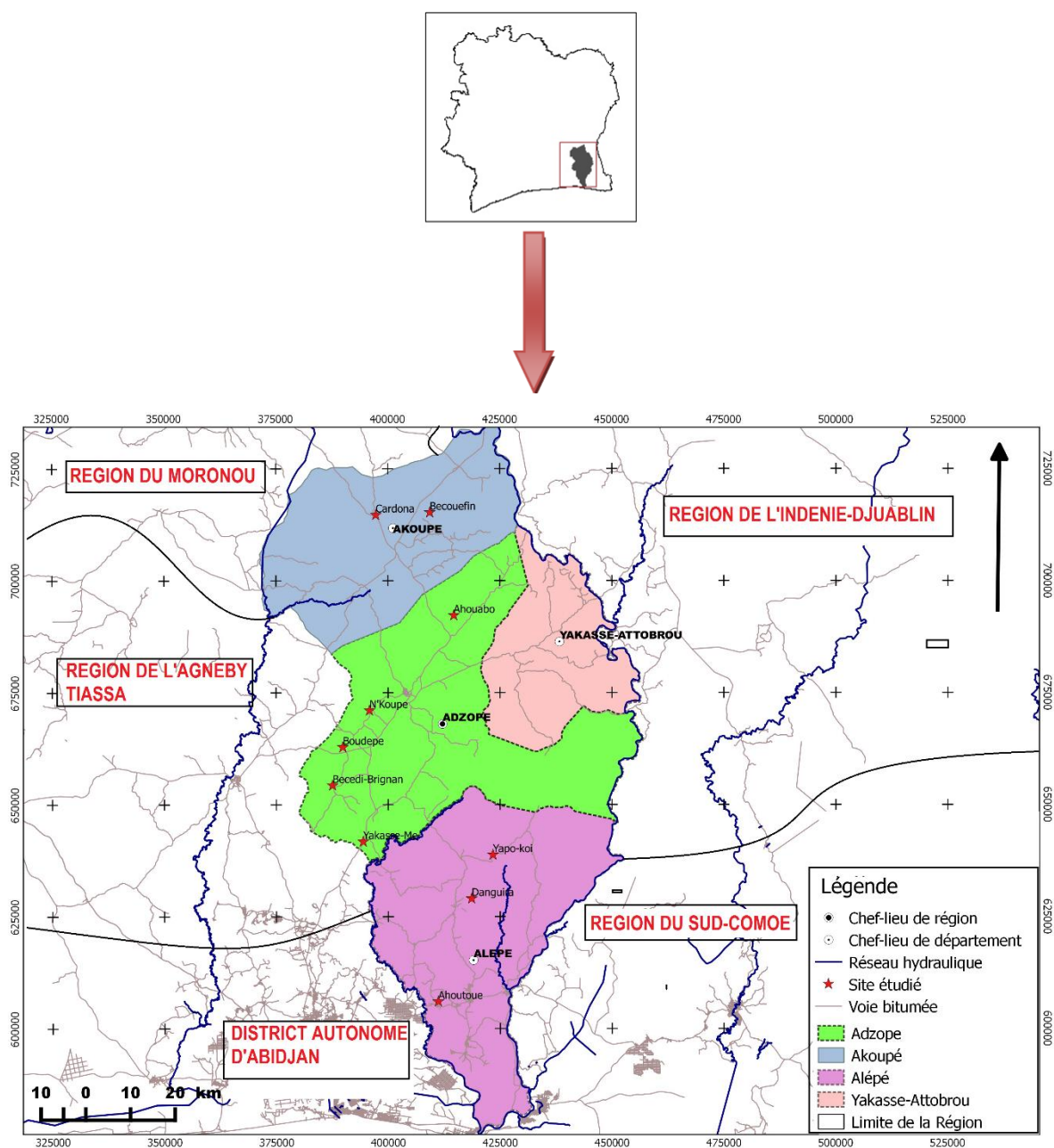


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Tableau 1. Echelle adoptée pour la quantification de l'enherbement [12]

Indices	Significations
1	Individus rares, peu abondants ou abondants, mais à recouvrement faible
2	Individus très abondants ou recouvrant 1/20 de la surface échantillonnée
3	Individus recouvrant ¼ à ½ de la surface, abondance quelconque
4	Individus recouvrant ½ à ¾ de la surface, abondance quelconque
5	Individus recouvrant plus de ¾ de la surface, abondance quelconque

## 2.5 METHODE D'ANALYSE DES DONNEES

### 2.5.1 DIVERSITE QUALITATIVE

L'analyse floristique qualitative (famille, genre, espèces) est réalisée à partir de la liste floristique générale des différents relevés. Chaque mauvaise herbe majeure recensée est rangée dans sa famille taxonomique et affectée du type biologique (T.B.) auquel elle appartient. Les données recueillies sont saisies à l'aide du tableur EXCEL.

De ce fait, les pourcentages représentant chaque type biologique sont calculés. Ils permettront de construire le spectre biologique. La formule suivante est utilisée pour le calcul des pourcentages:

$$\text{p.c. (TB)} = \frac{\sum \text{ADmoy des espèces du même (TB)}}{\sum \text{ADmoy. de toutes les espèces}} \times 100$$

Avec p.c.= pourcentage, TB = type biologique et ADmoy = abondance-dominance moyenne.

### 2.5.2 DIVERSITE QUANTITATIVE

L'approche quantitative concerne plusieurs points.

- Fréquences

Les fréquences absolues et relatives de chaque espèce sont calculées selon chaque étude. Ainsi, à partir de la fréquence relative, on a pu définir la fréquence centésimale qui est la fréquence relative exprimée en pourcentage. Elle se définit par la formule suivante:

$$F_c = \frac{F_a (e)}{N} \times 100$$

Avec,  $F_c$  - fréquence centésimale,  $N$  - nombre total de relevés,  $F_a$  – fréquence absolue.

- Abondance-dominance

L'abondance-dominance moyenne de l'espèce (e) est le rapport entre la somme des notes d'abondance dominance et le nombre total de relevés (N). L'indice d'abondance-dominance moyenne est calculé par rapport au nombre de relevés dans lesquels l'espèce est présente. C'est la somme des notes d'abondance-dominance sur le nombre total de relevés (N) dans lequel l'espèce est présente. La formule mathématique est la suivante:

$$\text{AD moy (e)} = \frac{\sum \text{AD de l'espèce (e)}}{N} \times 100$$

Avec AD moy (e): Abondance-dominance moyenne de l'espèce, AD: Abondance dominance, N: Nombre total de relevé.

- Diagramme d'infestation

Ce diagramme permet d'identifier les mauvaises herbes majeures à partir de leur potentiel de nuisibilité. Il est constitué d'un nuage de points établi à partir des fréquences relatives en abscisse et des indices d'abondance-dominance moyenne en ordonnée. Cette analyse permet de définir les différents groupes d'espèces.

- Coefficient de similitude

Pour établir cette liste floristique des adventices majeures, nous avons procédé par comparaison de la flore obtenue suite à l'enquête et celles des relevés floristiques (adventice ayant une fréquence supérieure ou égale à 40 p.c. et une abondance

moyenne supérieure ou égale à 0,25) au moyen de coefficient de similitude. La formule utilisée est celle de Sorensen ([13], [14], [15]):

$$Cs = \frac{2 \cdot c}{a + b} \times 100$$

Dans cette formule, (a) représente le nombre d'espèces appartenant à une liste (A), dressée à l'issue de l'inventaire effectué dans une localité donnée; (b) représente le nombre d'espèces appartenant à une liste (B) que l'on veut comparer à la première liste; (c) est le nombre d'espèces communes à (A) et (B). En théorie, Cs varie entre 0 et 100 p.c. mais dans la pratique, ces valeurs limites ne sont presque jamais atteintes.

### 3 RESULTATS

#### 3.1 CARACTERISTIQUES DE LA FLORE ADVENTICE

##### 3.1.1 COMPOSITION FLORISTIQUE DES ADVENTICES MAJEURES SELON L'ENQUETE

L'enquête auprès des producteurs a permis d'identifier 23 espèces. Ces espèces se regroupent en 23 genres et 11 familles. Les familles les mieux représentées sont: les Euphorbiaceae, les Asteraceae, les Poaceae et les Fabaceae. Parmi ces espèces, 10 ont des fréquences centésimales supérieures à 25 p.c. (Tableau 2). *Croton hirtus* (Euphorbiaceae) et *Panicum laxum* (Poaceae) sont les plus fréquentes avec respectivement 52,67 p.c. et 50,00 p.c. Concernant les types biologiques, cinq (5) types sont représentés. Il s'agit des Microphanérophytes (mp), des Nanophanérophytes (np), des Chaméphytes (Ch), des Hémicryptophytes (H) et des Thérophytes (Th). Parmi ces types, les Nanophanérophytes (np) et les Thérophytes (Th) sont les plus représentatives avec 26,09 p.c. pour chaque type biologique (Figure 2). Les Chaméphytes (Ch) et les Microphanérophytes (mp) les suivent avec 17, 39 p.c. chacun.

Tableau 2. Fréquences centésimales des 10 adventices majeures citées par les producteurs

N	Espèces	Famille	Fréquence centésimale
1	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	26,21
2	<i>Diodia rubricosa</i>	Rubiaceae	29,61
3	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Fabaceae	33,5
4	<i>Centrosema pubescens</i>	Fabaceae	40,78
5	<i>Chromolaena odorata</i>	Asteraceae	34,47
6	<b><i>Croton hirtus</i></b>	<b>Euphorbiaceae</b>	<b>52,91</b>
7	<b><i>Panicum laxum</i></b>	<b>Poaceae</b>	<b>50</b>
8	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae	33,98
9	<i>Porophyllum ruderale</i>	Asteraceae	29,61
10	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Fabaceae	30,1

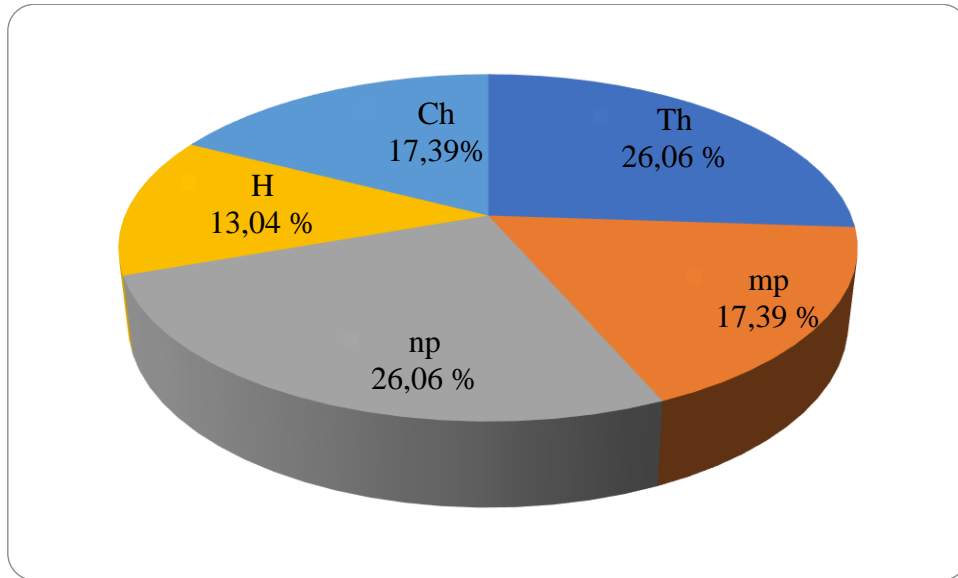


Fig. 2. Spectre biologique des adventices majeures de la culture du manioc selon l'enquête auprès des producteurs

mp - Microphanérophyte, np - Nanophanérophyte, Ch - Chaméphyte, H – Hémicryptophyte, Th - Thérophyte

### 3.1.2 DIVERSITE FLORISTIQUE SELON LES RELEVES FLORISTIQUES

Les relevés ont permis d'obtenir 176 espèces d'adventices. Dans la localité d'Adzopé, 151 espèces sont inventoriées, 99 à Alépé et 70 à Akoupé. Toute la flore adventice comprend 131 genres appartenant à 54 familles. Les familles les mieux représentées sont celles des Fabaceae (23), Poaceae (20), Asteraceae (13), Euphorbiaceae (13) et Rubiaceae (11). Tous les types biologiques sont représentés dans la flore des adventices recensées. Parmi ceux-ci, les thérophytes (Th) et les nanophanérophytes (np) sont les mieux représentés quelle que soit la localité (Figure 3).

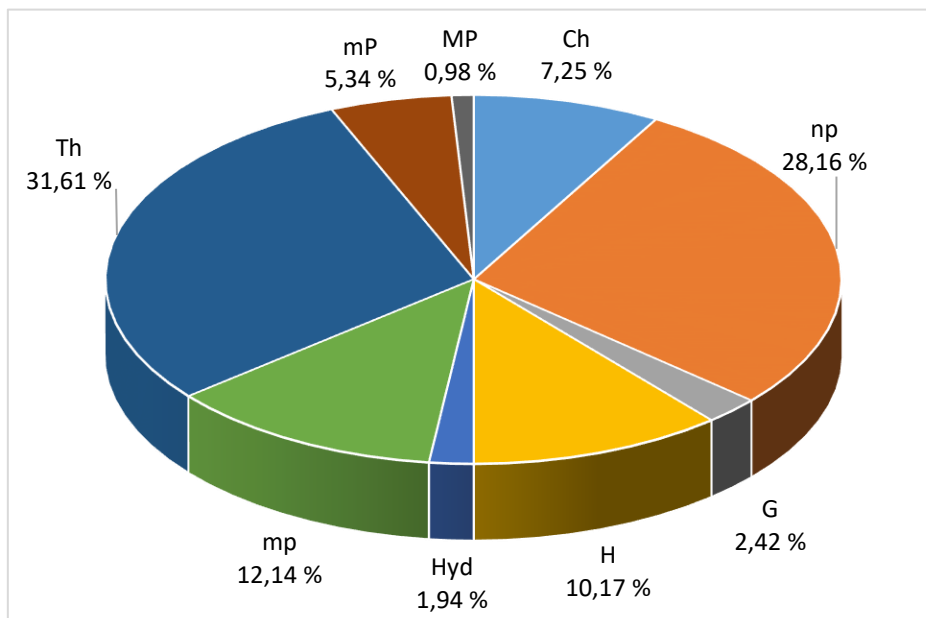


Fig. 3. Spectre biologique des adventices obtenues à partir de l'inventaire floristique

MP- Mégaphanérophyte, mP- Mésophanérophyte, mp- Microphanérophyte, np- Nanophanérophyte, Ch- Chaméphyte, H- Hémicryptophyte, G- Géophyte, Th- Thérophyte; Hyd-hydrophyte

### 3.2 POTENTIEL DE NUISIBILITE DES ADVENTICES

L'analyse des fréquences et abondance-dominances indique que 9 espèces ont une fréquence centésimale supérieure ou égale à 50 p.c. et 6 ont une abondance dominance moyenne supérieure ou égale à 1,25 dans l'ensemble des relevés. Parmi ces espèces fréquentes, *Ageratum conyzoides* (Asteraceae), *Croton hirtus* (Euphorbiaceae), *Panicum laxum* (Poaceae), *Porophyllum ruderale* (Asteraceae) et *Synedrella nodiflora* (Asteraceae) ont une abondance dominance moyenne supérieure ou égale à 1,25. *Diodia rubricosa* (Rubiaceae) est la seule espèce parmi ces espèces abondantes (A/Dmoy supérieure ou égale à 1,25) à avoir une fréquence centésimale inférieure à 50 p.c. La figure 4 montre le potentiel d'infestation des adventices inventoriées. Six groupes d'espèces sont représentés. Ce sont les adventices majeures générales, les adventices potentielles générales, les adventices générales, les adventices potentielles régionales, les adventices régionales et les adventices mineures des cultures. Le groupe 1 est représenté par une seule espèce qui est *Panicum laxum* (PANLA). *Porophyllum ruderale* (PORRU), *Croton hirtus* (CROHI) et *Synedrella nodiflora* (SYNNO) constituent le second groupe. Les adventices du groupe 3 sont présentes dans presque tous les relevés avec une abondance-dominance moyenne inférieure à 1,25 et une fréquence relative supérieure à 50 p.c.; ce sont les mauvaises herbes générales représentées par *Ageratum conyzoides* (AGECO), *Calopogonium mucunoides* (CALMU), *Chromolaena odorata* (CHROD), *Tragia benthamii* (TRABE) et *Physalis angulata* (PHYAN). Ce sont des espèces à large spectre écologique.

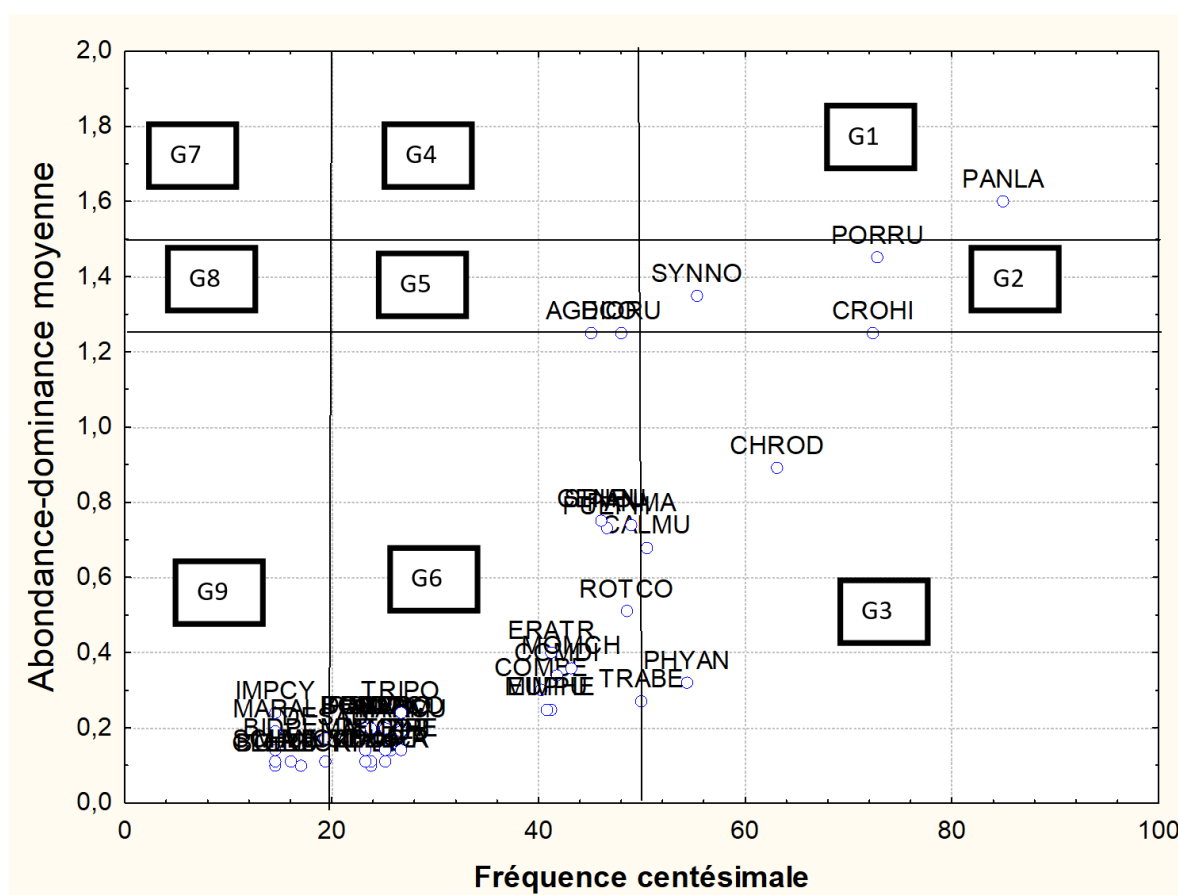


Fig. 4. Diagramme d'infestation des adventices des cultures du manioc

### 3.3 ADVENTICES CONTRAIGNANTES DE LA CULTURE DE MANIOC

Le calcul du coefficient de similitude des deux différentes listes floristiques a permis de déterminer les adventices contraignantes de la culture du manioc. Il indique que les flores adventices majeures issues du relevé et de l'enquête sont floristiquement semblables. Leur coefficient de similitude (Cs=72,34 pc.) est supérieur à 50 p.c. Parmi les 28 adventices majeures inventoriées pour les deux listes, 16 sont citées à la fois par les producteurs et identifiées au cours des relevés (Tableau 3). Les familles les plus prépondérantes sont par ordre décroissant les Euphorbiaceae (5), les Poaceae (5), les Asteraceae (4) et les Fabaceae (4).

Tableau 3. Liste des espèces majeures contraignantes de la culture du manioc

N	Espèces	Familles
1	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae
2	<i>Alchornea cordifolia</i>	Euphorbiaceae
3	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Fabaceae
4	<i>Centrosoma pubescens</i>	Fabaceae
5	<i>Chromolena odorata</i>	Asteraceae
6	<i>Commelina benghalensis</i>	Commelinaceae
7	<i>Commelina diffusa</i>	Commelinaceae
8	<i>Croton hirtus</i>	Euphorbiaceae
9	<i>Desmodium triflorum</i>	Fabaceae
10	<i>Diodia rubricosa</i>	Rubiaceae
11	<i>Dissotis rotundifolia</i>	Melastomataceae
12	<i>Eragrostis tenella</i>	Poaceae
13	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Euphorbiaceae
14	<i>Mallotus oppositifolius</i>	Euphorbiaceae
15	<i>Mariscus cylindristachyus</i>	Poaceae
16	<i>Mimosa pudica</i>	Mimosaceae
17	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
18	<i>Panicum laxum</i>	Poaceae
19	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae
20	<i>Physalis angulata</i>	Solanaceae
21	<i>Porophyllum ruderale</i>	Asteraceae
22	<i>Pueraria phaseolides</i>	Fabaceae
23	<i>Rottboellia cochichinensis</i>	Poaceae
24	<i>Spigelia anthelmia</i>	Loganiaceae
25	<i>Synedrella nodiflora</i>	Asteraceae
26	<i>Tragia benthamii</i>	Euphorbiaceae
27	<i>Trianthema portulacastrum</i>	Aizoaceae
28	<i>Triumfetta pentandra</i>	Tiliaceae

#### 4 DISCUSSION

L'enquête faite dans cette étude montre une diversité de flore. Dans cette diversité floristique, 4 familles sont les plus diversifiées. Il s'agit des Asteraceae, des Poaceae, des Euphorbiaceae et des Fabaceae. L'importance relative de ces 4 familles a été montrée par ([10], [16], [17]). De plus, la plupart des espèces issues des familles des Asteraceae (*Ageratum conyzoides* et *Porophyllum ruderale*), des Euphorbiaceae (*Croton hirtus*) et des Poaceae (*Panicum laxum*, *Panicum maximum* et *Rottboellia cochinchinensis*) prolifèrent rapidement par le vent (anémochorie) lorsque celles-ci atteignent le stade de fructification et ont une grande aptitude à coloniser les milieux cultivés. C'est ce qui explique leur aspect contraignant puisque dans cette zone, plus de la majorité des producteurs effectue le premier désherbage entre la 6<sup>ème</sup> et la 8<sup>ème</sup> semaine après la mise en place de la culture [11]. *Croton hirtus* et *Panicum laxum* sont celles qui sont rencontrées dans presque tous les villages et champs de la zone d'étude. Leur forte présence dans la plupart des parcelles pourrait s'expliquer également par leur cycle de reproduction court [18] et par conséquent, insensibles à la photopériode. En plus, l'aptitude de *Croton hirtus* à rendre difficile le désherbage manuel réside aussi au niveau des poils étoilés qui recouvrent sa tige. Quant à *Panicum laxum*, elle sert de refuge aux rongeurs, seconde contrainte biologique dans la culture du manioc après les adventices [11]. Concernant les adventices de la famille des Fabaceae, la quasi-totalité des espèces identifiées est lianescente (*Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens* et *Pueraria phaseoloides*). Ces espèces s'enroulent aux plants de manioc et rendent difficile le désherbage. Selon les producteurs enquêtés, il faut plus de précaution pour désherber ces espèces. Ces observations expliquent leur grande citation par les producteurs comme étant des adventices contraignantes lors des sarclages.

Les relevés faits dans ce travail révèlent une diversité de la flore. Elle est plus diversifiée à Adzopé qu'à Alépé et Akoupé. Toute la flore est constituée de 130 genres répartis dans 58 familles botaniques. Les Poaceae, les Asteraceae, les Euphorbiaceae, les Rubiaceae, les Cyperaceae, et les Fabaceae sont les familles les mieux représentées. Les 4 premières familles sont les plus représentées dans la flore [19] dans le périmètre élaeicole de la Mé, en basse Côte d'Ivoire. Les Euphorbiaceae, les Fabaceae, les Poaceae et les Asteraceae figurent également parmi les familles les plus importantes de la flore de la région du Gharb au Maroc, en région méditerranéenne [20]. La classe des Dicotylédones est la plus importante dans cette étude. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs études menées en Côte d'Ivoire ([10], [16], [21]) et d'Afrique [22]. Nos résultats viennent confirmer la constance de la représentativité des adventices majeures au sein de la classe des Dicotylédones au niveau taxonomique en Afrique.

Quelles que soient les localités, le spectre des types biologiques indique que les thérophytes et les nanophanérophyles sont les plus représentatifs avec une proportion de plus de 57 p.c. de la flore adventice globale. En effet, dans la région de la Mé, la culture du manioc se pratique dans les jachères et en milieu ouvert. Ce sont ces 2 facteurs qui justifient la forte présence de ces 2 types biologiques ([10], [23]).

Parmi les espèces majeures des cultures du manioc, *Panicum laxum* est celle qui est la plus récurrente et la plus abondante de l'étude. Viennent ensuite *Croton hirtus* et *Porophyllum ruderale*. Ces 3 espèces constituent les adventices les plus nuisibles de la région. La grande répartition de *Panicum laxum* est liée à son aptitude à se développer sur presque tous les types de sol [24]. Chez cette espèce, les délais de floraison et de fructification sont plus longs en début de saison qu'en fin de saison [14]. C'est ce résultat et la capacité de cette espèce à produire rapidement des graines pendant les périodes défavorables qui expliquent sa présence dans presque tous les relevés [25]. L'appartenance de *Porophyllum ruderale* et *Croton hirtus* au groupe des mauvaises herbes potentielles générales serait liée à leur aptitude à se reproduire (anémochorie). Elles convertissent toutes leurs potentialités dans la production rapide des graines pendant les périodes défavorables. Les espèces telles que: *Calopogonium mucunoides*, *Chromolaena odorata*, *Physalis angulata*, *Ageratum conyzoides*, etc. sont des adventices à large spectre écologique. Leur présence dans les parcelles cultivées est due souvent à un mauvais labour. *Ageratum conyzoides* est une espèce annuelle qui se multiplie uniquement par les graines. Un individu peut produire jusqu'à 40 000 semences [26]. La dispersion de ses semences est assurée par l'eau et le vent, et la moitié de celles-ci est capable de germer juste après la dissémination [24].

La synthèse des flores effectuée entre la liste des adventices majeures obtenues au cours des relevés et celle de l'enquête auprès des producteurs a permis d'obtenir la liste des mauvaises herbes contraignantes. La forte ressemblance entre la liste des adventices difficiles à désherber citées par les producteurs et celle des adventices majeures issues des relevés justifie le fait que ces 2 investigations se sont déroulées dans la même zone d'étude, sur la même culture et avec les mêmes facteurs climatiques.

## **5 CONCLUSION**

Cette étude L'enquête effectuée auprès des 206 producteurs de manioc de la région de la Mé a permis d'identifier 23 espèces difficiles à désherber. Parmi ces espèces, 10 sont considérées contraignantes par les producteurs. Concernant les relevés floristiques, 206 espèces réparties en 150 genres et 62 familles ont été recensées. Les Poaceae, les Cyperaceae, les Asteraceae, les Euphorbiaceae, les Rubiaceae et les Fabaceae sont les familles les mieux représentées. Le diagramme d'infestation indique que neuf espèces nuisibles. Le calcul du coefficient de similitude révèle que les listes floristiques des deux investigations sont floristiquement homogènes. Parmi les 28 adventices contraignantes obtenues à l'issue des deux listes, 16 ont été identifiées à la fois par les producteurs et les relevés floristiques. Quatre familles sont les mieux représentées. Il s'agit des Euphorbiaceae (5), des Poaceae (5), des Asteraceae (4) et des Fabaceae (4). Par degré de nuisibilité croissante, huit adventices contraignantes ont été obtenues. Il s'agit de *Porophyllum ruderale* Jacq, *Panicum maximum* Jacq, *Chromolaena odorata* (L.) R. King et H. R., *Centrosema pubescens* Benth, *Calopogonium mucunoides*, *Pueraria phaseoloides*, *Croton hirtus* L'Hérit., et *Panicum laxum* Sw., En définitive, la détermination des adventices contraignantes est nécessaire pour une gestion efficace et durable de l'enherbement et des pesticides en culture de manioc. Elle se révèle être l'étape fondamentale de la mise en œuvre d'un itinéraire technique adéquat.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient tous les producteurs de manioc, les autorités administratives et coutumières des différentes localités visitées dans la Région de la Mé. Le laboratoire de Botanique de l'université de Félix Houphouët BOIGNY et le cabinet CAREN-AGRO pour les soutiens financier et technique pour la réalisation effective de cette étude.

## REFERENCES

- [1] Sangaré A., Koffi E. & Akamou F., Fall C. A., État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Second rapport national, Abidjan, Côte d'Ivoire 64 p, 2009.
- [2] Ministère d'État, Ministère du Plan et du Développement, Les conditions du développement durable de la Côte d'Ivoire. Ministère d'État, Ministère du Plan et du Développement, Bureau National de la Prospective, UNDP, Abidjan, Côte d'Ivoire, 248 p, 2010.
- [3] N'zué B., Zohouri G. P., Djédji C. & Tahouo O., Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire. Direction de la recherche scientifique et de l'appui au développement - Direction des innovations et des systèmes d'information CNRA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 4p, 2013.
- [4] Odunfa, le défi de l'éducation pour tous en Côte d'Ivoire. Paper commissioned for the EFA global monitoring report 2003/4. The leap to equality, 24 p, 2003.
- [5] Dore L., Le bail M., Martin P., Ney B. & Roger-estrade J., L'agronomie aujourd'hui. Versailles: Présentation sur le site des éditions Quae, 367 p, 2006.
- [6] Le Bourgeois T, Marnotte P., La lutte contre les mauvaises herbes. MEMENTO de l'agronome. G. Cirad, MAE: 663 – 684, 2002.
- [7] Koch W., Beshir M. E. R., Unterladstatter, Crop losses due to weeds. Improving weed management. FAO Plant Production and Protection Paper. Rome 6-10 septembre, 1982, 44. pp. 153-165, 1982.
- [8] Orkwor G. C., Problems of weed control in mixed cropping systems in the least developed countries (LDCs). C.R. IIème Conf. Bis. SOAM/WAWSS. Abidjan: 95-13, 1983.
- [9] J.P. Caussanel, Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle: relation de concurrence bispécifique. Agronomie, vol. 9, pp 219-240, 1989.
- [10] Kouamé K. F., Contraintes liées à la production rizicole: étude de la flore et de la végétation adventices de la riziculture dans la région du Bélier (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 137 p, 2014.
- [11] Yapi A. F., Mauvaises herbes majeures et itinéraires techniques de désherbage des cultures vivrières de la région de la Mé, au Sud-Est de la Côte d'Ivoire: cas du bananier plantain et du manioc. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 148 p + Annexes, 2017.
- [12] Le Bourgeois T., les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord Cameroun (Afrique). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, 249 p, 1993.
- [13] Sørensen T., A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Kopenhagen, Biologiske Skrifter, 5, 4; pp. 1-34, 1948.
- [14] Gounot M., Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie. Ed., Paris (France), 314 p, 1969.
- [15] Daget P. & Poissonet J., Analyse phytosociologique des prairies. Application agronomique. Docum.n°48, CNRS – CEPE, 67 p, 1969.
- [16] Akobundu I.O., Weed science in the Tropics. Principles and practices. Chichester, J. Wiley & Sons Editions. 522 p, 1987.
- [17] Kouakou N., Etude floristique des adventices et effets de *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W. Clayton sur les caractères agronomiques du maïs, *Zea mays* L. (Poaceae) en culture dans le département de M'bahiakro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 148 p, 2016.
- [18] Gué A., Etude des caractéristiques biologiques de quelques adventices majeures des cultures vivrières du centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 186 p, 2017.
- [19] Traoré K., Etude comparée de la flore adventice des agro-écosystèmes élaeicoles (*Elaeis guineensis* Jacq.) en basse Côte d'Ivoire: Cas des localités de La Mé et de Dabou. Thèse de l'Université de Cocody, Abidjan, UFR Biosciences, 150 pages, 2007.
- [20] Bensellam E H., Bouhache M., and Taleb A., Etude des adventices des vergers d'agrumes dans le Gharb (Maroc): aspects floristique, agronomique et écologique. European Weed Research Society, Weed Research 37, 201-210, 1997.
- [21] Mangara A., N'Da A. A. A., Boraud M. K. N., Kobenan K., Lejoly J. & Traoré D., Inventaire de la flore adventice en culture d'ananas (*Ananas comosus* L. MERR.) dans la localité de Bonoua en basse Côte d'Ivoire. Agronomie africaine, 20 (1): 23- 35, 2008.
- [22] Taleb A. & Maïllet J., Mauvaises herbes des céréales de la Chaouia (Maroc): Aspect floristique. Weed Research, 34: 345-352, 1994.
- [23] Touré A., Flore et Végétation adventices des cultures mises en place dans la forêt classée de Sanaimbo et des agroécosystèmes environnants dans la région de N'Zi Comoé; Centre Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 172 p, 2009.
- [24] Le Bourgeois T. & Merlier H., Adventrop: les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Edit. CIRAD-CA, 640 p, 1995.
- [25] Ipou Ipou J., Biologie et écologie de *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au Nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université de Cocody, Abidjan, UFR Biosciences, 195 p, 2005.
- [26] Holm L.R.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P., The world's worst weeds-distribution and biology. East-west Center, university Press of Hawaii, Honollulu, Hawaii; 609 p, 1977.

## Composition et structure des peuplements ichtyologiques du fleuve Bandama dans la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (Centre-nord, Côte d'Ivoire)

### [ Composition and structure of ichthyological populations of the Bandama River in the Haut-Bandama Wildlife Reserve (Centre-North, Côte d'Ivoire) ]

Zamblé Bi Tah Thiolien, Allouko Jean-Renaud, Kressou Armand, and Bony Kotchi Yves

Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Unité de Formation et de Recherche de l'Environnement (UFR-Environnement), BP 150, Daloa, Côte d'Ivoire

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

**ABSTRACT:** The present study aims to evaluate the diversity of ichthyological populations in the section of the Bandama River located in the Upper Bandama Fauna and Flora Reserve (RFF-HB). This study was carried out, following the longitudinal gradient (upstream-downstream) of the section of the Bandama River in the reserve, on 06 stations and during 08 sampling campaigns between January 2018 and February 2019. The collection of fish from the experimental fishery was carried out using gill nets, creels and hawks. The ichthyofauna inventory identified 33 fish species divided into 17 families and 8 orders. The fish populations are more diversified in the middle course (25 species) and upstream (24 species) of the reserve. The frequencies of occurrence of the ichthyofauna show that *Labeo coubie*, *Brycinus imberi*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Heterobranchus isopterus* and *Oreochromis niloticus* are very frequently encountered on the Bandama river in the reserve. The analysis of the diversity of the ichthyological populations of the reserve shows that the fish populations are less diversified but more stable and balanced.

**KEYWORDS:** Ichthyofaunal diversity, structure, Haut Bandama Fauna and Flora Reserve, Bandama River, Côte d'Ivoire.

**RESUME:** La présente étude vise à évaluer la diversité des peuplements ichtyologiques de la section du fleuve Bandama située dans la Réserve de Faune et flore du Haut-Bandama (RFF-HB). Cette étude a été réalisée, suivant le gradient longitudinal (amont-aval) de la section du fleuve Bandama dans la réserve, sur 06 stations et durant 08 campagnes d'échantillonnage entre janvier 2018 et février 2019. La collecte des poissons issue de la pêche expérimentale a été réalisée à l'aide de filets maillants, de nasses et d'éperviers. L'inventaire de l'ichtyofaune a permis d'identifier 33 espèces de poissons réparties en 17 familles et 8 ordres. Les peuplements de poissons sont plus diversifiés dans le cours médian (25 espèces) et en amont (24 espèces) de la réserve. Les fréquences d'occurrences de l'ichtyofaune montrent que *Labeo coubie*, *Brycinus imberi*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Heterobranchus isopterus* et *Oreochromis niloticus* sont très fréquemment rencontrés sur le fleuve Bandama dans la réserve. L'analyse de la diversité des peuplements ichtyologiques de la réserve montre que les peuplements de poissons sont moins diversifiés mais plus stables et équilibrés.

**MOTS-CLEFS:** Diversité de l'ichtyofaune, Structure, Réserve de Faunes et Flores du Haut-Bandama, Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

Le fleuve Bandama dans la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (RFF-HB) est soumis à de fortes pressions anthropiques. Il s'agit de la localisation d'industries agroalimentaires en amont de la réserve, l'agriculture intensive, la pêche clandestine pratiquée à l'aide de pesticide et de l'orpaillage clandestin [1]. L'une des conséquences de ces actions humaines dans la réserve est la pollution des eaux du fleuve Bandama due au drainage d'effluents miniers, à l'accroissement des apports en fertilisants et en pesticides [1]. Cette

pollution induit son enrichissement en matières en suspension et en produits chimiques de toutes sortes. Cette situation est perceptible par la prolifération des végétaux aquatiques et les algues [2]. Les impacts de ces activités anthropiques sont susceptibles d'influencer négativement la qualité écologique des eaux de ce fleuve dans la réserve et la dégradation des habitats naturels des communautés biologiques aquatiques, particulièrement l'ichtyofaune [3]. Actuellement, vu le plan d'aménagement et les objectifs de conservation de cette réserve, la connaissance de l'état des peuplements ichtyologiques du fleuve Bandama dans la réserve est une préoccupation majeure. Ainsi, la présente étude a pour objectif de déterminer la diversité ichtyologique du fleuve Bandama dans la réserve.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (RFF-HB) est située dans le Centre-nord de la Côte d'Ivoire entre les 8°10'25,3" et 8°38'25,01" de latitude Nord et les 5°12'14,1" et 5°37'55,3" de longitude Ouest. Avec une superficie de 123000 hectares, cet espace protégé a été créée par décret N° 73-133 du 21/03/73 [1]. Elle appartient au secteur soudano-guinéen et se distingue par la présence d'îlots de forêts denses sèches surtout dans la partie Sud. Elle est soumise à deux (02) saisons climatiques. L'une sèche, qui s'étend de novembre à février accentuée par l'harmattan entre janvier et février et l'autre pluvieuse, couvrant la période de mars à octobre, avec des grandes précipitations en septembre. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1230 millimètres, avec des amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles de l'ordre de 26,6 °C, un taux d'humidité variant d'entre 35 et 79 % et un débit moyen annuel de 700m<sup>3</sup>/s [1].

### 3 METHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Six (06) stations d'échantillonnage (BTA, BTB, BSA, BSB, BYA et BYB) ont été retenues selon la zonation longitudinale (amont-aval) du fleuve Bandama dans la réserve, leur accessibilité et les activités anthropiques qui s'y déroulent. Ainsi, les stations BTA et BTB sont situées en amont, les stations BSA et BSB au cours médian et les stations BYA et BYB en aval du fleuve Bandama dans la réserve. L'échantillonnage de l'ichtyofaune dans la réserve s'est déroulé en huit (08) campagnes saisonniers entre janvier 2018 et février 2019.

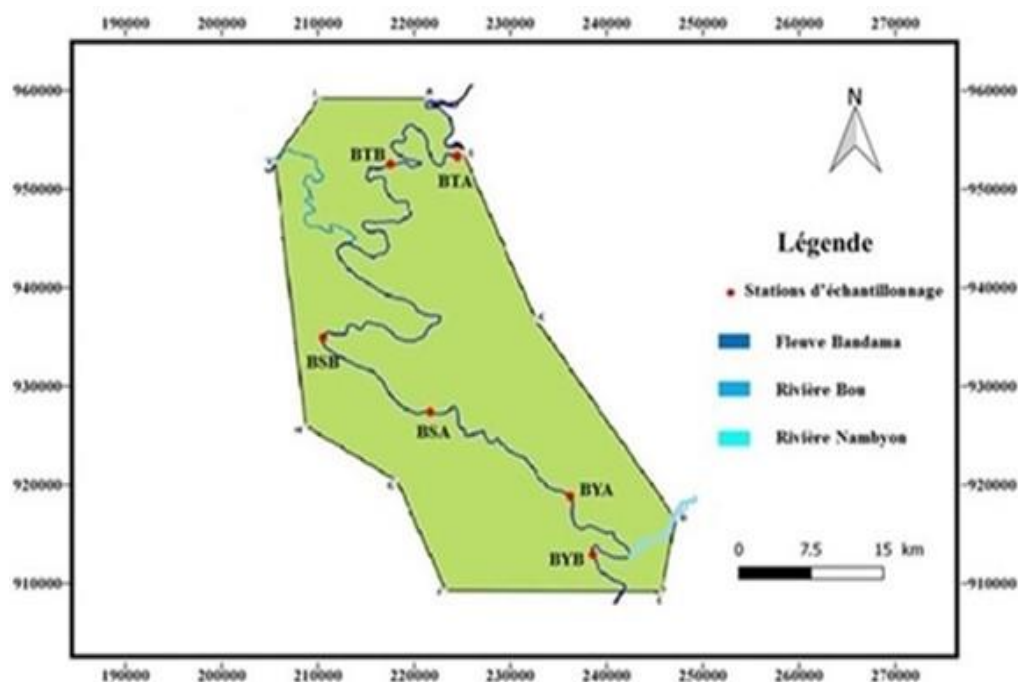


Fig. 1. Localisation des stations d'échantillonnage sur le fleuve Bandama dans RFF-HB

Les filets maillants (10 à 40 mm de côté, de 30 à 40 m de longueurs et de 2 à 2,5 m de hauteurs de chute) et les nasses appâtées avec du manioc ou du savon dans les zones de faible courant ont été utilisés pour la pêche nocturne et la pêche de jour. Par ailleurs, l'épervier a été utilisé pour capturer les poissons à l'aide de ces appâts. Les différents spécimens ont été photographiés puis les échantillons ont été conservés dans du formaldéhyde à 5 %. Au laboratoire, ils ont été rincés et identifiés au niveau spécifique le plus bas possible à l'aide des clés proposées par [4], [5] et [6].

### 3.1 ANALYSE DES DONNEES

Pour l'analyse de la diversité des peuplements de poissons, divers indices ont été utilisés:

- La richesse spécifique ( $R_s$ ) qui permet de déterminer le nombre total des diverses espèces de poissons prélevés à une station [7].
- La fréquence d'occurrence ( $F$ ) renseigne sur les préférences de milieu (habitat) d'une espèce donnée [8]. Elle s'obtient selon la formule  $F = (F_i \times 100) / F_t$ .

Avec:  $F_i$  = nombre de relevés contenant l'espèce  $i$  et  $F_t$  = nombre de relevés effectués.

Selon la valeur de  $F$ , les classifications suivantes est adoptées:  $80\% \leq F \leq 100\%$ : Espèces très fréquentes,  $60\% \leq F \leq 79\%$ : Espèces fréquentes,  $40\% \leq F \leq 59\%$ : Espèces assez fréquentes,  $20\% \leq F \leq 39\%$ : Espèces accessoires,  $0\% \leq F \leq 20\%$ : Espèces accidentelles.

- L'indice de similarité de Jaccard ( $J$ ) a été utilisé, pour évaluer les ressemblances spécifiques des sites deux à deux [9]. Il a pour formule:  $J = j / (a + b - j)$ .

Avec:  $J$  = nombre d'espèces communes aux deux sites,  $a$  = le nombre de taxons propres au site 1,  $b$  = le nombre de taxons propres au site 2. Deux groupes sont semblables, si  $J > 0,5$  et dissemblables si  $J < 0,5$ .

- L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) a permis de quantifier la diversité des peuplements [10]. Son équation est la suivante:  $H = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ .

Avec:  $p_i$  représente l'abondance relative de l'espèce  $i$  dans l'échantillon ( $p_i = n_i/N$ ).

- L'indice d'équitabilité de Piélou ( $E$ ), traduit le degré d'équilibre des peuplements ichthyologiques [8]. Son équation est la suivante:  $J = H' / \log_2 S$ .

Avec:  $S$  = nombres d'espèces observées

## 4 RESULTATS

### 4.1 COMPOSITION SPECIFIQUES DE L'ICHTYOFAUNE

Le tableau I présente la distribution des espèces de poissons capturées dans la section fleuve située dans la RFF-HB. Au total, 33 espèces de poissons répartis entre 17 familles et 8 ordres ont été récoltées. Il s'agit des ordres des Polypteriformes, des Clupeiformes, des Osteoglossiformes, des Characiformes, des Cypriniformes, des Siluriformes, des Perciformes et des Synbranchiformes. Parmi les espèces inventoriées, 32 espèces sont dulçaquicoles, dont deux espèces introduites (*Heterotis niloticus* et *Oreochromis niloticus*) et 01 espèce estuarienne et/ou marine (*Pellonula leonensis*). Les familles des Cichidae (5 espèces) et des Cyprinidae (4 espèces) sont les plus diversifiées. Les plus fortes richesses spécifiques ont été recensées au cours médian (25 espèces) et en amont (24 espèces), alors que la plus faible (13 espèces) est enregistrée en aval.

Les espèces *Tilapia zillii*, *Oreochromis niloticus*, *Synodontis bastiani*, *Heterobranchus isopterus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Auchenoglanis occidentalis*, *Labeo coubie* et *Brycinus imberi*, ont été rencontrées sur l'ensemble du gradient longitudinal (amont-aval) du fleuve Bandama dans la réserve.

Tableau 1. Distribution spatiale des espèces de poissons suivant le gradient longitudinal du fleuve Bandama dans la RFF-HB

Familles	Espèces	Gradient longitudinal		
		Amont	Médian	Aval
Polypteridae	<i>Polypterus endlicheri</i>	+	+	-
Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i> *	+	-	-
Osteoglossidae	<i>Heterotis niloticus</i> **	+	-	-
Mormyridae	<i>Marcusenius senegalensis</i>	-	+	-
	<i>Mormyrus rume</i>	-	+	+
	<i>Petrocephalus bovei</i>	+	-	-
Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	-	-	+
Alestidae	<i>Brycinus imberi</i>	+	+	+
	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	+	+	-
	<i>Hydrocynus forskalii</i>	+	+	-
Distichodontidae	<i>Distichodus rostratus</i>	+	+	-
Cyprinidae	<i>Labeo coubie</i>	+	+	+
	<i>Labeo parvus</i>	-	+	-
	<i>Labeo senegalensis</i>	+	+	-
	<i>Raiamas senegalensis</i>	+	-	-
Claroteidae	<i>Auchenoglanis occidentalis</i>	+	+	+
	<i>Chrysichthys maurus</i>	+	-	-
	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	+	+	+
Schilbeidae	<i>Schilbe mandibularis</i>	+	+	-
Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	-	+	+
	<i>Heterobranchus isopterus</i>	+	+	+
Malapteruridae	<i>Malapterurus electricus</i>	-	+	-
Mochokidae	<i>Synodontis bastiani</i>	+	+	+
	<i>Synodontis punctifer</i>	+	+	-
	<i>Synodontis schall</i>	+	-	+
Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	+	-	-
Latidae	<i>Lates niloticus</i>	+	+	-
Cichlidae	<i>Hemichromis bimaculatus</i>	-	+	+
	<i>Hemichromis fasciatus</i>	-	+	-
	<i>Oreochromis niloticus</i> **	+	+	+
	<i>Tilapia guineensis</i>	+	+	-
	<i>Tilapia zillii</i>	+	+	+
Mastacembelidae	<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>	-	+	-
<b>Richesse spécifique</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>13</b>

+ = Présence; - = Absence; \* = Espèces estuariennes et/ou marines; \*\* = Espèces introduites

La figure 2 montre les proportions des ordres de poissons en fonction des espèces capturées sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama. Les Siluriformes (10 espèces) sont les plus diversités. Ils représentent 31 % de l'ensemble des espèces inventoriées. Ils sont suivies des Perciformes qui avec 7 espèces représentent 21 % de la richesse spécifique. Les moins riches en espèces sont les Polypteriformes, les Clupeiformes et les Synbranchiformes qui avec 01 espèce chacun représentent 3 % des espèces capturées.

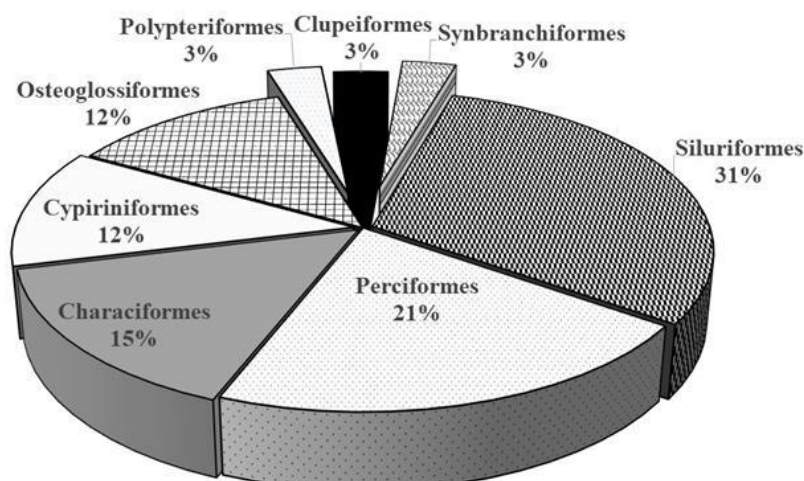


Fig. 2. Importance relative, en nombre d'espèces, des ordres de poissons capturés

#### 4.2 OCCURRENCE DES ESPECES

Le tableau II présente la classification des espèces de poissons capturés en fonction de leur fréquence d'occurrence. *Labeo coubie* (100 %), *Brycinus imberi*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Heterobranchius isopterus* et *Oreochromis niloticus* qui représentent chacun 83,3 %, sont très fréquemment rencontrées dans la réserve. Par contre, *Marcusenius senegalensis*, *Hepsetus odoe*, *Labeo parvus*, *Hemichromis fasciatus*, *Mastacembelus nigromarginatus*, *Heterotis niloticus* et *Parachanna obscura*, avec une fréquence d'occurrence de 16,6 % sont des espèces accidentellement rencontrées dans la réserve.

Tableau 2. Occurrence des espèces de poissons capturées sur le fleuve Bandama

Espèces très fréquentes	Espèces fréquentes	Espèces assez fréquentes	Espèces accessoires	Espèces accidentelles
<i>L. coubie</i> (100%)	<i>B. macrolepidotus</i> (66,6%)	<i>P. endlicheri</i> (50%)	<i>P. leonensis</i> (33,3%)	<i>M. senegalensis</i> (16,6%)
<i>B. imberi</i> (83,3%)	<i>S. bastiani</i> (66,6%)	<i>D. rostratus</i> (50%)	<i>M. rume</i> (33,3%)	<i>H. odoe</i> (16,6%)
<i>C. nigrodigitatus</i> (83,3%)	<i>S. punctifer</i> (66,6%)	<i>L. senegalensis</i> (50%)	<i>H. forskalii</i> (33,3%)	<i>L. parvus</i> (16,6%)
<i>H. isopterus</i> (83,3%)	<i>S. schall</i> (66,6%)	<i>A. occidentalis</i> (50%)	<i>M. electricus</i> (33,3%)	<i>H. fasciatus</i> (16,6%)
<i>O. niloticus</i> (83,3%)	<i>T. guineensis</i> (66,6%)	<i>S. mandibularis</i> (50%)	<i>H. bimaculatus</i> (33,3%)	<i>M. nigromarginatus</i> (16,6%)
		<i>C. anguillaris</i> (50%)	<i>C. maurus</i> (33,3%)	<i>H. niloticus</i> (16,6%)
		<i>L. niloticus</i> (50%)	<i>P. bovei</i> (33,3%)	<i>P. obscura</i> (16,6%)
		<i>T. zillii</i> (50%)	<i>R. senegalensis</i> (33,3%)	

#### 4.3 SIMILARITES SPECIFIQUES ENTRE LES SECTION DU GRADIENT LONGITUDINAL

Les Similarités spécifiques entre les sections du fleuve Bandama sont présentées dans le tableau III. Les peuplements de poissons rencontrés en amont et dans le cours médian du fleuve Bandama sont fortement similaires à (62,96 %). Par contre, on note une faible similarité spécifique d'une part entre les peuplements de poissons de l'amont et celles de l'aval (39,13 %) et entre celles de l'aval et du cours médian (40,74 %) d'autre part.

Tableau 3. Résultats du test de similarité de Jaccard des espèces communes aux sections du fleuve

Gradient longitudinal du fleuve Bandama dans la réserve	Indices de Jaccard (%)
Amont Cours médian	<b>62,96</b>
Amont Aval	39,13
Cours médian Aval	40,74

La valeur significative est en gras.

#### 4.4 ANALYSE DE LA DIVERSITE DU PEUPLEMENT ICTHYOLOGIQUE

##### 4.4.1 VARIATIONS SPATIALES ET SAISONNIERES DE L'INDICE DE SHANNON (H)

La figure 4 présente les variations spatiales et saisonnières de l'indice de Shannon des peuplements ichtyologiques suivant le gradient longitudinal (amont-aval) du fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama. Les peuplements ichtyologiques sont moins diversifiées (0 bit) et plus diversifiées (2,372 bit) en amont du fleuve Bandama dans la réserve. Les valeurs médianes de l'indice de Shannon ne diffèrent pas significativement de l'amont vers l'aval du fleuve Bandama dans la réserve (test de Kruskal-Wallis,  $p > 0,05$ ). Au niveau saisonnier, les peuplements ichtyologiques sont moins diversifiées (0 bit) durant la saison pluvieuse et plus diversifiées (2,372 bits) pendant la saison sèche. Les valeurs médianes de l'indice de Shannon ne diffèrent pas significativement entre les deux saisons climatiques dans la réserve (test de Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ).

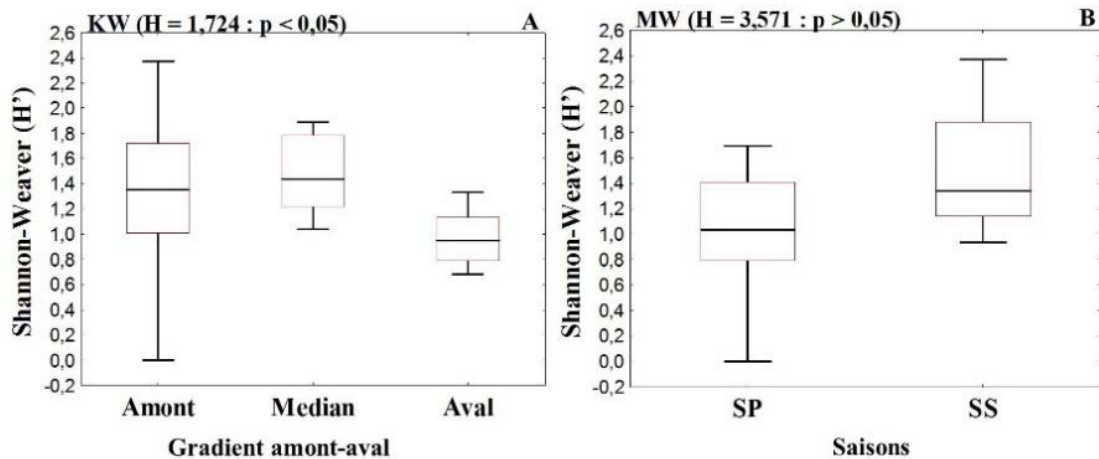


Fig. 3. Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'indice de diversité de Shannon des peuplements de poissons collectés suivant du fleuve Bandama

SP = Saison Pluvieuse, SS = Saison Sèche; P = au seuil de significativité de 0,05.

##### 4.4.2 VARIATIONS SPATIALES ET SAISONNIERES DE L'INDICE D'ÉQUITABILITE (E)

La figure 5 indique les variations spatiales et saisonnières de l'indice d'équitabilité des peuplements ichtyologiques suivant le gradient longitudinal (amont-aval) du fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama. Les peuplements ichtyologiques sont moins stables et équilibrées (0) en amont et plus stables et équilibrées (1) au cours médian du fleuve Bandama dans la réserve. Les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité ne diffèrent pas significativement suivant le gradient amont-aval du fleuve Bandama dans la réserve (Kruskal-Wallis,  $p > 0,05$ ). Les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité ne diffèrent pas significativement entre les deux saisons climatiques dans la réserve (test de, Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ).

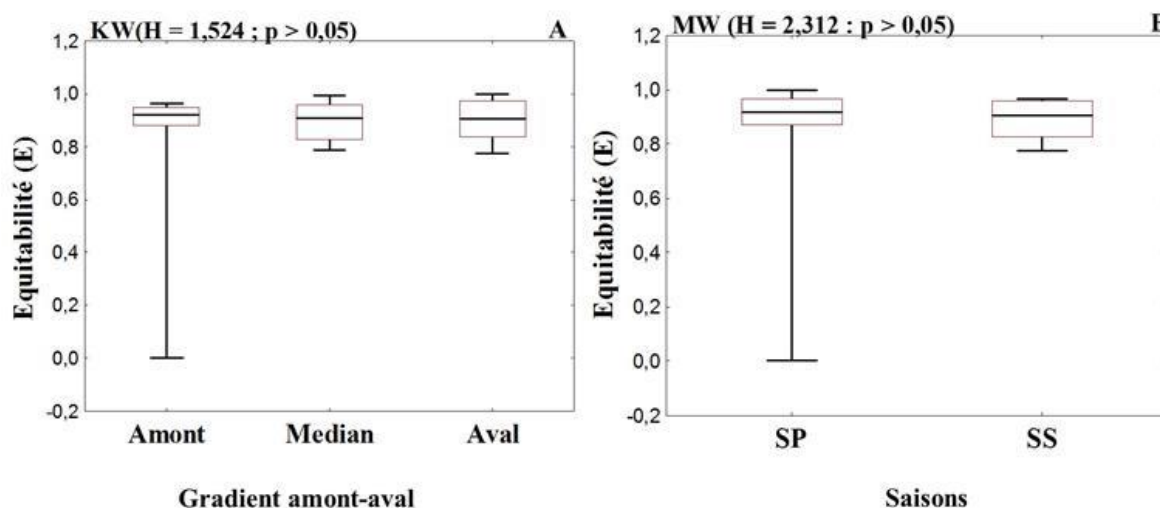


Fig. 4. Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'indice d'équitabilité des peuplements de poissons collectés du fleuve Bandama

SP = Saison Pluvieuse, SS = Saison Sèche; P = au seuil de significativité de 0,05.

## 5 DISCUSSION

La composition spécifique de l'ichtyofaune récoltée sur le fleuve Bandama dans la RFF-HB est inférieure à celles rapportées par [11] (96 espèces) et [12], qui ont recensé 47 espèces de poissons dans la même zone (en amont de la retenue de Kossou). Cette différence spécifique serait liée au matériel d'échantillonnage, la disparition d'espèces due aux altérations environnementales causées par les activités anthropiques et la zone prospectée. En effet, en ce qui concerne le matériel de pêche, [12] ont utilisés les filets monofilaments et multifilaments, les filets de dérive, les engins de pêche à l'électricité et de pêche aux ichtyotoxines. Par conséquent, l'utilisation conjuguée de ces outils ont favorisé une pêche plus diversifiée de l'ichtyofaune dans cette partie du fleuve Bandama. Par ailleurs, les activités anthropiques auraient entraîné une dégradation des habitats et une pollution de l'eau du fleuve Bandama qui influencerait le déplacement des espèces de poissons.

L'analyse relatif aux fréquences d'occurrence des espèces de poissons indique que *Labeo coubie*, *Brycinus imberi*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Heterobranchus isopterus* et *Oreochromis niloticus* sont très fréquemment rencontrées dans la réserve. Ce résultat montre que ces espèces seraient aptes à vivre dans différents types de biotopes et auraient une grande marge de tolérance vis-à-vis de divers facteurs environnementaux [13].

Le résultat relatif à l'organisation des peuplements piscicole du fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama indique des valeurs comprises entre 0 et 2,372 bit, pour l'indice de Shannon et entre 0 et 1, pour l'équitabilité. Ceci traduit que les peuplements ichthyologiques du fleuve Bandama dans la réserve sont relativement peu diversifiés. Cependant, elles sont stables et équilibrés. Ce constat résulterait des impacts de l'intensité des activités anthropiques observées dans la réserve.

## 6 CONCLUSION

La présente étude a permis d'évaluer la diversité des peuplements ichthyologiques de la section du fleuve Bandama dans la RFF-HB. L'inventaire a permis de recenser 33 espèces de poissons réparties entre 17 familles et 8 ordres. *Tilapia zillii*, *Oreochromis niloticus*, *Synodontis bastiani*, *Heterobranchus isopterus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Auchenoglanis occidentalis*, *Labeo coubie* et *Brycinus imberi*, ont été rencontrées sur l'ensemble du gradient longitudinal du fleuve Bandama dans la réserve. En ce qui concerne les fréquences d'occurrences de l'ichtyofaune, *Labeo coubie*, *Brycinus imberi*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Heterobranchus isopterus* et *Oreochromis niloticus* sont très fréquemment rencontrées dans cette section du fleuve. L'analyse de la diversité montre que les peuplements de poissons sont moins diversifiés, cependant, elles sont plus stables et équilibrés. Vu la faible diversité de la faune ichthyologique sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama, un suivi de la faune ichthyologique de cette réserve et une rationalisation des activités anthropiques permettra de mieux maîtriser les différents impacts des pollutions.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient toutes les institutions qui ont permis la réussite de cette étude notamment l'OIPR (Office Ivoirienne des Parcs et Réserves) et l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa.

## REFERENCES

- [1] Office Ivoirien des Parcs et Réserves, Rapport d'activités trimestriel. Abidjan, pp. 18-21, 2015.
- [2] B. Halle and V. Bruzon, Profil environnemental de la Côte d'Ivoire, Rapport final-Consortium AGRIFOR consult. 127 p., 2006.
- [3] G. Gourène, G. G. Teugels, B. Hugueny and D. F. E Thys Van Den Audenaerde, "Évaluation de la diversité ichthyologique d'un bassin ouest africain après la construction d'un barrage," *Cybium*, 2 vol.3 no. 2, pp. 147-160, 1999.
- [4] Paugy D., Lévêque C. and Teugels G. G. (eds), Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 457 p, 2003a.
- [5] D. Paugy, C. Lévêque and G. G. Teugels (eds). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 815 p, 2003b.
- [6] R. Froese and D. Pauly, FishBase, 2012. [Online] Available: <http://www.fishbase.org>, (October 10 /2012).
- [7] F. Ramade, *Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. 2ème Ed. Ediscience, Paris, 579 p., 1994.
- [8] R. Dajoz, *Précis d'écologie*. 7ième Ed. Dunod, Paris, 615 p, 2000.
- [9] P. Jaccard, Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la société. Vaudoise des Sciences Naturelles*, vol.44, pp. 223-270, 1908.
- [10] C. E. Shannon, & W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, p- 44-57, 1963.
- [11] G. G. Teugels., C. Lévêque., D. Paugy. and K. Traoré, "État des connaissances sur la faune ichthyologique des bassins côtiers de Côte d'Ivoire et de l'Ouest du Ghana," *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, vol. 21, pp. 221-237, 1988.
- [12] B.R.D. Aboua, Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la préservation de la biodiversité du fleuve Bandama. Thèse de Doctorat, Université Félix-Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 227p, 2012.
- [13] S. S. Yao, E. P. Kouamélan, T. Koné, V. N'douba, G. G. Teugels, F. Ollevier and D. F. E. Thys Van Den Audenaerde, "Fish communities along environmental gradients within the Comoé River basin, Côte d'Ivoire," *African Journal of Aquatic Science*, vol. 30, no. 2, pp. 185-194, 2005.

## Dynamique de la germination et du développement des plants de *Piliostigma reticulatum* sous différents apports d'origine organique et minérale

### [ Germination and development dynamics of *Piliostigma reticulatum* seedlings under different organic and mineral fertilization types ]

Barthelemy Yélemou<sup>1</sup>, Abdoulaye Tyano<sup>1,2</sup>, and Mady Tiendrébéogo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production (GRN, SP), Centre National de Recherches Scientifiques et Technologiques (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), INERA-Saria, BP 10 Koudougou, Burkina Faso

<sup>2</sup>Laboratoire des Systèmes Naturelles, des Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (SyNAIE), Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

<sup>3</sup>Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 01 B.P 1105 Bobo Dioulasso 01, Burkina Faso

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

**ABSTRACT:** *Piliostigma reticulatum* is a species with high socio-economic potential. Unfortunately, in Burkina Faso, under the combined effect of climatic factors and anthropic actions, the species is experiencing a degradation compromising its survival. The present study was undertaken in order to contribute to promote its domestication by determining better conditions for seed germination and the determination of the substrate (organic or mineral) that allows a stronger, faster and homogeneous germination of seeds. Thus, the germination of *P. reticulatum* seeds was tested on ten (10) types of substrates. Also, the effect of substrate on seed germination and growth parameters was studied. The results revealed that germination is influenced by the type of substrate used. The best substrate for seed germination of *Piliostigma reticulatum* was a mixture of forest soil, *Guiera senegalensis* leaf compost and Burkina phosphate with a germination rate of 34.44%. The best growth of *P. reticulatum* seedlings is obtained with the substrates of *Guiera senegalensis* compost + forest soil + Burkina phosphate 13g and *Guiera senegalensis* compost + forest soil presents the greatest size with respective heights of 8.9 cm and 7.8 cm at day 30 after sowing. The results of the present study suggest avenues for further study with a view to sustainable management of the species.

**KEYWORDS:** Compost, Germination substrate, Seedling growth, *Piliostigma reticulatum*, NPK.

**RESUME:** *Piliostigma reticulatum* est une espèce à haute potentialités socio-économiques. Malheureusement, au Burkina Faso, sous l'effet combiné de facteurs climatiques et de l'action anthropique, l'espèce connaît une dégradation compromettant sa survie. La présente étude a été entreprise afin de contribuer à promouvoir sa domestication par la détermination de meilleures conditions de germination des semences et la détermination du substrat (organique ou minéral) qui permet une germination plus forte, rapide et homogène des semences. Ainsi, la germination des semences de *P. reticulatum* a été testée sur dix (10) types de substrats. Aussi, l'effet du substrat sur la germination des semences et sur les paramètres de croissance a été étudié. Les résultats ont révélé que la germination est influencée par le type de substrat utilisé. Le meilleur substrat de germination des semences de *Piliostigma reticulatum* est le mélange de terre forestière, de compost de feuilles de *Guiera senegalensis* et du Burkina phosphate avec un taux de germination de 34,44%. La meilleure croissance des plants de *P. reticulatum* est obtenue avec les substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre Forestière + Burkina phosphate 13g et de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière présentent la plus grande taille avec des hauteurs respectives de 8,9 cm et 7,8 cm au 30<sup>e</sup> jour après semi. Les résultats de la présente étude suggèrent des pistes d'approfondissement en vue d'une gestion durable de l'espèce.

**MOTS-CLEFS:** Compost, Substrat de germination, Croissance des plantules, *Piliostigma reticulatum*, NPK.

## 1 INTRODUCTION

Dans les pays d'Afrique, les forêts ont toujours occupé une importante place dans les activités socio-économiques et culturelles des populations. La strate ligneuse reste une source d'aliments d'appoint, de médicaments, d'énergie et bien d'autres usages de la part des populations (Noubissie *et al.*, 2011). Particulièrement au Burkina Faso, les fruitiers sauvages offrent de nombreuses potentialités en termes d'aliments, de soins et de revenus pour les ménages (Arbonnier, 2009; Ingram *et al.*, 2010). Pour preuve, plusieurs études ont confirmé que les Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) occupent une bonne place dans l'alimentation des populations rurales et remplacent souvent même des céréales lors des périodes difficiles (FAO, 2006; Bognounou *et al.*, 2011; Tyano *et al.*, 2020). Cependant, au regard de la dégradation rapide et continue des superficies forestières, il est clair que cette fonction vitale des plantes fruitières sauvages soit de plus en plus compromise. Ainsi, ces fruitiers spontanés subissent une pression croissante, due aux besoins de plus en plus grands des populations en produits végétaux, aux perturbations écologiques et aux aléas climatiques. Par conséquent, ces espèces sont donc dans une dynamique régressive d'individus jeunes à cause de leur surexploitation, (Noubissie *et al.*, 2011). Leur régénération naturelle par graines rencontre souvent des difficultés à cause de la non disponibilité des graines et des problèmes liés à la conservation de leur pouvoir germinatif (Thiombiano *et al.*, 2010). En effet, les plantules issues des semis naturels meurent la plupart du temps en très grands nombres au moment des longues saisons sèches à cause des feux, et/ou du surpâturage (Thiombiano *et al.*, 2010; Ouédraogo et Thiombiano, 2012). D'autre part, les populations sont conscientes de la dégradation du capital forestier et proposent des stratégies pouvant aider à la conservation des ressources forestières. De ce fait, la domestication s'impose comme un moyen pour contribuer à la reconstitution des écosystèmes forestiers et au maintien de la biodiversité. *P. reticulatum* est une espèce à fort potentiel pour l'alimentation humaine et/ou animale, médicinale et culturelle (Yélemou *et al.*, 2007; Tyano *et al.*, 2020). Cependant, la surexploitation des fruits de l'espèce pour l'alimentation animale compromet sa régénération à partir de la graine. Pour pallier ce problème, il serait intéressant de mener des investigations sur les techniques de germination et de développement de l'espèce. Ainsi, la connaissance de meilleures conditions de germination et de développement de cette espèce permettra sa domestication, aidera à sa conservation ainsi qu'à sa valorisation, à la conservation de la biodiversité et à la lutte contre la désertification dans les milieux auxquels elle est inféodée (Bellefontaine *et al.*, 2000). Si de nombreuses études ont été menées dans le cadre de la domestication des fruitiers indigènes, les connaissances sur *Piliostigma reticulatum*, restent insuffisantes. La présente étude s'inscrit dans le cadre de la domestication des fruitiers locaux utilitaires aux populations rurales. L'objectif global est de contribuer à la promotion de l'utilisation de *Piliostigma reticulatum* dans les programmes de reforestation par la maîtrise des conditions de production de l'espèce en pépinière.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 LOCALISATION DU SITE DE L'ÉTUDE

L'étude a été réalisée à l'Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA) de Saria, au Burkina Faso. Le village de Saria est situé dans la province du Boulsa, à 23 km à l'Est de la ville de Koudougou et à 80 km au Nord-Ouest de Ouagadougou, la capitale (Figure 1). La pluviométrie annuelle moyenne enregistrée au cours des dix dernières années (2010-2020) est de  $885,19 \pm 112,23$  mm. Les sols de Saria sont de type ferrugineux tropical, avec des horizons supérieurs de texture limono-sableuse à sablo-argileuse. Le couvert végétal est celui de la zone phytogéographique nord-soudanienne (Fontès et Guinko, 1995). Les savanes herbeuses annuelles sont caractéristiques de cette zone. La densité de population de la province du Boulsa est de 102 habitants/km<sup>2</sup>, il y a donc une forte pression sur les terres.

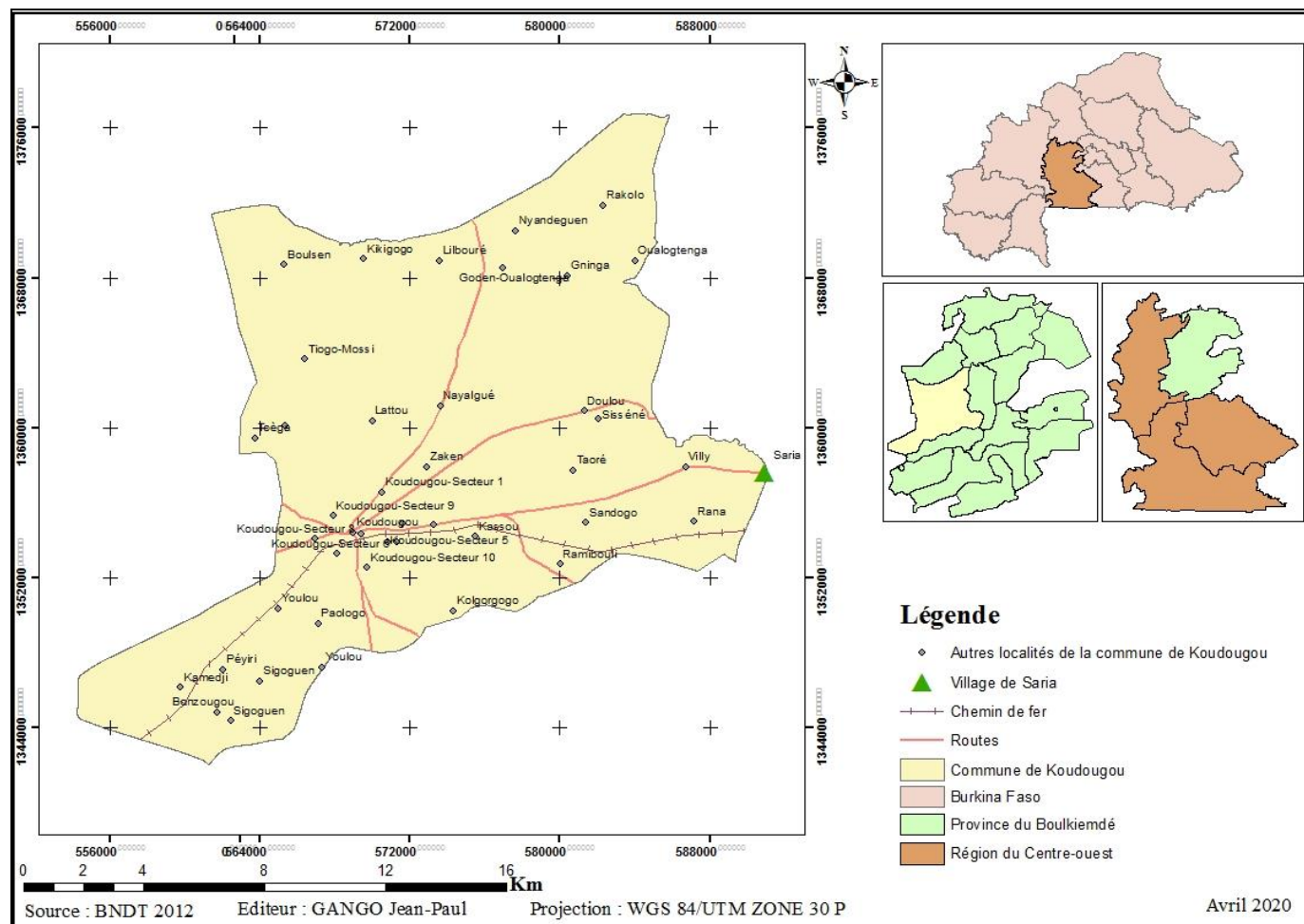


Fig. 1. Localisation du site de l'étude

## 2.2 MÉTHODE DE PRÉTRAITEMENT DES GRAINES

Le prétraitement est une technique de levée de la dormance des graines. Elle vise à accélérer et à homogénéiser la germination. Ainsi, les graines ont été trempées dans l'acide sulfurique pendant 30 minutes (Doran *et al.*, 1983). Ensuite, elles ont été rincées à l'eau distillée.

## 2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été installé au niveau de la pépinière expérimentale de l'INERA à Saria. L'expérimentation a été conduite dans un système de pots (PVC de 10 dm<sup>3</sup>). Le dispositif expérimental de l'essai était en blocs aléatoires complets ou blocs de Fischer constitué de 3 blocs complètement randomisés correspondant aux 3 répétitions (Figure 2). Chaque répétition est constituée de 10 rangées de pots correspondant aux 10 traitements (Tableau 1).



Fig. 2. Dispositif expérimental

Tableau 1. Traitements de l'étude

Traitement	Type de compost
T0	Terre forestière + fumure (bouse de vache)
T1	Compost de feuilles de <i>Piliostigma reticulatum</i> + terre forestière
T2	Compost de feuilles de <i>Azadirachta indica</i> + terre forestière
T3	Compost de feuilles de <i>Guiera senegalensis</i> + terre forestière
T4	Compost de feuilles de <i>Piliostigma reticulatum</i> + terre forestière + Burkina phosphate 13g par pot
T5	Compost de feuilles de <i>Azadirachta indica</i> + terre forestière + Burkina phosphate 13g par pot
T6	Compost de feuilles de <i>Guiera senegalensis</i> + terre forestière + Burkina phosphate 13g par pot
T7	Compost de feuilles de <i>Piliostigma reticulatum</i> + terre forestière + Burkina phosphate 26g par pot
T8	Compost de feuilles de <i>Azadirachta indica</i> + terre forestière + Burkina phosphate 26g par pot
T9	Compost de feuilles de <i>Guiera senegalensis</i> + terre forestière + Burkina phosphate 26g par pot

## 2.4 SEMIS ET ENTRETIEN DES PLANTS

Les semis ont été faits directement dans les différents pots à raison de trois (03) graines par pot. Les opérations d'entretien ont consisté à l'arrosage biquotidien (matin et soir) des pots, l'installation d'une ombrière dès les semis et le désherbage pour minimiser la concurrence herbacée.

## 2.5 FERTILISATION

L'effet de la fertilisation minérale sur la croissance en hauteur et le nombre de feuilles des plants a été estimé en ajoutant du NPK à la micro dose dans la moitié des plants issus des traitements T1, T2 et T3. L'application du NPK s'est faite quinze jours après le début de germination soit vingt-cinquième jour après semis. Les nouveaux traitements obtenus sont noté dans le Tableau 2

Tableau 2. Tableau 2: Nouveaux traitements avec le NPK

Traitements	Type de substrat
T1	Compost de feuilles de <i>Piliostigma reticulatum</i> + terre forestière
T1'	Compost de feuilles de <i>Piliostigma reticulatum</i> + terre forestière + NPK
T2	Compost de feuilles de <i>Azadirachta indica</i> + terre forestière
T2'	Compost de feuilles de <i>Azadirachta indica</i> + terre forestière + NPK
T3	Compost de feuilles de <i>Guiera senegalensis</i> + terre forestière
T3'	Compost de feuilles de <i>Guiera senegalensis</i> + terre forestière + NPK

## 2.6 COLLECTE DE DONNÉES

La collecte des données en ce qui concerne la germination a consisté à un comptage journalier du nombre de graines germées dans chaque traitement et chaque répétition jusqu'au 30<sup>e</sup> jour après semis. La croissance en hauteur des plantules a été mesurée à l'aide d'une règle graduée, du collet jusqu'à la pointe de la dernière feuille. Les mesures ont été réalisées chaque quinze jours à partir du trentième jour après semis jusqu'au 75 jours après semis.

## 2.7 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Le taux de germination (TG) a été calculé par la formule suivante:  $TG (\%) = (n \cdot 100) / N$ , soit n=nombre de graines germées et N=nombre total de graines par répétition. Les données recueillies ont été saisies dans le tableur Microsoft Excel 2016, et une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel XLSTAT 2016 a été faite. Le test de Fisher a été utilisé pour comparer les moyennes au seuil de probabilité de 5 %.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 EFFET DES SUBSTRATS SUR LES TAUX DE GERMINATION

L'analyse statistique montre qu'il y a une différence hautement significative entre les taux de germination dans les différents substrats (Figure 3). La germination des graines de *P. reticulatum* débute au 10<sup>e</sup> jour après semis. C'est le substrat de compost *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 13g qui présente le meilleur taux de germination à cette date avec 18,88% de germination. Il est suivi par le compost de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 26g avec un taux de germination de 14,44%. Le substrat qui donne le plus faible taux de germination est le témoin avec un taux de germination de 2,22%. Au 15<sup>e</sup> jour après semis, le substrat de compost de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 13g donne le meilleur taux de germination avec 32,22%. A partir du 30<sup>e</sup> jour après semis, les différents substrats ont des taux de germination statistiquement similaires.

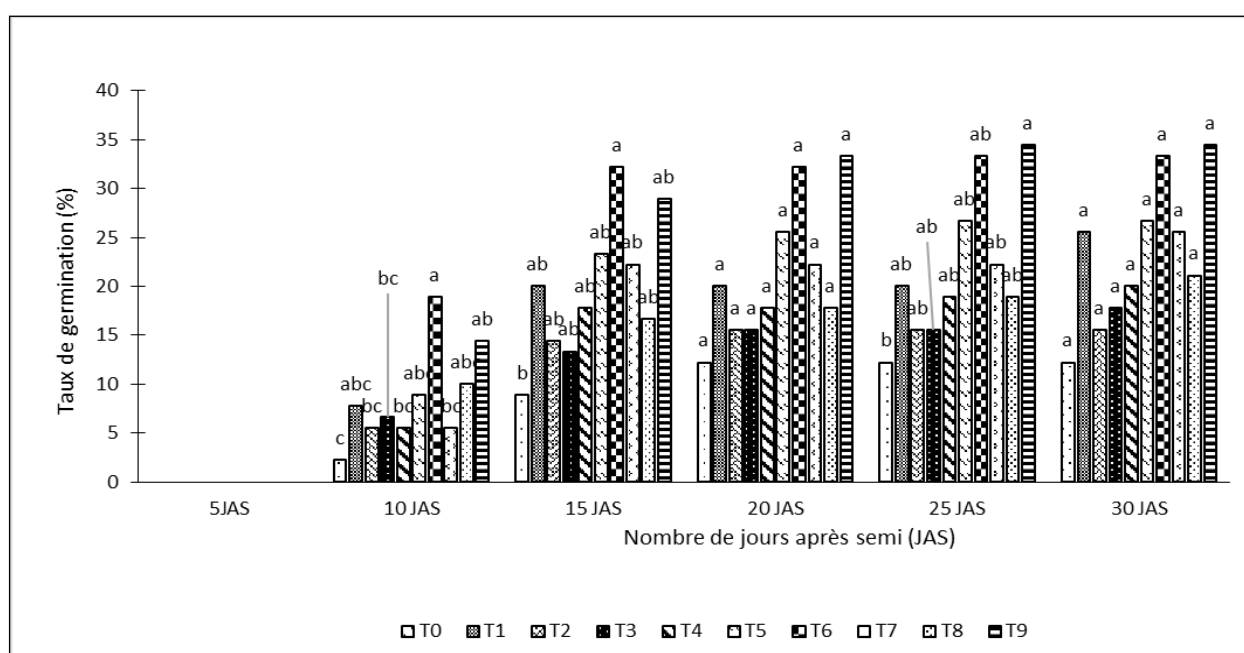


Fig. 3. Effet des substrats sur les taux de germination de *P. reticulatum*

### 3.2 EFFET DES SUBSTRATS SUR LA CROISSANCE EN HAUTEUR DES PLANTULES

Au 30<sup>e</sup> jour après semis, les plants issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre Forestière + Burkina phosphate 13g et de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière présentent la plus grande taille avec des hauteurs respectives 8,9 cm et 7,8 cm. Ils sont suivis par ceux issus du substrat de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + Burkina phosphate 26g avec 7,6 cm (Figure

4). Les plants issus du substrat témoin présentent la plus petite taille avec 5 cm. Au 45e jour après semis, ce sont les plants issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière, de compost de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 26g + terre forestière ainsi que du compost de *Guiera senegalensis* + terre Forestière + Burkina phosphate 13g qui présentent la plus grande taille avec des hauteurs respectives 18,9 cm, 17,7cm et 16,2 cm; tandis que ceux issus du témoin restent toujours avec la plus petite taille 8,3 cm. Au 60e jour après semis, il existe toujours de différences significatives en termes de hauteur des plants de *Piliostigma reticulatum*. Les plants issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière (26 cm) et de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + Burkina phosphate 26g avec 23,6 cm donnent la plus grande taille. Ils sont suivis par ceux issus du substrat de compost *Guiera senegalensis* + terre forestière + Burkina phosphate 13g (21,8 cm) tandis que ceux issus du témoin présentent toujours la plus petite taille avec 12,1 cm.

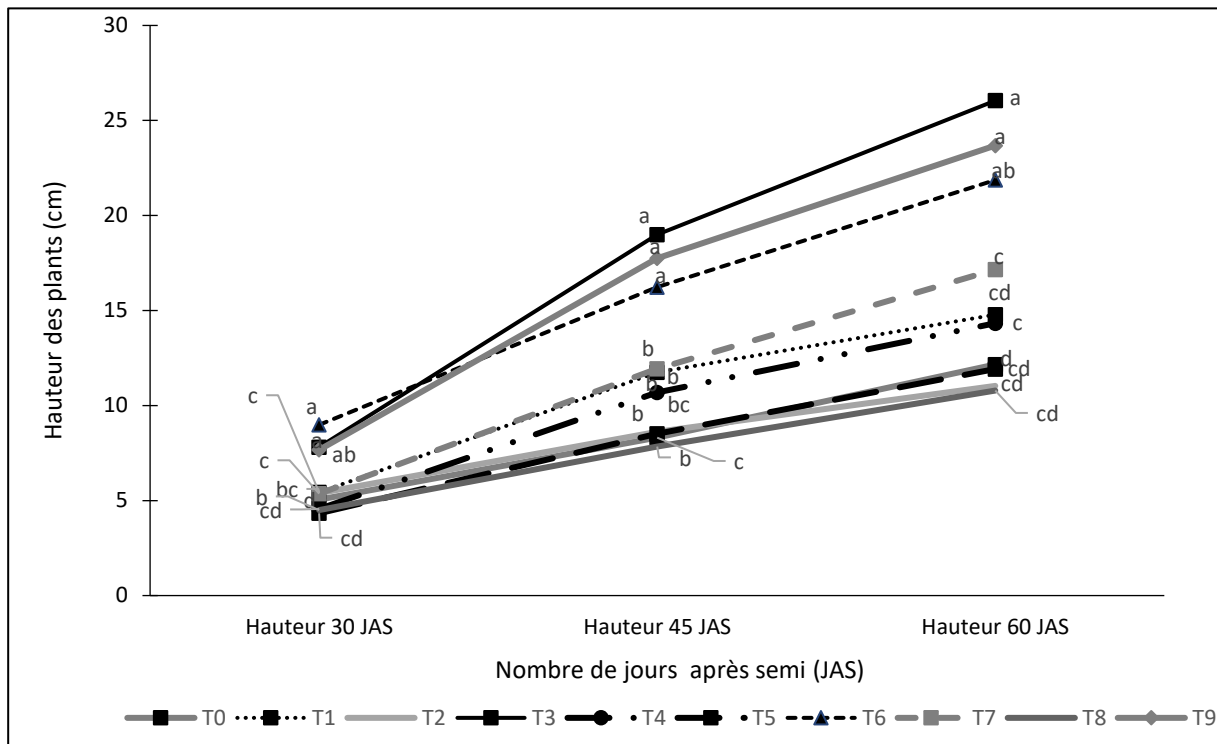


Fig. 4. Effet de différents substrats sur la croissance en hauteur des plantules de *P. reticulatum*

### 3.3 EFFET DES DIFFÉRENTS SUBSTRATS SUR LE NOMBRE DE FEUILLES DES PLANTULES

Il existe des différences significatives entre le nombre de feuilles des plants de *Piliostigma reticulatum* soumis aux différents types de substrats (Figure 5). Au 30<sup>e</sup> jour après semis, ce sont les plants issus du substrat de compost *Guiera senegalensis* + terre forestière et ceux issus de *Guiera senegalensis* + terre forestière + Burkina phosphate 13 g qui présentent le grand nombre de feuilles. Ils sont suivis par ceux issus du substrat de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + Burkina phosphate 26g avec 11 feuilles. Les plants issus du témoin présentent le plus petit avec 03 feuilles. Au 45e jour après semis, il existe toujours de différences significatives entre le nombre de feuilles des plants de *Piliostigma reticulatum* soumis aux différents types de substrats. Les plants issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière, de compost de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 13g + terre forestière et de compost de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 26g + terre forestière donnent le plus grand nombre et ont atteint 09 feuilles avec des variations significatives. Les plants issus du témoin présentent le plus petit nombre avec 05 feuilles. Au 60e jour après semis, on observe toujours de différence significative entre le nombre de feuilles des plants soumis aux différents types de substrats. Les plants issus du substrat de compost *Guiera senegalensis* + terre forestière présentent le plus grand nombre de feuilles (12).

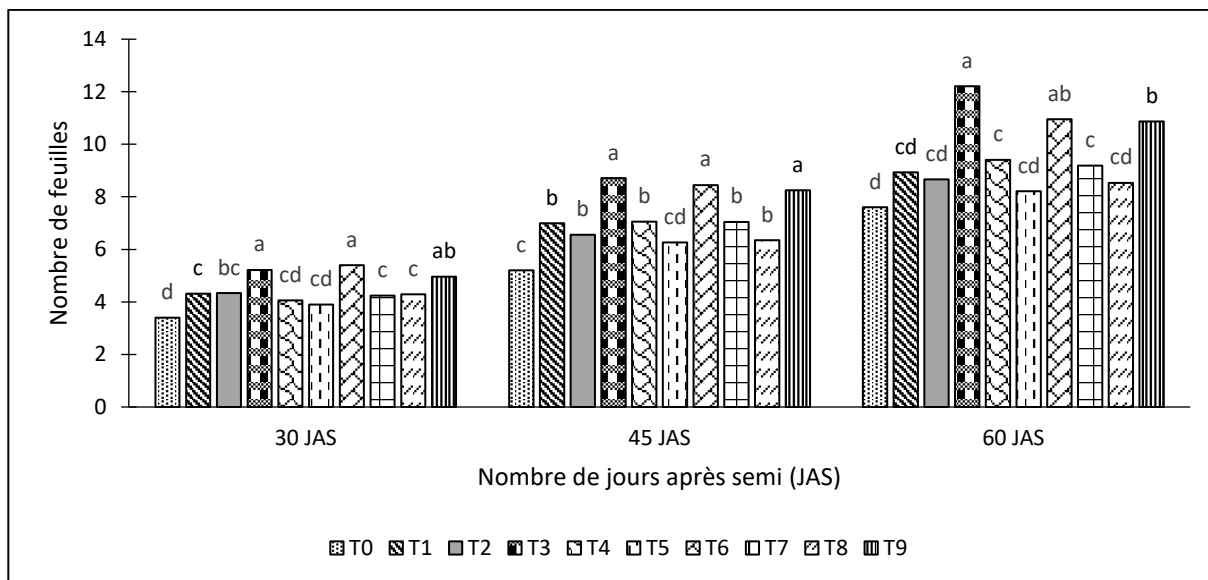


Fig. 5. Effet des différents substrats sur le nombre de feuilles des plantules de *P. reticulatum*

### 3.4 EFFET DU NPK SUR LA CROISSANCE EN HAUTEUR DES PLANTULES

Au 30<sup>e</sup> jour après semis, les plants issus du traitement compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + NPK présentent la plus grande taille avec 8,4 cm. Les plants issus du substrat compost d'*Azadirachta indica* + terre forestière + NPK présentent la plus petite taille avec 4 cm. Au 45<sup>e</sup> jour après semis, il existe toujours une différence significative entre les hauteurs des plants soumis aux substrats appliqués au NPK. Les plants issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + NPK et de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière donnent la plus grande taille avec des hauteurs respectives 19,1 cm et 18,8 cm, suivi de ceux des substrats de compost de *Piliostigma reticulatum* + terre forestière + NPK (13,3 cm), de compost de *Piliostigma reticulatum* + terre forestière (10,4 cm) ainsi que du compost d'*Azadirachta indica* + terre forestière (9,3 cm). Les plants issus du traitement compost d'*Azadirachta indica* + terre forestière + NPK présentent toujours la plus petite taille avec 6,2 cm. Au 60<sup>e</sup> jour après semis, ce sont les plants issus du substrat de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière qui présentent la plus grande taille avec 27,7 cm.

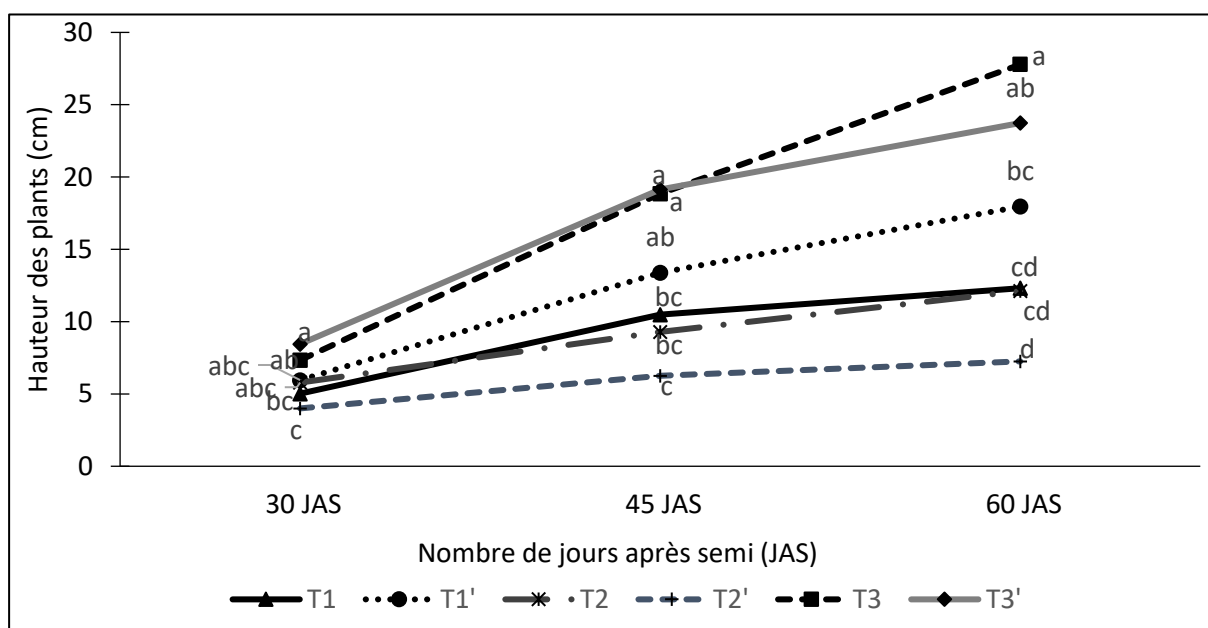


Fig. 6. Effet du NPK sur la croissance en hauteur des plantules de *P. reticulatum*

### 3.5 EFFET DU NPK SUR LE NOMBRE DE FEUILLES DES PLANTULES

L'analyse statistique montre, qu'il y a une différence entre le nombre de feuilles des plants de *Piliostigma reticulatum* soumis aux substrats appliqués au N P K (Figure 7). Au 30e jour après semis, les plants issus du substrat de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + N P K présentent le plus grand nombre et ont atteint 06 feuilles, suivi de ceux issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière, de compost de *Piliostigma reticulatum* + terre forestière + N P K et de compost d'*Azadirachta indica* + terre forestière qui sont équivalents avec 05 feuilles. Les plants issus du traitement compost d'*Azadirachta indica* + terre forestière + N P K donnent le plus petit nombre et ont atteint 03 feuilles. Au 45e jour après semis, les plants issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + N P K et de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière présentent le plus grand nombre et ont atteint 09 feuilles avec des variations significatives, suivi de ceux issus des substrats de compost de *Piliostigma reticulatum* + terre forestière + N P K (07 feuilles). Au 60e jour après semis, ce sont les plants issus du substrat de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + N P K qui présentent le plus grand nombre et ont atteint 13 feuilles.

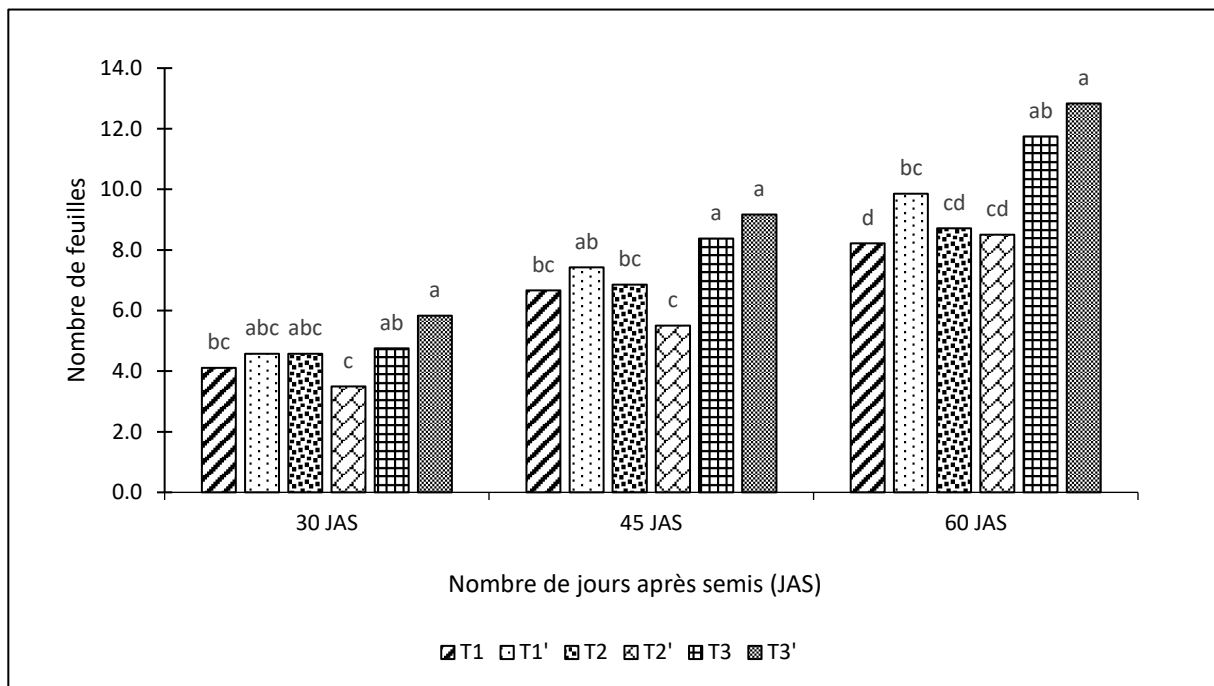


Fig. 7. Effet du NPK sur le nombre de feuilles des plantules

## 4 DISCUSSION

L'étude de la germination des semences du *Piliostigma reticulatum* a révélé des effets significatifs des substrats sur le taux de germination. Les meilleurs taux de germination ont été observés sur les substrats de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 26 g (34,44%) et *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 13g (33,33%). La bonne infiltration de l'eau et l'aération des substrats sont à la base de ces taux de germination. En effet, un embryon qui est mal approvisionné en oxygène ne germe pas (NEYA, 2006). Les faibles taux de germination au niveau des témoins pourraient s'expliquer par la nature du substrat. En effet, l'impact du substrat sur le taux de germination a été observé au cours de la germination de quatre espèces de Combretaceae (Thiombiano 2005), de *Boswellia dalzeilii* (Ouédraogo et al., 2006) ou de *Piliostigma reticulatum* (Yélemou, 2010). Il a rapporté que la structure et la texture du substrat influencent la germination car elles déterminent sa porosité. Ainsi, plus le substrat est poreux, plus l'aération et l'infiltration de l'eau sont bonnes, permettant ainsi une bonne germination. Les faibles taux de germination avec le substrat standard utilisé par les pépiniéristes (T0) suggèrent l'utilisation d'amendements organiques à base de feuilles de ligneux tel le compost de feuilles de *G. senegalensis* ou de *P. reticulatum*.

La croissance en hauteur et le nombre de feuilles des plantules ayant germé dans les substrats contenant le compost de biomasse ligneuses sont meilleurs par rapport au témoin. Les plants de *Piliostigma reticulatum* issus des substrats de compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière (26 cm et 12 feuilles en moyenne), ainsi que ceux issus du substrat de compost de *Guiera senegalensis* + Burkina phosphate 26g (23,6 cm et 11 cm en moyenne) ont eu les meilleures croissances. Cela pourrait s'expliquer par le niveau de la fertilité du compost et par le fait que le compost de *Guiera senegalensis* est très riche en carbone organique (Yélemou et al., 2020). Aussi,

cette richesse en carbone organique se traduit par le taux élevé de carbone dans les feuilles de *G. senegalensis* (Kontiébo, 2021). La faible croissance des plants de *Piliostigma reticulatum* issus du témoin (12,1 cm et 08 feuilles en moyenne) traduit l'importance de la matière organique dans la croissance des plantes (Yélemou *et al.*, 2020).

Les résultats obtenus après l'application du NPK ont montré que les effets du NPK sur la croissance du *Piliostigma reticulatum* varient en fonction du compost et de la dose du NPK apportée. Les plants issus du traitement compost de *Guiera senegalensis* + terre forestière + NPK croient plus vite en hauteur (23,7 cm au 45<sup>e</sup> JAS) et en nombre de feuilles (13 feuilles au 60<sup>e</sup> JAS). La minéralisation du compost aurait contribué à améliorer la croissance des plants de *Piliostigma reticulatum*. L'azote, le phosphore et le potassium issus de ces fertilisants, sont indispensables à la croissance et au développement des plantes (Brasset et Couturier, 2005).

## 5 CONCLUSION

Cette étude menée à la pépinière expérimentale de l'INERA Saria a visé à contribuer à la domestication de *Piliostigma reticulatum*, une espèce locale à usages multiples mais menacée par les populations. Elle nous a permis, d'une part, de mener des investigations en vue d'améliorer la germination des graines de l'espèce. Il en ressort que la germination est améliorée lorsque les graines sont semées sur le substrat constitué d'un mélange de terre forestière, de compost de *Guiera senegalensis* et de Burkina phosphate 26g dans les proportions de 2/3 volumes de terre pour 1/3 volume de compost. D'autre part, l'étude nous a permis, dans un second volet, de mener des investigations en vue d'évaluer quelques paramètres de croissance des plantules de *Piliostigma reticulatum* en pépinière. Les résultats de ce volet de l'étude ont montré que la croissance en hauteur et en nombre de feuilles des plantules élevées en pépinière est substantiellement améliorée lorsque les graines sont semées dans des substrats de compost et aussi avec le NPK.

Ce travail a contribué à générer des résultats qui pourraient être d'une certaine utilité pour tous ceux qui s'intéressent aux espèces locales, en particulier les pépiniéristes et les autres producteurs de plants d'espèces forestières.

## REFERENCES

- [1] Addinsoft, 2016. Xlsat. <https://www.xlstat.com>.
- [2] Arbonnier M., 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. MNHN-QUAE, France, 576 p. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, 2nd Ed. Wiley India Pvt. Limited, 2007.
- [3] Bellefontaine R., Gaston A., Petrucci Y., 2000. Management of natural forest of dry tropical zones (Conservation guide 32) Food and Agricultural Organization of the United Nation (FAO). Rome, Italy: 318.
- [4] Bognounou F., Savadogo P., Thiombiano A., Boussim I. J., Oden P. C., Guinko S., 2011. Importants based ethnobotany and utility evaluation of five combretaceae species differentiation by ethnicity and geographical location. Forest, Trees and Livelihoods 2011, vol. 20, pp. 265-282.
- [5] Brasset T., Couturier C., 2005. Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois. ADEME, 3p.
- [6] Doran, J. C., Boland, D. J., Turnbull J. W. & Gunn, B. V., 1983. Guide des semences d'acacias des zones sèches. FAO, Rome, 127p.
- [7] FAO 2006. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper, vol. 147. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [8] Fontès, J. et Guinko, S. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Ministère de la coopération française, projet Campus, Toulouse, 68p.
- [9] Ingram, V.; Ndoye, O.; Iponga, D.M.; Tieguhong, J.C.; Nasi, R. Les produits forestiers non ligneux: contribution aux économies nationales et stratégies pour une gestion durable. Available online: <http://dare.uva.nl/document/358169>.
- [10] Kontiébo B. P., 2021. Evaluation du stock de carbone de *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. en zone nord soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur du développement rural, option: eau et forêt, Institut du Développement Rural, Université de Nazi Boni. Burkina Faso. 52p.
- [11] Noubissie T., Ndzie J. P., Bellefontaine R., Mapongmetsem P. M., 2011. Multiplication végétative de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex. A. Rich. Et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst au nord du Cameroun. Fruits, 66 (5), 327-341.
- [12] Ouédraogo A., 2006. Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de doctorat unique, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 195 p.
- [13] Ouédraogo A., Thiombiano A., 2012. Regeneration pattern of four threatened tree species in Sudanian Savannas of Burkina Faso. Agroforest Syst. DOI. 10. 1007/s 10457-012-9505-9.
- [14] Thiombiano A. (2005). Les Combrétacées du Burkina Faso: Taxonomie, écologie, dynamique et régénération des espèces. Thèse de doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 296 p.

- [15] Thiombiano D., N., E., Lamien N., Dibong S., D., Boussim I. J., 2010. Etat des peuplements des espèces ligneuses de soudure des communes rurales de Pobé-Mengao et de Nobéré (Burkina Faso). *Journal of animal & plant Sciences*, 2010 Vol 9, Issue 1: 1104-116.
- [16] Tyano A., Yélemou B., Hien M. 2020. Management and Use of Wood Resources in Agroforestry Parks in the Northern Sudanian Zone of Burkina Faso. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. Volume 5, Issue 11, November 2020. Pp 437-445.
- [17] Yélemou B., Yaméogo G., Millogo-Rasolodimby J., et Hien V., 2007. Germination sexuée et dynamique de développement de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst, une espèce agroforestière du Burkina Faso, *Sécheresse* 18 (3): 185-192.
- [18] Yélemou B., Sanogo M. E. H., Bazongo P., Tyano A., Somé K., Sédogo P. M. 2020. Effets du compost de biomasse foliaire des ligneux aux champs sur la production de la tomate (*solanum lycopersicum*). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 35, 214-230.
- [19] Yélemou, B. 2010. Biologie et écologie des espèces du genre *Piliostigma* et leur contribution à la dynamique de la matière organique des sols en zone sahélo-soudanienne au Burkina Faso. Mémoire Thèse unique de Doctorat, Université de Ouagadougou, 150 p.

